Raumfahrt - Traum und Wirklichkeit

Horst Körner

Horst Körner

Raumfahrt – Traum und Wirklichkeit

SONDERAUSGABE FÜR „DIE KLEINE HAUSBIBLIOTHEK"

Raumfahrt

Horst Körner

Traum und Wirklichkeit

Vom Werden und von den Zielen der Raumfahrt

Urania-Verlag Leipzig / Jena / Berlin

Der Schuß zum Monde

Man nehme eine genügend große Kanone, fülle sie mit einer ausreichenden Menge Pulver und schieße damit eine Granate zum Mond. Wenn man richtig gezielt hat und die Insassen die notwendigen Lebensmittel eingepackt haben, muß die Sache klappen, und der „Mann im Mond" bekommt seinen ersten Besuch. Vielleicht spricht er sogar deutsch, denn schließlich – der Dichter Christian Morgenstern hat es ja bewiesen – ist „der Trabant ein völlig deutscher Gegenstand". Natürlich bleibt der Schuß zum Mond fürs erste noch so lange utopisch, bis der Kanonenkönig Krupp ein so großes Geschütz bauen kann. Übrigens müßten sich die Mondfahrer recht warm anziehen; die Weltraumkälte ...

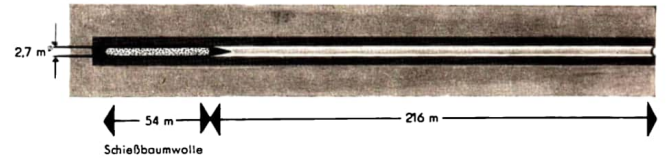
Heute, nach dem Start der ersten bemannten Raumschiffe, weiß ein jeder, wie abwegig solche Gedanken sind. Doch noch vor wenigen Jahren glaubte mancher, der Flug zum Monde würde so vor sich gehen, wie es der Franzose Jules Verne vor hundert Jahren in seinem Romane „Von der Erde zum Mond" beschrieb, und malte sich ein Bild der künftigen Raumfahrt aus, das einer kritischen Prüfung nicht standhält.

Warum eigentlich taugen große Kanonen nicht für die Reise in den Weltraum? Stellen wir uns – mit Jules Verne – ein riesiges Kanonenrohr vor, der Einfachheit halber und wegen seiner Länge von 270 Metern gleich bis zur Mündung in die Erde eingelassen. Fast drei Meter ist das Rohr weit, und wir brauchen achthundert Tonnen Schießbaumwolle, um es zu einem Fünftel zu füllen. Auf die Treibladung setzen wir das Geschoß, eine mächtige hohle Granate aus Aluminium, die genau die Weite des Rohres ausfüllt. Zehn Tonnen wiegt das Fahrzeug, das drei mutige Männer in den Weltraum tragen soll.

Im Roman gelingt der Schuß ins All ohne größere Schwierigkeiten. Durch einen Zufall gelangen die Reisenden sogar heil zur Erde zurück, nachdem sie Gelegenheit hatten, einige Beobachtungen anzustellen und in langen Gesprächen ihre Kenntnisse auszutauschen. Zu ihrem Glück verfehlten sie allerdings ihr Ziel, den Mond.

Doch wie sähe der Versuch in Wirklichkeit aus? Schießbaumwolle ist zwar nicht das stärkste Treibmittel. Aber auch dieses wäre nicht in der Lage, dem Geschoß jene berühmte Anfangsgeschwindigkeit zu erteilen, die heute jeder Schuljunge kennt: 11,2 Kilometer in der Sekunde. Selbst wenn das Rohr noch viel länger wäre, vollgestopft mit dem energiereichsten Treibmittel – die Granate könnte niemals schneller werden als die Gase, die sie aus dem Rohr treiben. Mehr als etwa sechs km/s Gasgeschwindigkeit lassen sich nicht erreichen. Das haben Leute ausgerechnet, die ihr Leben lang große Kanonen gebaut haben, mit denen viel mehr Menschen umgebracht worden sind als nur die drei kühnen Männer im Mondgeschoß.

Umgebracht – warum? Denken wir uns ein schnelles Flugzeug, das nahezu mit Schallgeschwindigkeit fliegt. Wenn der Pilot plötzlich gegen eine sehr feste Beton-



wand prallt, hat das auf ihn die gleiche Wirkung wie der Kanonenschuß. Genauer gesagt, die Mondfahrer hätten dieses „Erlebnis" sogar etwa dreißigmal länger auszuhalten als der Pilot, nämlich etwa eine dreißigstel Sekunde lang. In einem so kurzen Augenblick erhielten sie die zweite astronautische Geschwindigkeit. Das Gefährliche dabei ist nicht die ungeheuere Geschwindigkeit – die könnten sie ohne weiteres vertragen. Oder merken Sie etwas davon, daß unsere Erde mit 30 km/s um die Sonne rast? Das ist fast dreimal so schnell! Gefährlich für das menschliche Leben ist lediglich die plötzliche Änderung der Geschwindigkeit. Ein kräftiger Autozusammenstoß wäre eine Kleinigkeit gegenüber dem, was die Mondfahrer aushalten müßten. Mit kaum vorstellbarer Kraft würden sie gegen den Boden der Granate gepreßt. Ihr Herz hätte in diesem Augenblick das Gewicht von hundert Motorrädern. Das Gehirn der drei Männer zusammen wäre so schwer wie eine Schnellzuglokomotive. Selbst die Luft in den Lungen und in der Granate würde unerträglich stark auf die Leiber der Menschen drücken, denn sie wöge viermal soviel wie Blei ...

Das ist aber erst eine der Todesursachen. Die Luftsäule im Rohr kann nicht nach den Seiten ausweichen. Sie stellt sich der Granate wie eine Mauer in den Weg. Ihr Widerstand und der gewaltige Druck der Gase – mehr als 5000 Atmosphären – zerquetschen zwischen sich das Hohlgeschoß, falls es nicht schon vorher durch sein eigenes überhöhtes Gewicht zerstört wurde, und verwandeln es in einen flachen Aluminiumtopfdeckel.

Nachdem die Reisenden (im Roman) auch dieses Abenteuer einigermaßen unbeschädigt überstanden haben, trägt der Luftwiderstand außerhalb des Rohres seinen Teil zum Zerstörungswerk bei. Durch die Reibung wird die Granate so stark erhitzt, daß sie wie ein Meteor aufglüht und verbrennt. Überdies bremst der Luftwiderstand das Geschoß und vermindert seine Geschwindigkeit erheblich.

Aber die Phantasie des Schriftstellers überwindet alle Hindernisse. So fliegt die Granate mit den noch etwas benommenen, sonst aber unversehrten Passagieren in Richtung Mond.

Wie müßte es nun planmäßig weitergehen? Da wäre zunächst die Landung auf unserem guten alten Mond. Ein Fliegerwort behauptet, das Wichtigste beim Fliegen sei das Landen. Trotz manchen Kleinholzes, das landende Flieger schon erzeugten, brauchen sie eine Bruchlandung weniger zu fürchten als unsere Mondfahrer. Luft hat zwar keine Balken, aber man kann Tragflächen oder auch Fallschirme benutzen. Der Mond hingegen besitzt leider keine Lufthülle, mit deren Hilfe die auf den Mond herabstürzende Granate gebremst werden könnte. Seine Anziehungskraft ist aber so groß, daß die Granate mit ungefähr siebenfacher Schallgeschwindigkeit ihren

Bestimmungsort erreicht. Sollten die Mondfahrer den Abschuß überlebt haben, so sähen sie sich jetzt einer Prüfung gegenüber, die nur wenig milder wäre als die erste.

Wir wollen annehmen, die Romanhelden überstehen auch die Landung auf dem Mond. Nach den bisherigen Strapazen werden ihnen alle weiteren sicher wie ein Kinderspiel erscheinen. Aber einmal gehen auch die reichhaltigsten Vorräte an Proviant und Sauerstoff zur Neige. Was nun? Zurück zur Mutter Erde! Doch wie? Gibt es bei der Verneschen Kanonenmethode einen Weg zur Rückkehr? Nun, die Mondreisenden hätten als Gepäck in ihrer Granate die Rückfahrkarte in Gestalt eines Kanonenrohres mitnehmen müssen, gefüllt mit dem nötigen Pulver. Leider stoßen derartige Verpackungsversuche aber auf unüberwindliche Schwierigkeiten. So bleibt den Mondfahrern nur das Los, auf dem öden, luftlosen und auch sonst wenig menschenfreundlichen Mond die restlichen Tage ihres Lebens zu verbringen. Lange brauchten sie auf ihr Ende nicht zu warten.

Welchen Nutzen hätte das Unternehmen wohl für die Menschheit? Wozu der Tod der drei Mondfahrer, wozu die riesigen Kosten? Kein Gerät hätte den Erdmenschen Kunde vom Schicksal der Zerquetschten gebracht. Eine Feuerkugel am Himmel – das wäre die ganze wissenschaftliche Ausbeute gewesen!

Ob man den Versuch noch einmal gewagt hätte? Für immer wäre Raumfahrt sinngleich mit Wahnwitz geworden, und schwerlich würde sich jemand finden, der bereit wäre, sich einem Körpergewicht auszusetzen, das dem Gewicht von zwei Güterzügen gleichkommt.

Mit Recht hat deshalb das Mondkanonenprojekt einen Platz in der Rumpelkammer der Astronautik gefunden. Seinen Schöpfer, den Schriftsteller Jules Verne, hat man oft als einen Phantasten verschrieen. Als seine Bücher zum erstenmal erschienen, galten sie als Utopien. Wie würden seine Zeitgenossen staunen, wüßten sie, daß heute, hundert Jahre später, die Wirklichkeit viele seiner Gedanken überflügelt hat! Wer wollte verdenken, daß zuweilen die technischen Mittel heute anders geartet sind als in seinen kühnen Träumen?

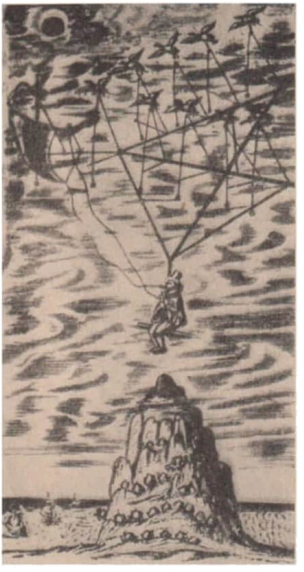
Damals sagte Jules Verne: „All das, was ich ersinne, all das, worüber ich phantasiere, wird immer armseliger bleiben als die reale Wahrheit, denn es wird der Augenblick kommen, da die Errungenschaften der Wissenschaft die Grenzen der Vorstellung überschreiten."

Viele lasen die Bücher Vernes, manche nur aus Langeweile und oft ohne Nutzen. Doch größer ist sicher die Zahl jener, die durch Vernes Bilder begeistert und beflügelt wurden für die Zukunft, die Verne wies. Bei manchem hat Verne das Interesse geweckt für den technischen Fortschritt, für die immer bessere Ausnutzung der Naturgesetze im Dienste der Wissenschaft und des menschlichen Lebens. Viele junge Menschen erhielten durch ihn bereits in den Kinderjahren erstaunlich vielseitige Anregungen für ihre praktische Tätigkeit. Wer wollte leugnen, daß die Helden der Bücher, die er mit Begeisterung in seiner Jugend verschlang, Ansporn auch in den späteren Lebensjahren waren? Uneingeschränkt dürfen wir diesen positiven Einfluß der Bücher von Jules Verne bei vielen Raumfahrtpionieren vermerken. Mit Dankbarkeit und Ehrfurcht gedenken sie in ihren Erinnerungen des großen Franzosen, der mit seinem Lebenswerk ein Beispiel gab für den Wert guter wissenschaftlich-phantastischer Literatur.

Verne hat unzweifelhaft auch die Weiterentwicklung der menschlichen Gesellschaft beeinflußt. Er öffnete den Menschen die Augen für die reichen Möglichkeiten, die ihnen eine hohe Entwicklungsstufe der Technik bietet; er begeisterte sie für die erhabene Aufgabe, große Taten für dieses humanistische Ziel zu vollbringen; er festigte mit seinen Romanen die Zuversicht, daß dem Menschen und seiner Erkenntnisfähigkeit keine Grenzen gesetzt sind.
Jules Verne befruchtete die Gedanken vieler Grübler und half ihnen, die Widersprüche zwischen den Möglichkeiten der damaligen Technik und den Erfordernissen des Raumfluges zu erkennen und Klarheit über die Voraussetzungen zu gewinnen, ohne die eine Raumfahrt auch weiterhin zu den Utopien gerechnet werden müßte. Sein Roman zeigte, wie es nicht geht, seine absurde Kanonenmethode rief den wissenschaftlichen Widerspruch hervor und lehrte die Kritiker den Weg zu den Sternen.
Was lehrte sie und auch uns der Roman „Von der Erde zum Monde"? Wir brauchen ein Fahrzeug, das nicht in der Luft steckenbleibt, sondern erst außerhalb der dichten Luftschichten seine große Geschwindigkeit erhält, einen Antrieb, der auch außerhalb der Luft funktioniert und der dem Fahrzeug die hohe Geschwindigkeit allmählich und nicht plötzlich erteilt, einen Antrieb schließlich, mit dem sich höhere Geschwindigkeiten erreichen lassen als mit Kanonen.
Wir kennen nur einen einzigen Antrieb, der alle diese Bedingungen gleichzeitig erfüllen kann: den Raketenantrieb.

Der Raketenantrieb

In den ersten Tagen des Jahres 1959 flog zum ersten Male in der Geschichte der Menschheit ein von Menschenhand geschaffener Körper hinaus in den interplanetaren Raum und wurde zu einem künstlichen Planeten unseres Sonnensystems. Die Triebwerke der kosmischen Rakete arbeiteten noch in einer Höhe, in der Luftballone und Tragflächen, Propeller- und Turbinenstrahltriebwerke längst nicht mehr verwendet werden können.
Als Lukian von Samosate im Jahre 160 seine Mondflugerzählungen schrieb, glaubte er, der Raum sei restlos mit Stoff erfüllt – eine Ansicht, die von dem alten griechischen Philosophen Aristoteles gelehrt worden war. Deshalb ließ Lukian in dem einen seiner Romane, der „Vera historia", ein Schiff vom Sturm zum Monde wehen und dort landen. Seine Mondbewohner sprechen natürlich griechisch. Der Held der anderen Erzählung, „Ikaromenippus", fliegt mit zwei Vogelschwingen dorthin. Der Engländer John Wilkins nennt 1638 vier Methoden des Mondfluges: Mit Geistern und Engeln, mit Vögeln, mit Flügeln und schließlich mit einem fliegenden Wagen.
Etwa zu dieser Zeit stiegen dem Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke Bedenken auf. Er meinte, die Lehre des Aristoteles widerspräche dem heliozentrischen Weltsystem, und die Erde samt den anderen Planeten könnten sich nicht um die Sonne bewegen, wenn der Raum völlig mit Luft erfüllt sei. Guericke war von der Richtigkeit des heliozentrischen Systems überzeugt, obgleich der Papst 1616 die Lehre des Kopernikus verboten hatte. Der gelehrte Bürgermeister meinte, „die hei-



Phantastischer Flugwagen des Cyrano de Bergerac

Der Engländer Francis Godwin läßt in seinem Roman „Der Mann im Mond" (1638) den Abenteurer Domingo Gonzales mit gezähmten Riesengänsen zum Mond fliegen

lige Schrift lehrt uns den Weg zum Heil, nicht aber den zur Mathematik kennen", und verschaffte sich durch Versuche Klarheit. Schon das unterscheidet ihn von vielen Gelehrten seiner Zeit.

Mit Pumpen gelang es ihm, die Luft aus Behältern zum großen Teil zu entfernen. Durch einen Versuch bestätigte er die Entdeckung, zu der Jahre zuvor Périer mit Hilfe von Barometermessungen bei der Besteigung des Berges Puy de Dôme gelangte: Der Luftdruck nimmt mit der Höhe ab. So kam er zu der Ansicht, der Dunstkreis der Erde bestehe aus verschiedenen Schichten mit abnehmender Luftdichte und reiche bis in eine Höhe von 1000 bis 2000 Meilen.

Es dauerte recht lange, bis sich diese Einsicht durchsetzte. Noch im Jahre 1835 ließ der Dichter Edgar Allan Poe seinen Hanns Pfaall in einem Luftballon zum Mond fliegen. Aber auch diese Methode widersprach ebenso wie die ersten drei der von John Wilkins genannten Mondflugmethoden den bereits gewonnenen Erkenntnissen. Übrig blieb der „fliegende Wagen", das einzige Fahrzeug zu anderen Himmelskörpern.

Doch noch fehlte der richtige Antrieb für den fliegenden Wagen. Der erste, der ihn nennt, ist Cyrano de Bergerac. In seiner „Komischen Geschichte oder Reise zum Mond" (1650) berichtet er von seinen Abenteuern mit einem fliegenden Wagen.

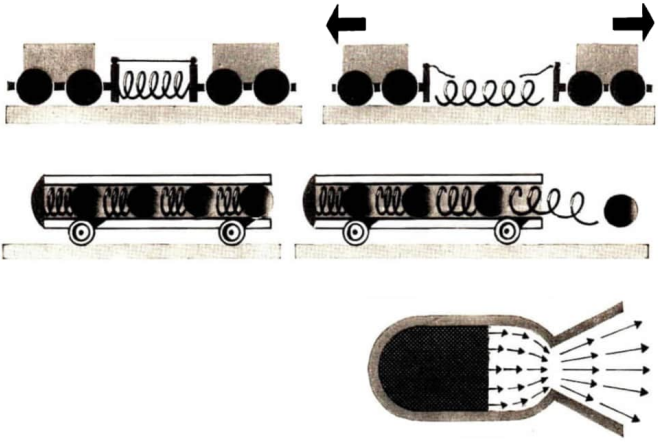
Cyranos Raketenfahrzeug (Zeichnung aus dem Jahre 1710)

Nach verschiedenen Mißgeschicken mit phantastischen Antriebsvorrichtungen ruht sich der Held der Erzählung von seinen Strapazen aus. Währenddessen binden ihm zum Schabernack Soldaten eine Anzahl Raketen und Schwärmer an seinen Wagen und brennen die Feuerwerkskörper an. Cyrano eilt herzu und springt in den Wagen, der ihn in den Himmel trägt. Zum ersten Male begegnen wir hier dem Raketenantrieb für einen Raumflug.

37 Jahre später erkennt Isaak Newton ein Naturgesetz, mit dessen Hilfe der Raketenantrieb wissenschaftlich erklärt werden kann. Die primitiven Feuerwerksraketen arbeiten ebenso wie kosmische Raketen nach dem gleichen Prinzip, und wir wollen uns mit dem Gesetz von der wechselseitigen Kraftwirkung durch einige kleine Versuche vertraut machen.

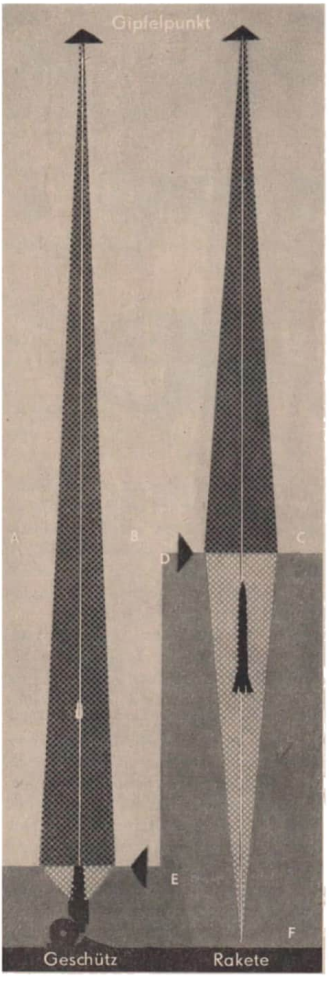
Auf zwei leichte Wägelchen legen wir gleichgroße Gewichtsstücke und stellen sie auf eine glatte waagerechte Unterlage. Beide Fahrzeuge verbinden wir durch einen Faden. Nun schieben wir zwischen sie eine zusammengedrückte Feder. Wenn wir jetzt den Faden zerschneiden, erhalten beide Wägelchen einen Stoß und bewegen sich nach entgegengesetzten Richtungen auseinander. Die Federkraft wirkt auf beide Fahrzeuge in gleicher Stärke, aber in entgegengesetzter Richtung. Es ist ausgeschlossen, daß die Kraft der Feder nur auf den einen Körper wirkt, nicht aber auf den anderen. Die Kraftwirkung ist also wechselseitig.

Wir wollen uns die Frage vorlegen, welche Rolle bei diesem Versuch die Luft spielt. Zweifellos ändert sich an dem Ablauf des Versuches kaum etwas, wenn wir ihn in einem luftverdünnten oder gar luftleeren Raum durchführen. Denn die Luft ist für unser Experiment nicht notwendig – im Gegenteil, sie hindert sogar die Bewegung



der Wägelchen. Luftwiderstand und der Reibungswiderstand der Achsen und Räder sind die Ursachen dafür, daß die Fahrzeuge schließlich wieder zum Stillstand kommen. Fehlten diese Widerstandskräfte, so würden sich die Körper ständig mit gleichgroßer, aber entgegengesetzter Geschwindigkeit voneinander entfernen. Die Luft ist mithin für unseren Versuch nicht nur überflüssig, sondern hinderlich. Deshalb funktioniert ein Antrieb, der nach dem Prinzip der gegenseitigen Kraftwirkung arbeitet, uneingeschränkt auch im luftverdünnten und im luftleeren Raum.

Nun ändern wir den Versuch etwas ab. Auf einen Wagen legen wir ein Rohr, das auf der einen Seite verschlossen ist. Vorher aber haben wir in das Rohr abwechselnd jeweils eine gespannte und mit einem Faden zusammengebundene Feder und eine Kugel hineingelegt. Mit vier Federn und vier Kugeln können wir den Kraftstoß jetzt viermal nacheinander durchführen. Wenn wir mit einer Zündschnur einen Faden nach dem anderen durchbrennen, erhält der Wagen jedesmal einen Kraftstoß ebenso wie die Kugeln, die nach der anderen Seite fortgeschleudert werden. Mit jedem Stoß wird der Wagen schneller. Selbst wenn der Wagen eine so hohe Geschwindigkeit hat, daß er sich schneller bewegt als die Kugeln, die aus dem Rohr geschleudert werden, erfolgt mit jedem Kraftstoß stets eine Geschwindigkeitszunahme. Deshalb funktioniert ein Antrieb, der nach dem Prinzip der gegenseitigen Kraftwirkung arbeitet, uneingeschränkt auch dann, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit größer ist als die Geschwindigkeit, mit der die abgestoßenen Teile fortgeschleudert werden. Die Endgeschwindigkeit des Fahrzeuges kann also größer sein als die „Ausströmgeschwindigkeit" der abgestoßenen Teile, wenn nur ein genügend großer Vorrat an solchen Teilen vorhanden ist.



Abermals nehmen wir eine kleine Änderung vor. Wir benutzen nicht vier große Kugeln und Federn, sondern sehr viele und sehr kleine. Auch diesmal gelingt der Versuch. Dabei wirkt sich die große Anzahl der sehr kleinen Kraftstöße sogar günstig auf die Geschwindigkeitszunahme des Wagens aus. An Stelle von wenigen und starken Stößen sind jetzt viele, wenn auch schwächere Stöße getreten. Säßen in unserem Fahrzeug Menschen, würden sie das als angenehmer empfinden, als die wenigen, heftigen Stöße. Außerdem läßt es sich sogar nachweisen, daß man mit vielen kleinen Kugeln höhere Endgeschwindigkeiten erreichen kann als mit wenigen großen Kugeln von gleichem Gewicht.

Am günstigsten wäre es deshalb, man nähme sehr kleine Kugeln oder Körper, etwa von der Größe der Gasteilchen. Natürlich gibt es die notwendigen kleinen Federn nicht. Auf sie kommt es aber gar nicht an – Hauptsache, die Gasteilchen werden mit möglichst hoher Geschwindigkeit in einer Richtung davongeschleudert.

Befinden sich die Gasteilchen unter einem hohen Druck im Rohr, so genügt dieser, die Teilchen aus der Rohröffnung treten zu lassen. Die Ausströmgeschwindigkeit wird besonders groß, wenn man an Stelle der einfachen Öffnung eine besonders geformte Düse verwendet. Mit Hilfe der sogenannten „Lavaldüse" erreicht man, daß die Spannungsenergie der Gase zu einem

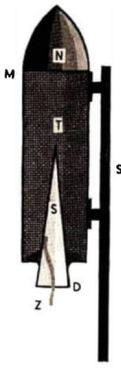
Vergleich zwischen Geschoß und Rakete

A – Geschwindigkeit des Geschosses
B – antriebsloser Aufstieg mit abnehmender Geschwindigkeit
C – Geschwindigkeit der Rakete
D – Brennschluß, Höchstgeschwindigkeit der Rakete
E – Höchstgeschwindigkeit des Geschosses
F – Beschleunigungsstrecke, zunehmende Geschwindigkeit

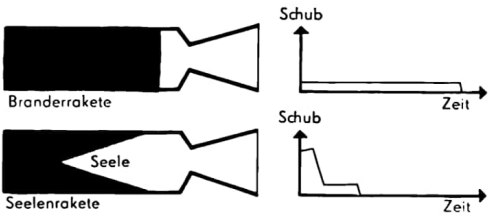
großen Teil in Bewegungsenergie umgeformt wird und die Gase mit geringem Druck, aber hoher Geschwindigkeit in einem Strahl aus der Rakete austreten. Denn um nichts anderes handelt es sich bei unserem Versuchsgerät.
Auch die Rakete arbeitet nach dem Prinzip der wechselseitigen Kraftwirkung, und für sie gelten die gleichen Feststellungen, die wir vorher bei unseren Versuchen mit den Wägelchen und dem Rohr samt Kugeln und Federn treffen konnten. Der Raketenantrieb ist auch außerhalb der Atmosphäre wirksam, und er ermöglicht es, größere Geschwindigkeiten zu erreichen als die Gasgeschwindigkeit. Ferner können selbst hohe Endgeschwindigkeiten allmählich, nicht plötzlich erreicht werden. Damit erfüllt der Raketenantrieb alle wesentlichen Anforderungen, die wir an einen Antrieb für Raumfahrzeuge stellen müssen.
Langsam wie ein Fahrstuhl hebt sich die moderne Großrakete von der Startrampe ab, durchfliegt die dichten Schichten der Erdatmosphäre mit zunächst noch geringer Geschwindigkeit und wird erst dort meteorschnell, wo der Luftwiderstand die Bewegung nicht mehr entscheidend behindert und abbremst. Beim Geschütz ist die Beschleunigungsstrecke – der Weg, auf dem das Geschoß beschleunigt wird – nur wenige Meter lang. Selbst die Vernesche Mondkanone mit ihrer gigantischen Länge wäre zu kurz, und man müßte schon eine Kanone haben, die ungefähr eintausend Kilometer lang ist, damit die Geschwindigkeitszunahme über eine längere Strecke verteilt und der Mensch nicht über Gebühr und Erträglichkeit hinaus beansprucht wird. Tatsächlich beträgt der Weg, auf dem die Rakete ihre Endgeschwindigkeit erhält, ein Vielfaches der Rohrlänge selbst des Verneschen Geschützes. Moderne Höhenraketen erreichen ihre Höchstgeschwindigkeit zuweilen erst nach mehreren Minuten und in großer Höhe, nachdem sie viele Kilometer – immer schneller werdend – durchflogen haben, getrieben von der ungeheuren, aber nicht unerträglich großen Kraft der Triebwerke, die sich dennoch der Kanone als überlegen erweisen, weil sie die Kraft nicht nur während eines Sekundenbruchteils erzeugen, sondern für die Dauer vieler Sekunden und sogar Minuten. Bei Raumfahrzeugen erreicht die Beschleunigungsstrecke Längen von tausend Kilometern und mehr. So wird durch die Rakete der Widerspruch zwischen der Beschleunigungsfestigkeit des Menschen und dem technischen Mittel zur Raumfahrt überwunden.

Der Ursprung der Pulverrakete

Man könnte auf den Gedanken kommen, einen Stahlbehälter mit hochverdichtetem Gas zu füllen und es bei Bedarf ausströmen zu lassen. Daß solche „Raketen" funktionieren, bewies vor einigen Jahren eine Sauerstoff-Flasche, deren Ventil durch einen heftigen Schlag abbrach, so daß der Sauerstoff ungehindert austreten konnte. Die Wirkung war erstaunlich. Die schwere Stahlflasche flog etwa 30 Meter hoch in die Luft und richtete allerhand Unheil an.
Dennoch ist die Wirksamkeit dieses Antriebes recht gering. Das liegt an der verhältnismäßig geringen Gasmenge, die ein Stahlbehälter aufzunehmen vermag. Wird das Gas erst bei Bedarf im Behälter selbst entwickelt, läßt sich die Wirkung vervielfachen. Das geschieht bei der Pulverrakete.



Schema einer Pulverrakete
M – Mantel, T – Treibstoff, S – Seele, D – Düse, Z – Zündschnur, N – Nutzlast, St – Stab



Branderrakete und Seelenrakete – Aufbau und Schubverlauf

In ihrer einfachsten Form besteht die Pulverrakete aus einer festen Papphülle, die mit Pulvermischung gefüllt ist. Das Pulver, eine innige Mischung aus Kalisalpeter, Schwefel und Holzkohle, erzeugt bei der Verbrennung große Mengen heißer hochgespannter Gase, die durch eine düsenähnliche Verengung der Hüllenöffnung austreten. Ein langer Stab, meist siebenmal so lang wie die Pulverhülle, verhindert ein Überschlagen der Rakete während ihres Fluges.

Besonders kräftig wirkt der Antrieb, wenn die Pulverladung mit einer kegelförmigen Höhlung, der Seele, versehen ist. Dadurch verbrennt eine größere Pulvermenge je Zeiteinheit, und die Rakete steigt schneller. Allerdings verkürzt sich die Brenndauer gegenüber den vollen „Brandern" recht erheblich.

Zur Verbrennung des Pulvers braucht die Rakete keinen Luftsauerstoff, denn im Kalisalpeter führt sie genügend Sauerstoff in hochkonzentrierter Form mit sich. Die Pulverrakete ist mithin völlig unabhängig von der Umgebung, sie arbeitet sowohl im Wasser als auch im luftleeren Raum.

Im Grunde genommen ist die Pulverrakete ein einfaches Gebilde. Mancher hat schon versucht, selbst Raketen zusammenzubasteln. Davor sei mit allem Nachdruck gewarnt. Bei uns sind derartig gefährliche Spielereien streng verboten. Im Lande der „Freiheit", in den USA, hat jedermann die Freiheit, sich und seine Mitmenschen unglücklich zu machen. Ein Beweis: Verletzungen durch Herumspielen mit Raketen sind dort sechshundertmal so häufig wie Erkrankungen an Kinderlähmung.

Nach dieser notwendigen Abschweifung stellen wir uns die Frage: Wann und wo ist die Pulverrakete entstanden? Leider läßt sich diese Frage nicht genau beantworten. Sicher ist nur eins: Die Pulverrakete ist nicht durch einen plötzlichen Geistesblitz, durch eine unbegründete Eingebung entstanden, so etwa, wie es die Anekdote von der Erfindung der Dampfmaschine behaupten möchte. Wer meint, James Watt habe die Dampfmaschine erfunden, als er am Frühstückstisch saß und die dampfende Kaffeekanne betrachtete, macht sich nicht nur lächerlich, sondern wird weder dem

einzelnen Erfinder gerecht, seiner oft jahrzehntelangen Entwicklungsarbeit mit all ihren Opfern und Enttäuschungen, noch denjenigen, die ihm durch ihre Vorarbeiten den Weg ebneten. „Jede wissenschaftliche Arbeit, jede Entdeckung, jede Erfindung ist die Frucht allgemeiner gemeinsamer Arbeit. Diese ist zum Teil eine Zusammenarbeit von Zeitgenossen, zum Teil eine Verwertung der Arbeiten früherer Geschlechter."

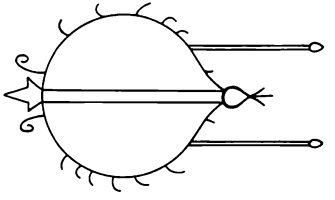
Dieses Wort von Karl Marx schmälert durchaus nicht den Ruhm desjenigen, den die Geschichte als den eigentlichen Erfinder nennt. Vielmehr können wir seine Leistung um so besser würdigen, wenn wir wissen, wie sich die Voraussetzungen für seine Erfindung aus den verschiedensten Ursprüngen entwickelt haben, wenn wir die Fehlschläge und Irrtümer, die Leiden und Entbehrungen kennen, die den Weg der Erfindung begleitet haben. So können wir begreifen, welche Leistungen alle Beteiligten beigetragen haben und was wir ihnen und besonders demjenigen verdanken, der als erster den entscheidenden Schritt tat, das sich entwickelnde Neue erkannte und aussprach oder es als erster in der Praxis verwirklichte. Darin besteht sein Verdienst für die Menschheit.

Im Falle der Flüssigkeitsrakete können wir konkret angeben, wer die bisherige Entwicklung zusammenfaßte und zum Geburtshelfer einer neuen Epoche wissenschaftlicher Forschung wurde. Bei der Pulverrakete hingegen kennen wir weder den genauen Ort oder den Zeitpunkt noch irgendeinen Namen. Selbst hinsichtlich der Ursachen für die Erfindung sind wir auf Vermutungen angewiesen, denen aber ein hoher Grad von Wahrscheinlichkeit zukommt.

Die erste historisch zuverlässige Erwähnung von Raketen oder doch raketenähnlichen Gebilden besagt, daß im Jahre 1232 die Chinesen bei der Verteidigung der belagerten Stadt Kai-fung-fu, die später Pien-king genannt wurde, „Pfeile des fliegenden Feuers" verwendeten. Mit ihnen wurden die Belagerer nicht nur erschreckt, sondern auch bekämpft. Das ist leicht erklärlich. In der Belagerungstechnik spielten

Beschießung einer Stadt mit „Pfeilen des fliegenden Feuers"

damals brennbare Stoffe wie Reisigbündel und Strohmatten als Schutz gegen Geschosse eine große Rolle. Um sie in Brand zu setzen, benutzte man Brandpfeile, die vom Bogen abgeschossen wurden und irgendeine gut brennende Masse in das Lager des Feindes trugen.
Die zusätzliche Last der Pfeile verringerte natürlich ihre Flugweite. Außerdem durften sie nur mit halb gespannten Bogen abgeschossen werden, damit sie der Luftzug nicht ausblasen konnte. Wie konnte man diesem Mangel abhelfen? Nach den damals verbreiteten Ansichten, die bei Laien auch heute noch anzutreffen sind, besitzt eine Flamme eine um so höhere Temperatur, je heller sie leuchtet. Streut man Salz ins Feuer, so erweckt die gelbe Flammenfärbung den Eindruck, die Flamme sei heißer. Das stimmt zwar nicht, dennoch liegt der Schluß nahe, die Wirkung von Brandpfeilen könne durch Zusatz von Salz vergrößert werden. Bei derartigen Versuchen wird man sicherlich auch jenes Salz ausprobiert haben, das als Belag aus alten Mauern ausblüht: Salpeter. Vom Kochsalz unterscheidet es sich dadurch, daß es tatsächlich die Verbrennung fördert, denn es enthält Sauerstoff, der leicht abgegeben wird. Mischungen brennbarer Stoffe mit Salpeter können deshalb unabhängig vom Luftsauerstoff brennen. Wahrscheinlich füllten die alten chinesischen Waffenmeister solche brennbaren Mischungen in Röhren, die sie an Pfeile banden, um sie gegen ihre Belagerer zu verschießen. Dabei beobachteten sie sicherlich, daß die entzündeten Pfeile plötzlich davonflogen, noch bevor der Bogenschütze sie von der Sehne schnellen ließ. Von eben diesen Pfeilen des fliegenden Feuers berichtet eine chinesische Chronik, sie flogen „plötzlich in gerader Linie davon".
Recht schnell verbreitete sich die Kenntnis der erstaunlichen verbrennungsfördernden Eigenschaften des Salpeters über die damalige Welt. In einem alten arabischen Buch „Vom Reiterkampf und den Kriegsmaschinen" beschreibt der Gelehrte Hassan Alrammah Nedschm-eddin, wie man Schießpulver aus Salpeter, Schwefel und Kohle gewinnt und Salpeter erzeugt und reinigt. Hier finden wir sogar einen Torpedo angegeben, der durch zwei Raketen getrieben wird. Woher die Araber ihre Kenntnisse erhielten, sagt uns der Name, den sie dem Salpeter gaben: „Schnee von China" oder „Salz von China". Durch ihre ausgedehnten Handelsbeziehungen mit China erhielten sie Kunde von dem Salz. Sie hüteten es aber nicht als Geheimnis, so daß schon wenige Jahre nach der ersten Erwähnung des „Schnees von China" um 1240 auch in Europa Salpeter und Pulver bekannt wurden.



صفة بيضة تخرج وتحرق

Raketentorpedo des Hassan Alrammah (um 1280)

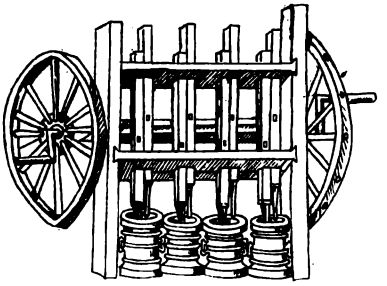
Salpeterplantage (um 1574)

Die Entwicklung der Pulverrakete

Die folgenden Jahrhunderte brachten zunächst keinen wesentlichen Fortschritt auf dem Gebiet des Raketenbaues. Salpeter und Pulver wurden in Europa in erster Linie für Feuerwaffen verwendet. „Die Feuerwaffen waren von Anfang an Waffen der Städte und der auf die Städte gestützten, emporkommenden Monarchie gegen den Feudaladel. Die bisher unnahbaren Steinmauern der Adelsburgen erlagen den Kanonen der Bürger, die Kugeln der bürgerlichen Handbüchsen schlugen durch die ritterlichen Panzer. Mit der geharnischten Kavallerie des Adels brach auch die Adelsherrschaft zusammen. Die Einführung der Feuerwaffen wirkte umwälzend nicht nur auf die Kriegsführung selbst, sondern auch auf die politischen Herrschafts- und Knechtschaftsverhältnisse." So schreibt Friedrich Engels.

Die Bürger der Städte besaßen die Produktionsmittel und das Geld, um Pulver und Waffen herzustellen. Etwa im 15. Jahrhundert wurden besonders bei den großen Städten Pulvermühlen angelegt. Hier stellte man das Pulver für die Feuerwaffen der Städte her. In seiner Zusammensetzung unterscheidet es sich von dem Treibpulver für Raketen nur durch einen geringeren Holzkohlegehalt. Warum benutzte man jedoch Feuerwaffen, nicht aber Raketen? Dafür gibt es eine Reihe von Gründen. Mit einfachen Brandraketen kann man gegen Steinmauern nichts ausrichten. Die anderen Gründe werden uns klar, wenn wir den damaligen Stand der Produktion betrachten.

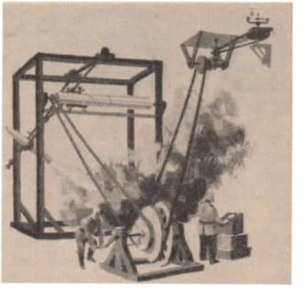
Die Pulverrohstoffe, Salpeter und Kohle, gewann man mit wirklich „mittelalterlichen" Methoden. Salpeter stellte man aus einem Gemisch von kalkhaltiger Erde mit Küchenabfällen, Dung und Asche her, das wiederholt mit Harn, Jauche und Blut begossen wurde. Trotz der Einfuhren aus Indien, seit 1825 auch aus Chile, waren diese Salpeterplantagen bis ins 19. Jahrhundert die Hauptversorger. Holzkohle erzeugte man in Meilern, erst später in Kesseln und in irdenen Gefäßen durch Verkohlung. Im



Mechanische Stampfe mit Kurbelbetrieb (1496)

19. Jahrhundert traten eiserne Kessel an ihre Stelle. Schon die Rohstoffe waren nicht immer sehr rein und von recht ungleichmäßiger Beschaffenheit.
Die Rohstoffe wurden in primitiven Stampfen zerstoßen und dann zu Mehlpulver gemischt. Die Zerkleinerungsvorrichtungen arbeiteten äußerst unrationell und mit einem niedrigen mechanischen Wirkungsgrad. Die Pulverherstellung war also recht mühselig, das Pulver nicht gerade billig und von wechselnder, meist minderer Qualität. Nun verbraucht eine Rakete aber wesentlich mehr Pulver als ein Kanonengeschoß vergleichbarer Größe. Außerdem wird Wert darauf gelegt, daß die Raketen nicht nur fliegen, sondern auch treffen. Das setzt aber ein gleichbleibend gutes Pulver von konstantem Leistungsvermögen voraus, mehr noch als bei einer Kanone.
Die Raketenleistung hängt weiterhin wesentlich von dem Grade der Verdichtung des Treibsatzes in der Rakete ab. Geringe Unregelmäßigkeiten in der Herstellung der Raketenladung führen zu starken Abweichungen von der geplanten Flugbahn und verhindern so einen gezielten Einsatz. Ebenso müssen Raketenhülsen, Stabilisierungsstäbe und Nutzlasten der Raketen gleichmäßig gefertigt und aufeinander abgestimmt sein, damit wenigstens einigermaßen genau getroffen werden kann.
Alle diese Bedingungen waren aber im Mittelalter nur in einem sehr unvollkommenen Maße erfüllbar. Zwar wurden wiederholt recht bemerkenswerte Vorschläge gemacht, zuweilen auch Versuche angestellt. Die Versuche und gelegentlichen Einsätze brachten aber offenbar trübe Ergebnisse. So sollen 1421 vom kaiserlichen Heer Brandraketen gegen die revolutionären Hussiten eingesetzt worden sein. Sie flogen aber so ungenau, daß sie nicht das Lager der Hussiten, sondern das ihres Feindes in Brand setzen.
Im Gegensatz zu den Raketen wirkten sich bei den Kanonen die Schwächen und Mängel der Herstellungswerkzeuge und -verfahren viel weniger aus. Deshalb hatten Raketen in dieser Zeit keine nennenswerte Bedeutung.
Diese Lage änderte sich erst mit der Entwicklung der Manufaktur. Bei dieser Form der kapitalistischen Produktion spezialisierte sich der einzelne Arbeiter auf bestimmte Tätigkeiten. Dadurch wurden die Erzeugnisse viel gleichmäßiger. Verschiedene technische Hilfsmittel und mechanische Vorrichtungen erhöhten die Arbeitsproduktivität und die Qualität der Erzeugnisse, zugleich natürlich auch den Profit der

K. I. Konstantinows elektroballistisches Raketenpendel



Russische Kampfrakete aus dem 19. Jahrhundert

Unternehmer. Die manufakturmäßige Arbeitsteilung war eine notwendige Entwicklungsstufe der Produktion, andererseits ein Mittel zur raffinierten Ausbeutung.
Auch die Gewinnung der Rohstoffe konnte verbessert werden, und besonders die fabrikmäßige Massenfertigung ermöglichte die weitere Entwicklung der Pulverrakete und ihren Einsatz. Wir erkennen hier den engen Zusammenhang zwischen der Raketentechnik, den produktionstechnischen Grundlagen und der gesellschaftlichen Entwicklung.
Im Jahre 1680 wurde in Moskau ein Raketeninstitut gegründet. Dort bauten und erprobten russische Spezialisten Leucht- und Signalraketen. Unter anderem gelang es, eine Signalrakete zu entwickeln, die sich so gut bewährte, daß sie noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts fast unverändert in der russischen Armee verwendet werden konnte.
Bedeutende Wissenschaftler haben diese Traditionen fortgeführt. Die Kampfraketen Alexander Sasjadkos leisteten im russisch-türkischen Kriege 1828/29 gegen die Festungen Warna und Silistria gute Dienste. Besonders hervorzuheben sind die gründlichen theoretischen und experimentellen Untersuchungen des russischen Generals Konstantin Iwanowitsch Konstantinow.
Ihm gelang die Lösung der Aufgabe, die Flugbahn einer Kampfrakete zu berechnen. Um die Leistungsfähigkeit seiner Raketen zu erforschen, entwickelte er ein elektroballistisches Pendel und schuf damit ein Meßverfahren von großem wissenschaftlichen Wert. Konstantinow verbesserte nicht nur die Konstruktion von Kampfraketen, sondern auch ihre Produktion. Er mechanisierte die Herstellung, organisierte die Massenfertigung in Fabriken und ermöglichte ihren erfolgreichen Einsatz in den Kämpfen gegen die Türken. Darüber hinaus begründete er die Taktik des Einsatzes von Kampfraketen. Er sah in ihnen eine Waffe, die für bestimmte Aufgaben unter Ausnutzung ihrer besonderen Eigenschaften einzusetzen ist, nicht aber die Geschützartillerie verdrängen soll. Mit seinen Arbeiten legte Konstantinow auch einen Grundstein für die Erfolge der sowjetischen Raketenartillerie im Großen Vaterländischen Krieg 1941 bis 1945.
Über die Qualität der damaligen russischen Raketen erfahren wir etwas durch den Ausgang eines Wettbewerbes, der 1850 in der Nähe von Petersburg ausgetragen

Rakete von Konstantinow

wurde. Von zehn russischen Raketen trafen vier das Ziel, während alle zehn englischen Raketen das Ziel verfehlten.
Konstantinow beschränkte sich nicht auf die Verbesserung der Kampfraketen. 1860 entwickelte er Rettungsraketen, die in den Stationen der Ostseeküste eingesetzt wurden. Solche Raketen sind oft die einzige Möglichkeit, von der Küste aus eine Verbindung mit Schiffen herzustellen, die in Landnähe in Seenot geraten. Mit Hilfe eines Gestelles wird eine Rakete gestartet, die ein dünnes Seil hinter sich her und über das bedrohte Schiff zieht. Die Schiffsbesatzung kann ein starkes Tau nachholen und mit Hilfe einer Hosenboje das sinkende Schiff verlassen, ohne sich einem Rettungsboot anvertrauen zu müssen, das bei Stürmen wegen der Brandung nur unter großer Gefahr benutzt werden könnte.
Besonders im vorigen Jahrhundert haben Schiffsrettungsraketen vielen Menschen das Leben gerettet. Sie sind ein Symbol für das Ende jener Zeit, in der die Küstenbewohner in den Kirchen um einen „guten Strand" beteten und den lieben Gott anflehten, möglichst viele Schiffe mit möglichst reicher Ladung an ihrer Küste zerschellen zu lassen.
Es versteht sich von selbst, daß an eine solche Rakete hohe Anforderungen gestellt werden. Konstantinow erreichte gute Leistungen durch eine eigenartige Anordnung des Treibsatzes. Er fertigte Raketen mit zwei Hohlräumen an, so daß die Pulverladung in zwei unmittelbar hintereinander folgenden Stößen verbrannte und der Rakete einen weitaus kräftigeren Antrieb gab als die übliche Raketenladung mit nur einer Seele und einer langen Zehrung, wie man den massiven Teil der Treibladung nennt.
Wenige Jahre nach den Arbeiten Konstantinows erweiterten andere russische Wissenschaftler den Anwendungsbereich der Rakete und entwickelten weitere Elemente der Raketentechnik.
In Westeuropa waren am Ende des 18. Jahrhunderts wichtige Voraussetzungen für die weitere Entwicklung und die Massenfertigung von Raketen gegeben. Den Anstoß hierzu lieferten die Erfolge, die indischen Truppen im Kampf gegen die englischen Kolonialregimenter mit Raketen erzielten. In den Schlachten um Seringapatam (Srirangapattan) brachten die indischen Raketenwerfer den Kolonialtruppen empfindliche Verluste bei. Die als Halbwilde geschmähten Inder, denen gegenüber sich die Engländer unendlich überlegen wähnten, hatten die Rakete zu einer respektgebietenden Waffe entwickelt.
Etwa einen Kilometer weit sollen die Raketen geflogen sein. Zum Entsetzen der englischen Herrenmenschen richteten sie unter der Kavallerie eine heillose Verwirrung und erheblichen Schaden an. Eine ansehnliche Waffe: Acht Fuß lange Bambusstangen waren an den eisernen Raketenhüllen befestigt und dienten der 3–6 kg schweren Rakete als Stabilisierung. Gewiß war die Treffsicherheit noch nicht groß.

Englische Raketen setzen Kopenhagen in Brand (Gemälde von Lorentzen)

Aber die Inder hatten das 1766 von Hyder Ali gegründete Raketenkorps auf 5000 Mann verstärkt, setzten die Raketen in Massen ein und hatten so erstaunlich früh die beste Taktik gefunden. Sowohl die Bauweise als auch der Masseneinsatz im Kampf gegen die räuberischen Kolonialtruppen Englands zeugten von den Fähigkeiten der Inder, deren angebliche „technische Unbegabtheit" eines der vielen absichtlich verbreiteten Vorurteile einer versinkenden Epoche war.

Die Kunde von der Wirkung der Raketen drang bald nach England und Westeuropa. Sie veranlaßte den englischen Artillerieoffizier William Congreve zu Versuchen mit englischen Feuerwerksraketen, die aber völlig unbefriedigende Ergebnisse zeitigten. Sein Vater, der Leiter eines englischen Artillerielaboratoriums, verschaffte ihm die Möglichkeit, dort Versuche durchzuführen. Das Ergebnis seiner Bemühungen waren Raketen, die einen Brandsatz oder ein Vollgeschoß bis etwa 2800 Meter weit tragen konnten.

Mit diesen Raketen wurde die Stadt Boulogne 1805 und 1806 angegriffen und teilweise in Brand gesteckt. Im April 1807 überfiel die englische Flotte Kopenhagen. Mehr als 20 000 Brandraketen wurden von See aus auf die dänische Hauptstadt abgefeuert. Die Wirkung war verheerend. Viele hundert Menschen wurden getötet oder verletzt. Kopenhagen brannte an allen Enden, und mehr als 300 Häuser und Gebäude wurden vollständig eingeäschert. So erzwangen die Engländer die Auslieferung der dänischen Flotte. Sie dürfen den fragwürdigen Ruhm in Anspruch nehmen, den ersten Terror-Großeinsatz von Raketen organisiert zu haben.

Congreve verstand es, für seine Raketen Reklame zu machen. In leuchtenden Farben schilderte er ihre Vorteile, ihre Überlegenheit bei der Zerstörung von Städten. Die Zeitungen Europas verbreiteten seinen Ruhm, und die Korrespondenten beschrieben die Wirkung der Congreveschen Raketen: „... ununterbrochen fällt das Feuer vom Himmel. Die brennende Masse haftet überall. In wenigen Augenblicken verbrennt das Fleisch bis auf die Knochen, und es gibt fast nichts, mit dem man löschen könnte." Wie man sieht, ein würdiger Vorläufer der Phosphor- und Napalmbomben!

Zeitungsausschnitt aus dem Jahre 1859

Polytechnische Mittheilungen.

Eine Raketenkanone ist jetzt ein zeitgemäßes Werkzeug. Man will daraus langweilige Raketen schießen. Die Kanone ist eigentlich weiter nichts, wie unsere Illustration zeigt, als ein einfacher zußeiserner Cylinder

Raketenkanone.

mit einer ebenfalls einfachen Lafette, hinten zu richten und vorn mit einem Loch zum Einstecken des Stockes für Raketen, und in der Mitte mit einer Nadelöhrung für den Zünder versehen. Der Rückschlag bei dieser Art zu feuern ist aber groß, daher muß das Geschütz gegen einen festen Punkt gestellt werden. Man braucht auch im Nothfall nicht einmal eine Lafette, sondern es bedarf nur eines schmiedeeisernen Stockes vom Durchmesser der Bohrung, der in einem schweren gußeisernen Halter befestigt wird, oder man kann die Rakete auch auf einer einfachen schmiedeeisernen Stange von 10 bis 12 Fuß Länge stecken und davon abfeuern, muß jedoch diese Stange gegen einen festen Gegenstand stemmen, des Rückschlages wegen.

Bei seinen Anpreisungen vertrat Congreve die Auffassung, seine Raketen würden nicht nur die übliche Artillerie völlig verdrängen, sondern sogar die Handfeuerwaffen ersetzen. Trotz dieser maßlosen Übertreibung erreichte Congreve, daß nach dem Vorbild der englischen Raketen-Korps in mehreren Ländern Europas Raketenbatterien gebildet wurden, die man mit wechselndem Erfolg in verschiedenen Kriegen einsetzte.

Zwar waren Kampfraketen in mancher Hinsicht der Artillerie überlegen. Sie konnten von leichten Gestellen abgefeuert werden und waren nicht an schwere Geschütze gebunden. Deshalb vermochten sie zum Beispiel der stürmenden Infanterie zu folgen – auch über schwieriges, wegloses Gelände und auf schmalen Saumpfaden. Sie eigneten sich gut zu massierten und überraschenden Angriffen.

Auf die Dauer vermochte jedoch die damalige Raketentechnik nicht mit ihrer Konkurrentin Schritt zu halten. Die Fortschritte in der Metallherstellung und -verarbeitung, neue Erfindungen in der Geschütztechnik steigerten Reichweite, Treffgenauigkeit, Durchschlagskraft, Schußschnelligkeit und Beweglichkeit der Geschütze außerordentlich. Diesen Vorsprung vermochte die Rakete auch nicht durch eine Erfindung des Engländers Hale aufzuholen. William Hale hatte erkannt, daß der schwere Richtstab die Flugleistung der Rakete stark einschränkte, und versuchte, dessen Richtwirkung durch einen Drall zu ersetzen, wie er ähnlich den Geschossen durch die gezogenen Läufe der Gewehre und Geschütze erteilt wird. Zu diesem Zwecke wurden in der Düse schräg gestellte Bleche angebracht. Die ausströmenden Gase trafen darauf und setzten die Rakete in schnelle Drehungen um ihre Längsachse. Die stablosen Rotationsraketen waren den Stabraketen nicht nur leistungsmäßig überlegen, auch ihre Treffsicherheit war größer. Trotzdem genügten die Leistungen der Rakete in der Kriegstechnik nicht mehr. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde ein Raketenkorps nach dem anderen aufgelöst. Die Rakete verschwand als Waffe in der Versenkung. Lediglich als Leucht- und Signalrakete und in Kolonialkriegen spielte sie noch eine Nebenrolle.

Im geheimen jedoch wurden weitere Versuche mit Raketenwaffen angestellt. Der Kanonenkönig Krupp ließ durch seine Ingenieure in den Jahren 1908 bis 1910 auf dem Schießplatz in Meppen Raketen erproben, die von dem Schweden Unge entwickelt worden waren und sich von den Haleschen Rotationsraketen hauptsächlich dadurch unterschieden, daß sie größer und schwerer waren als diese und weiter flogen. Obgleich die Versuchsexemplare 50 kg wogen und 4–5 km weit flogen, tauchten die Kriegsraketen im ersten Weltkrieg nicht wieder auf. Man könnte vermuten, die Waffenlieferanten waren am Verkauf von Granaten einschließlich komplizierter Geschütze stärker interessiert als am Verkauf von Raketen einschließlich leichter, billiger und weniger Profit bringender Startgestelle. Im Hinblick auf die spätere Entwicklung vermag diese Vermutung den Sachverhalt wenig überzeugend zu erklären.

Ausschlaggebend waren vielmehr gewisse Eigenschaften der Pulvertreibsätze, die den Raketenbauern immer mehr zu schaffen machten. Schwarzpulver besteht aus sehr kleinen Körnchen von Salpeter, Schwefel und Kohle, zwischen denen sich normalerweise Luft befindet, sofern das Pulver nicht gedichtet ist. Wird die lockere Mischung entzündet, so dringt die Flamme in den Luftkanälen mit großer Geschwindigkeit voran und entzündet augenblicklich die gesamte Ladung. Eine solche explosionsartige Verpuffung ist aber bei Raketentreibsätzen nicht erwünscht. Vielmehr sollen diese zwar rasch, aber nicht zu schnell, ferner möglichst gleichmäßig und in parallelen Schichten verbrennen. Man erreicht das, indem man die Luft zwischen den Pulverteilchen durch Zusammenpressen des Treibsatzes in der Raketenhülse entfernt.

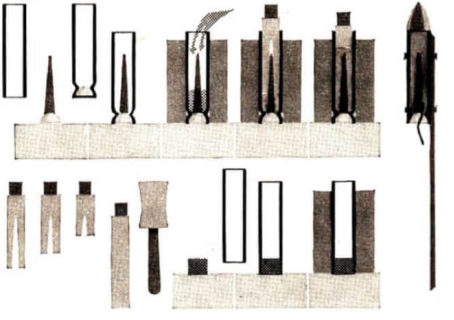
Die mittelalterlichen Raketenbauer füllten das Pulver portionsweise in die Hülle und verdichteten durch Schläge auf den Setzer den Treibsatz, der dadurch eine sehr feste Beschaffenheit annahm. Während locker geschüttetes Pulver etwa die Dichte 0,95 g/cm³ besitzt, hat ein handgeschlagener Treibsatz eine Dichte von ungefähr 1,3 g/cm³. Je stärker ein Satz verdichtet ist, um so besser sind die Leistungen der Rakete, weil ja im gleichen Maße mehr Pulver pro Raumeinheit enthalten ist.

Theoretisch kann die Dichte des Pulvers bis auf 2 g/cm³ gesteigert werden. In der Praxis ergeben sich jedoch bei der Herstellung sehr leistungsfähiger Schwarzpulversätze erhebliche Schwierigkeiten.

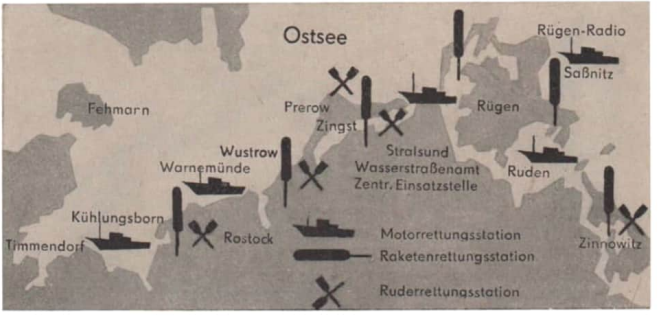
Mit dem mittelalterlichen Verfahren des Handsatzes ist es ausgeschlossen, hochverdichtete Treibsätze herzustellen. Ebenso genügt diese Herstellungsmethode nur bei kleineren Raketen mit einem Durchmesser bis etwa 4 cm. Hydraulische Pressen vermögen zwar den Treibsatz viel stärker zu verdichten. Sie drücken aber nicht nur den Satz, sondern auch die zwischen den Körnchen eingeschlossene Luft zusammen. Dadurch erwärmt sich die Luft und kann schließlich sogar das Pulver entzünden. Verheerende Explosionen sind die Folge, und manchem Pyrotechniker hat der Versuch, leistungsfähige Treibsätze herzustellen, das Leben gekostet.

Aber diese Schwierigkeit läßt sich umgehen. Recht früh hatten die Raketenbauer entdeckt, daß die Explosionsgefahr zwar nicht ganz beseitigt, aber doch wesentlich verringert wird, wenn man das Pulver vor dem Verdichten mit Alkohol anfeuchtet.

Allerdings brauchen die nach dem nassen Verfahren erzeugten Raketen eine längere Trockenzeit.
Eine andere Eigenschaft des Schwarzpulversatzes wiegt viel schwerer und kann nicht beseitigt werden. Unter dem Druck starker Pressen verwandelt sich das Pulver in eine glasähnliche Masse von großer Sprödigkeit. Schon bei leichten Erschütterungen können sich im Treibsatz haarfeine Risse bilden. Sie machen sich erst bemerkbar, wenn es zu spät ist und die Rakete brennt. In den Haarrissen dringt die Flamme schneller vor als erwünscht. Dadurch steigt der Gasdruck in der Raketenhülle, wodurch wieder die Abbrandgeschwindigkeit wächst und die Verbrennung so schnell fortschreitet, daß die entstehenden Gase die Rakete mit großer Gewalt zerreißen.
Die gefährlichen Haarrisse entstehen nicht nur durch Erschütterungen, z. B. während des Transportes, sondern auch durch Temperaturänderungen. Sogar während der Verbrennung können Haarrisse auftreten, weil dabei sehr schnelle Schwingungen des Gasdruckes entstehen, denen die Festigkeit des glasharten Satzes nicht gewachsen ist. Die Sprödigkeit hochverdichteter Schwarzpulversätze (Dichte 1,6–1,8 g/cm³) schränkt mithin die Transport- und Lagerfähigkeit von Hochleistungsraketen dieses Typs ein. Selbst Raketen, die vorher wie rohe Eier behandelt wurden, können unvorhergesehen explodieren, statt normal abzubrennen. Je leistungsfähiger eine Schwarzpulverrakete ist, desto gefährlicher ist sie.
Daran scheiterte zunächst die weitere Entwicklung der Pulverrakete. Alle Hoffnungen, mit ihnen hohe Geschwindigkeiten zu erreichen oder gar zu den Sternen zu fliegen, wurden durch die Eigenschaften des Schwarzpulversatzes zunichte gemacht. Bis diese Erkenntnis sich durchsetzte, brauchte es einige Zeit. Noch in den dreißiger Jahren unseres Jahrhunderts träumten viele Menschen von überdimensionalen Feuerwerksraketen, die Raumflüge ermöglichen. Mancher Erfinder vergeudete Zeit, Kraft und Geld, um die Sprödigkeit des glasharten Pulversatzes zu bändigen.
Vielleicht hat Jules Verne schon gewußt, welchen Schwierigkeiten die Herstellung großer Pulverraketen begegnet. Deshalb erschien ihm die Mondkanone weniger



Handwerkliche Herstellung von Pulverraketen (oben – Seelenrakete, unten – Brander)



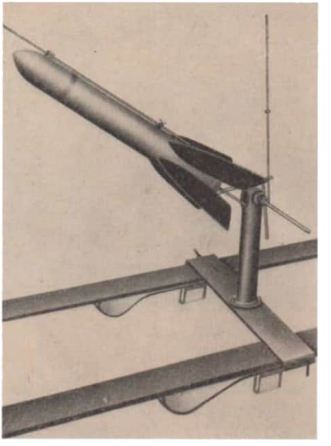
Seenotdienst der DDR. Entnommen aus „Die Schiffahrt", 8/54

utopisch als eine riesige Pulverrakete. Er wählte die Kanone, weil er sie für geeignet hielt, seine Ansichten über den Menschheitstraum vom Flug zum Mond wenigstens einigermaßen glaubhaft zu machen, obgleich er wußte, daß die Rakete auch außerhalb der Lufthülle funktioniert. Seinen Mondfahrern gab er nämlich Raketen mit, die den Sturz auf die Mondoberfläche bremsen sollten. Dazu wären allerdings mehr als nur ein paar Feuerwerksraketen erforderlich gewesen.
Nach allem wären wir zu der Schlußfolgerung berechtigt, daß die Pulverrakete in der Raumfahrt nicht verwendet werden kann. Wir werden später sehen, daß dieser Schluß voreilig wäre. Für die Pioniere der Raumfahrt ergab sich jedoch die Aufgabe, nach einem neuen Raketentyp zu suchen, der besser ist als die Pulverrakete.

Die Verwendung der Pulverrakete

Eigentlich könnten wir jetzt das Thema Pulverraketen abschließen. Doch das bisherige Bild ist noch zu einseitig, und der Leser wird den Eindruck gewonnen haben, als sei die Pulverrakete nur ein Kriegsgerät gewesen. Leider wurde sie tatsächlich meist als Waffe verwendet.
Am Beispiel der Schiffsrettungsraketen haben wir aber gesehen, daß die Rakete nicht nur für menschenfeindliche und verderbliche Zwecke geeignet ist. Wenn man der Überlieferung glauben darf, sind mit ihnen mehr als zehntausend Menschen dem nassen Tode entrissen worden. Trotz der verbesserten Sicherungs- und Rettungsvorkehrungen sind auch in unseren Tagen noch die Rettungsstationen an der Küste oftmals mit Raketengeräten ausgerüstet. In der Deutschen Demokratischen Republik gibt es an sieben besonders gefährdeten Punkten der Ostseeküste Raketenstationen. Oft haben auch Leucht- und Signalraketen dazu beigetragen, in Not geratene

Hagelrakete,
K — Kanonenschlag



Rakete zum Abschuß von Lawinen

Schiffe auf hoher See aufzufinden oder den zur Rettung herbeieilenden Schiffen ein Zeichen zu geben.

In jüngster Zeit verwendet man die Rakete auch im Gebirge, um Menschenverluste und Sachschäden durch überraschende Lawinenabstürze zu verhindern. Auf zwei Schneeschuhen wird eine einfache Startvorrichtung festgeschraubt, von der eine kleine Rakete mit einer Sprengladung startet. Die Explosion der Sprengladung bringt die Lawine zum Absturz, nachdem die gefährdeten Stellen vorher geräumt und abgesperrt worden sind.

Seit jeher nimmt die Rakete in der Lustfeuerwerkerei einen bedeutenden Platz ein. In unserer Republik kann sich heute jeder über die Kunst der Feuerwerker freuen, die mit ihren Erzeugnissen den Volksfesten einen willkommenen und bestaunten Höhepunkt geben. Vorbei ist die Zeit der Feudalherren und absoluten Herrscher, denen sie ein Mittel war, bei Hoffesten den Ruhm des Fürsten bis in den Himmel zu tragen. Ein Abglanz jener Pracht fiel vielleicht auf die Leibeigenen und Hörigen, die mit Erbitterung aus der Ferne zusehen mußten, wie der Ertrag ihrer mühseligen Arbeit zum höheren Ruhme des Herrschers verschwendet wurde.

Sogar in der Geschichte des menschlichen Aberglaubens hat die Rakete einen Platz gefunden. Noch jetzt findet die Rakete in der Schweiz eine recht eigenartige Verwendung, die uns an die Beschwörungen vergangener Zeiten erinnert. Furchtsame und abergläubische Menschen versuchten einst, vermeintliche Gefahren durch ungeheueren Lärm abzuwenden. Erfahrungsgemäß hatte das bei Sonnenfinsternissen nach kurzer Zeit Erfolg. Warum sollte man es nicht auch bei Hagelwolken versuchen? Während man den bösen Geistern, die die Sonne zu verschlingen drohten,

in früheren Zeiten mit Pauken und Rasseln auf die Nerven fiel und sie vertrieb, versuchte ähnliches vor 65 Jahren ein Bürgermeister in der Steiermark durch Böllerschüsse zu erreichen. Offenbar zeigten die mit Schallwellen behandelten Hagelwolken Verständnis für das Autoritätsbedürfnis des schießenden Bürgermeisters. Jedenfalls wurde mit Nachdruck behauptet, durch starke Lufterschütterungen würde der erntevernichtende Hagelschlag verhindert.

Daraufhin fanden sich geschäftstüchtige pyrotechnische Fabriken, die Pulverraketen mit einem Kanonenschlag versahen und sie als Hagelzerstreuungsraketen anpriesen. Ihr Argument war einleuchtend, und deshalb verlegte man die Knallquelle mit Hilfe von Raketen in die Wolken. Der erste Knall bewirkt, so wurde behauptet, daß sich die Hagelschloßen in Schneeflocken verwandeln. Der zweite und dritte Knall lösen diese weiter in Regen auf, nicht nur in der unmittelbaren Umgebung, sondern gleich in einem Gebiet von etwa einem Quadratkilometer Ausdehnung. Viele Jahrzehnte hindurch haben in der Schweiz die landwirtschaftlichen Vereine, die Gemeinden und Bauern an diese Wirkung geglaubt, obwohl ihnen klar sein mußte, daß die Energie des Kanonenschlages viel zu gering ist, um auch nur in einem Umkreis von hundert Metern den Hagel in Wasser zu verwandeln. Langjährige statistische Vergleiche wiesen nach, daß die praktische Wirkung dieser Art von Hagelzerstreuungsraketen gleich Null ist. Die Hoffnung der Weinbauern, das Wettergeschehen nach ihrem Willen zu beeinflussen, erfüllte sich nicht. Erst auf der Grundlage ausgedehnter wissenschaftlicher Forschungsarbeiten über die Vorgänge bei der Hagelbildung konnten in den letzten Jahren Methoden entwickelt werden, die tatsächlich Erfolge bringen. Sowjetischen Wissenschaftlern gelang es, den Einfluß von Chemikalien auf die Bildung des Hagels zu untersuchen. Raketen transportieren diese Chemikalien in die Hagelwolken und helfen dem Menschen, in das Wettergeschehen einzugreifen und die Weinkulturen vor den Naturgewalten zu schützen.

Zu den Eintagsfliegen unter den Raketen könnte man die Fotorakete rechnen. Um die Jahrhundertwende begannen in verschiedenen Ländern Versuche mit Raketen, die Fotoapparate bis in 500–1000 Meter Höhe trugen. Mit ihnen sollen Fotoaufnahmen in den Plattenformaten 12 cm × 12 cm bis 25 cm × 20 cm gelungen sein. Wenige Jahre danach zeigte es sich, daß man mit Flugzeugen billigere und bessere Aufnahmen z. B. für die Landesvermessung und Kartenherstellung gewinnen kann. Will man jedoch Fotoaufnahmen aus sehr großen Höhen herstellen, so ist man auch heute noch auf Raketen angewiesen.

Raketen können übrigens auch den Start schwer beladener Flugzeuge erleichtern. Allerdings verwendet man heute nicht mehr die unzuverlässigen Schwarzpulvertreibsätze, sondern ihre modernen Nachfolger, nämlich leistungsfähige und betriebssichere „Feststofftreibsätze", zuweilen auch Flüssigkeitstriebwerke.

Erwähnen wollen wir schließlich noch die Postrakete. In den Jahren 1931–1933 unternahm der österreichische Ingenieur Friedrich Schmiedl eine Reihe von Versuchen mit Raketen, die bis zu 350 Briefe über unwegsames Gelände transportierten. Ihre Reichweite betrug nur wenige Kilometer. In den folgenden Jahren wurden an verschiedenen Orten der Erde belanglose Postraketenversuche durchgeführt, jedoch zumeist nicht in der Absicht, ein neues Transportmittel zu entwickeln, sondern aus Profitgründen. Geschäftstüchtige Manager entdeckten, daß sich damit allerhand

Geld verdienen ließ, und schreckten auch vor Betrügereien nicht zurück. Ihnen ging es nicht um Raketen, sondern um Extraprofite. Die Hereingefallenen waren die Briefmarkensammler, die ihr Scherflein zur Bereicherung dieser Betrüger beisteuerten.

Zuletzt wollen wir noch eine andere Aufgabe der Rakete erwähnen. Wenn man über Schluchten Telefon- oder elektrische Leitungen legen will, liefert die erste Verbindung oft eine dünne Leine, die von einer Rakete über den Abgrund getragen wird.

Damit schließen wir den kurzen Überblick über die Verwendung der Pulverrakete. Wir wissen, wie unzulänglich und schwach der Vorfahre unserer modernen Höhen- und Raumraketen ist. Dennoch arbeitet die Schwarzpulverrakete nach dem gleichen Prinzip wie die heutigen Flüssigkeits- und Feststoffraketen und die künftigen Atom-, Ionen- und Photonenraketen: nach dem Prinzip der wechselseitigen Kraftwirkung.

Unsäglicher Anstrengungen und Opfer bedurfte es, die Rakete weiterzuentwickeln zu dem, was sie uns heute ist: Transportmittel zu den Sternen. Wer waren die Menschen, die diese Arbeit vollbrachten? Wer waren die Pioniere der Raumfahrt?

Nikolai Iwanowitsch Kibaltschitsch

Der Zar Alexander II., den Lenin den „Henker" nennt, wird am 1. März 1881 von den Bomben getötet, die Mitglieder des Geheimbundes „Narodnaja Wolja" in Petersburg auf ihn werfen. Die Häscher des Zaren verhaften die Vollstrecker des „Volkswillens", mit ihnen den Hersteller der Sprengkörper, den Ingenieur Kibaltschitsch. Fünf Wochen später werden die Revolutionäre hingerichtet.

Dem russischen Volke bringt die Tat der jungen Helden keinen Nutzen. Unter dem Nachfolger des getöteten Zaren werden die Lebensbedingungen der russischen Arbeiter und Bauern noch schlechter, und die Attentate verzögern die Entwicklung der Kampforganisation der Arbeiterklasse, die Schaffung einer selbständigen Partei der Arbeiterklasse, der es allein im Bündnis mit den ausgebeuteten Bauern gelingen kann, die Herrschaft der Ausbeuter zu beseitigen. Die Narodwolzen glauben jedoch, es genüge, durch Terrorakte die verhaßtesten Vertreter zu beseitigen, um den Zarismus zu stürzen und die Klasse der Gutsbesitzer zu vernichten. Die ideologischen Wurzeln ihrer Kampfmethode finden wir in der irrigen Auffassung, daß die Geschichte von einzelnen hervorragenden Persönlichkeiten gemacht würde, während das Volk – die Masse – nur eine passive Rolle spiele.

Wenn wir uns hier mit diesem Irrtum auseinandersetzen, so deshalb, weil er auch in den Berichten über die Entwicklung der Raketentechnik immer noch anzutreffen ist. Was ist als die allgemeine Ursache der geschichtlichen Entwicklung der Menschheit anzusehen? Die Entwicklung der Produktion, der Werkzeuge, Instrumente und Verfahren, der arbeitenden Menschen mit ihren Erfahrungen und Fertigkeiten!

Die Geschichte der Entwicklung der Gesellschaft ist in erster Linie die Geschichte der Produktionstätigkeit der Menschen, und die werktätigen Volksmassen sind die Hauptheiden der geschichtlichen Entwicklung, nicht einige wenige hervorragende

Persönlichkeiten. Plechanow schreibt: „Kein noch so großer Mann kann der Gesellschaft Bedingungen aufzwingen, die dem Zustand der Produktivkräfte nicht mehr entsprechen oder noch nicht entsprechen." Auch die Pläne der Raumfahrtpioniere gelingen oder scheitern, je nachdem, ob sie dem Stand der Produktionstätigkeit entsprechen oder nicht. Damit ein Talent bestimmter Art die geschichtliche Entwicklung beeinflussen kann, müssen nach Plechanow zwei Bedingungen erfüllt sein. „Erstens muß sein Talent ihn mehr als alle anderen den gesellschaftlichen Bedürfnissen dieser Epoche entsprechen lassen, und zweitens darf die bestehende gesellschaftliche Ordnung nicht der Persönlichkeit den Weg versperren."

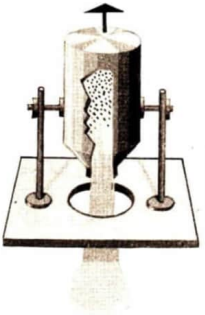
Auch Kibaltschitsch, der Sprengstoffchemiker der revolutionären Gruppe, vermag nicht, seinen grundlegenden Einsichten auf dem Gebiete des Raketenfluges unter jenen Bedingungen, die 1881 in Rußland vorhanden sind, zum Durchbruch zu verhelfen.

Seine Entwürfe hat der siebenundzwanzigjährige Ingenieur in den Tagen der Haft und angesichts des sicheren Todes niedergeschrieben mit dem heißen Wunsche, seiner Heimat und der Menschheit zu dienen. Es handelt sich um nichts weniger als die folgenden elementaren Grundlagen der künftigen Raketenflugtechnik.

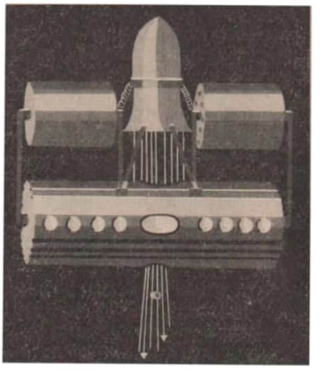
Kibaltschitsch geht davon aus, daß die Muskelkraft des Menschen nicht ausreicht, nach Art der Vögel zu fliegen. Auf Grund der Kenntnisse, die er im Umgang mit Sprengstoffen erworben hat, sieht er in langsam abbrennenden Treibpulvern eine Kraft, die in der Lage ist, eine Metallplattform nicht nur in die Höhe zu heben, sondern auch in waagerechter Richtung fliegen zu lassen. In einem drehbaren Zylinder befinden sich „Kerzen" aus langsam abbrennenden Treibstoffen, die zu walzenförmigen Körpern zusammengepreßt sind. In jeder Sekunde sollen etwa 5–6 kg Pulver oder andere Substanzen verbrennen. Die Richtung der aus dem Zylinder entweichenden Gase kann durch Drehen des Zylinders so verändert werden, daß sich das Gerät sowohl nach oben als auch in der Waagerechten fortbewegen kann. Damit hat Kibaltschitsch als erster das Prinzip der schwenkbaren Brennkammer angegeben und ein Feststoffraketentriebwerk beschrieben, wie es erst seit etwa einem Dutzend Jahren verwirklicht ist.

Die Pläne des russischen Ingenieurs sehen weiter den Einsatz mehrerer Triebwerke vor. Ferner zieht er die Möglichkeit einer automatischen Nachlade- und Zündvorrichtung in Betracht. Wir wissen heute, daß dieses Prinzip nicht mit festen, sondern mit flüssigen Treibstoffen realisierbar ist. In den Plänen von Kibaltschitsch finden wir darüber hinaus ein Forschungsprogramm für die wissenschaftliche Bearbeitung des Projektes. Wenige Tage vor seiner Hinrichtung legt er fest, welche Grundlagenforschung am Anfang der Untersuchungen zu stehen habe. Zunächst sei der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung, die Abhängigkeit zwischen Nutzlast und Treibstoffverbrauch zu bestimmen, daran habe sich die Entwicklung brauchbarer Treibstoffe hoher Leistung anzuschließen.

Diese Entwürfe schreibt der russische Revolutionär zu einer Zeit nieder, als Auto und Flugzeug noch ebenso Projekte sind wie das hier skizzierte Raketenfluggerät. Kibaltschitsch übergibt die im Kerker fixierten Pläne den zaristischen Beamten mit der Bitte um Prüfung. Aber der Zustand der Produktivkräfte und der Gesellschaft entspricht diesen Plänen noch nicht. Vielmehr versperrt die herrschende Klasse, vertreten durch die zaristische Gerichtsbürokratie, ihnen den Weg. Kibaltschitsch wird



Skizze des Raketenfluggerätes von Kibaltschitsch



Hermann Ganswindts Weltenfahrzeug

zusammen mit seinen Kampfgenossen hingerichtet, ohne eine Nachricht zu erhalten, wie die Sachverständigen seine Pläne beurteilen. Die stumpfsinnigen Beamten hefteten die Pläne den Prozeßakten bei. Sie verschwinden und verstauben in den Archiven des Zaren. Erst 1918 kommen sie wieder zum Vorschein. Die Sowjetmacht läßt sie durch Professor Rynin prüfen und veröffentlicht sie.
Ob nicht doch eine Nachricht von den Ideen des Revolutionärs aus dem Gerichtssaal gedrungen ist? Knapp zwei Jahre später, im Jahre 1883, stellt ein anderer Russe in einem Manuskript „Der freie Raum" seine ersten Untersuchungen über die Fortbewegung mit Hilfe des Rückstoßes an. Sein Name ist Ziolkowski.

Hermann Ganswindt

Die Pläne des Deutschen Hermann Ganswindt verschwinden nicht in irgendwelchen Archiven, sondern werden von seinen Zeitgenossen belacht und vergessen. Zu kühn sind die Einfälle des berufsmäßigen Erfinders, der sein gesichertes Studium aufgegeben hat, um sich seinen technischen Neigungen widmen zu können. Ganswindt führt sein Leben lang einen erbitterten Kampf um die Anerkennung seiner Entwürfe und Neuerungen. In Berlin-Schöneberg gründet er eine Fabrik, die nur seine Erfindungen herstellt. Mit seinem pferdelosen „Automobil" erregt er das Staunen der Berliner, die ihn bald den „Edison von Schöneberg" nennen. Sein Hubschrauber bringt ihm eine Verhaftung wegen Betruges ein, weil er Aktien verkauft hat, um mit dem Geld Flugmaschinen zu bauen – Dinge also, die, wie jedes Kind weiß, unmöglich sind! Das Gericht spricht ihn frei, und Ganswindt stürzt sich in einen Papierkrieg, verklagt Dutzende von wirklichen und eingebildeten Feinden. Er hat

mit seinen anderen Erfindungen ebensowenig Erfolg wie mit dem Lenkluftschiff, das er 1883 zum Patent angemeldet hat.
Ganswindts Luftschiff soll eine Länge von 150 Metern und einen Durchmesser von 15 Metern haben, durch eine 100-PS-Dampfmaschine angetrieben werden und eine Geschwindigkeit von 50 Stundenkilometern erreichen. Er gründet sogar einen „Patriotischen Verein für Luftschiffahrt" und bietet sein Patent dem Kriegsministerium an. Aber er wird abgewiesen, „da Militärluftschiffe von 150 Metern Länge weit über militärische Bedürfnisse hinausgehen".
Jene Idee aber, die unsere Beachtung am meisten verdient, wird von ihm nicht weiter bearbeitet, weil sie von seinen Gegnern benutzt wird, um ihn lächerlich zu machen. Zudem fehlen dem früheren Jurastudenten die notwendigen wissenschaftlichen Kenntnisse, besonders aber auch die Ausdauer, sie sich nachträglich anzueignen und seinen Entwurf zu fundieren. Einzelheiten über sein „Weltenfahrzeug" teilt Ganswindt zum erstenmal in einem Vortrag mit, den er im Mai 1891 in der Berliner „Philharmonie" über Luftfahrt hält. Er meint es mit seinem Vorschlag völlig ernst. Doch das Publikum lacht ihn aus.
Ganswindts Weltenfahrzeug besteht aus einer Passagierkammer, einem luftdicht verschlossenen und mit Fenstern versehenen stählernen Behälter, in dem Platz für zwei Menschen und die Vorräte ist. Die Kabine ist von Stahlröhren umgeben, die den Luftvorrat enthalten. Über der waagerecht liegenden Passagierkammer befindet sich das Antriebssystem: ein Verbrennungsraum und die Patronenbehälter. Alle Teile sind durch starke Federn miteinander verbunden, damit die Stöße abgeschwächt werden, die entstehen, wenn die Dynamitpatronen im Verbrennungsraum explodieren. Aus den seitlichen Vorratsbehältern sollen in rascher Folge dynamitgefüllte Stahlkapseln in den Stahlblock eingeführt werden, der glockenförmig ausgehöhlt ist.
Das Fahrzeug soll in 22 Stunden die Nachbarplaneten erreichen können, ununterbrochen getrieben durch den Rückstoß nicht etwa der ausströmenden Gase, sondern der fortgeschleuderten Stahlkapseln. Ganswindt vermag sich nicht vorzustellen, daß Gase ausreichen, sein Weltenfahrzeug anzutreiben. Sie sollen dazu dienen, das Fahrzeug zu heizen. Zu diesem Zweck besitzt die Passagierkammer in der Mitte unter dem Verbrennungs-Stahlblock eine Art Ofenrohr, durch das die Gase hindurchströmen. Das ganze Gerät soll sich um die senkrechte Achse drehen. Weitere Vorräte von Patronen werden, an Seilen hängend, in losen Trauben mitgeführt. Außerdem soll das Fahrzeug nicht vom Erdboden starten, sondern durch Hubschrauber bis in dünnere Luftschichten getragen werden, damit es durch den Luftwiderstand nicht zu sehr abgebremst wird.
Ganswindts Entwurf enthält eine Reihe von wichtigen und grundlegenden Gedanken. In der entscheidenden Frage aber, der des Antriebes, unterliegt er, obgleich er die Wirksamkeit des Rückstoßes erkennt, einem schwerwiegenden Trugschluß. Ganswindt meint, es müsse unbedingt „etwas Solides" sein, das den Rückstoß liefert, nämlich Stahlkapseln. Noch in den dreißiger Jahren versucht der greise Ganswindt, dem Raketenforscher Hermann Oberth klarzumachen, daß Gase allein nicht genügen. Kein Beispiel und keine Tatsache vermögen ihn von dem Vorurteil abzubringen.
Während Kibaltschitsch sehr wohl wußte, wie notwendig es ist, dem Antriebspro-

blem mit einem systematischen Versuchsprogramm zu Leibe zu rücken, läßt es Ganswindt bei romanhaften Vorschlägen bewenden. Den entscheidenden Schritt, den Übergang zu einer exakten wissenschaftlichen Analye, kann Ganswindt noch nicht vollziehen. Denn bevor es möglich ist, Gesetzmäßigkeiten nach Maß und Zahl zu erfassen und quantitative Untersuchungen anzustellen, bedarf es ausreichender Klarheit über die qualitativen Zusammenhänge. Eben diese Klarheit fehlt Ganswindt noch.

Ein Philosoph sagte einmal: „In jeder Wissenschaft ist nur so viel wahre Wissenschaft, wie Mathematik in ihr enthalten ist." Das ist sicher nur zum Teil richtig, weil es nur *eine* Seite der Sache hervorhebt, andere Seiten aber vernachlässigt, mithin die Dinge isoliert betrachtet. Zur Zeit Ganswindts ist aber in der Entwicklung der Raketentechnik und der Raumfahrt ein Punkt erreicht, bei dem auch die Mathematik ein Wort mitsprechen muß.

Die Pläne N. I. Kibaltschitschs und Hermann Ganswindts fußen zwar auf dem Raketenantrieb und enthalten bereits wichtige Grundgedanken. Sie entbehren jedoch noch der exakten mathematischen Fundierung.

Es ist kein Zufall, daß ein Mathematiklehrer diese Aufgabe löst und damit die Raumfahrtwissenschaft, die Astronautik, begründet.

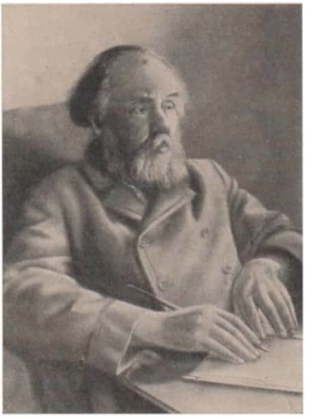
Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski

Der junge Ziolkowski wächst in einer Zeit heran, in der zahlreiche überlebte Vorstellungen durch die Entwicklung widerlegt werden. Immer neue Erkenntnisse bereichern das menschliche Wissen. Die Fortschritte der Technik, der Industrie und Landwirtschaft sind eng mit neuen naturwissenschaftlichen Entdeckungen verbunden. Wir wollen hier nur nennen: die Entdeckung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie, die Entdeckung der Zelle und des Ursprungs der Arten, des periodischen Systems der Elemente, der Spektralanalyse, des Elektromagnetismus und der elektrischen Induktion. Die Erfindung zahlreicher Produktionsinstrumente und -verfahren bereiten einen günstigen Boden für die Entwicklung der materialistischen Weltauffassung. Immer mehr setzt sich die Einsicht durch, daß die Welt erkennbar ist und sich alles im Zustande unaufhörlicher Bewegung und Veränderung befindet. Einen bedeutenden Beitrag zu dieser historischen Entwicklung verdanken wir Ziolkowski.

Hundert Jahre vor dem Start des ersten Sputnik wird Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski geboren. Am 5. (17.) September 1857 kommt er in dem kleinen Dorf Ishewskoje, Kreis Spassk, im Gouvernement Rjasan zur Welt. Der Vater arbeitet in der Forstwirtschaft, und seine Mutter stammt aus einer Handwerkerfamilie. Mit zehn Jahren erkrankt Konstantin so schwer an Scharlach, daß er sein Gehör fast vollständig verliert. Seine Mutter, die den kranken Knaben lesen und schreiben lehrte, stirbt zwei Jahre später.

Konstantin bastelt gern und vertieft sich in Bücher. So erwirbt er seine ersten physikalischen Kenntnisse. Er baut Luftballons, versucht, den Vogelflug nachzuahmen,

Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857–1935), der Vater der Raumfahrt



und fertigt die verschiedensten Fahrzeuge. Sein Fleiß und sein Geschick sind so groß, daß der Vater ihn mit 16 Jahren nach Moskau schickt, damit er dort studiere. Die paar Rubel, die der Vater ihm schicken kann, verbraucht Konstantin hauptsächlich für Lehrbücher und für seine Versuche. Drei Jahre lebt er von Schwarzbrot, von dem er sich täglich für drei Kopeken bewilligt. Die meiste Zeit verbringt er im Lesesaal und bei Experimenten. Konstantin magert ab, doch er legt in dieser Zeit den Grundstein zu einem Wissen, das der Menschheit den Weg zu den Sternen erschließen wird.

Als der Vater durch Bekannte von dem Hungerleben Konstantins erfährt, holt er ihn zurück. Durch Privatstunden verdient sich der junge Ziolkowski seinen Lebensunterhalt, bis er schließlich eine Anstellung als Lehrer an der Kreisschule in Borowsk, einem Städtchen im Gouvernement Kaluga, erhält. Dort heiratet er. 1892 wird er nach Kaluga versetzt, wo er bis zu seinem Lebensende bleibt.

Auch nach der Rückkehr aus Moskau befaßt sich Ziolkowski mit dem Studium der Naturwissenschaften und der Mathematik sowie mit zahlreichen selbständigen wissenschaftlichen Untersuchungen. Um seine Arbeiten durchführen zu können, legt er sich auch als Lehrer große Entbehrungen auf. Wir können hier den Umfang seiner Untersuchungen nur andeuten. Jede Stunde Freizeit gilt seiner Arbeit. Schon in der Einsamkeit des Kreisstädtchens macht er einige wichtige Entdeckungen auf dem Gebiete der Gaskinetik – aber er muß später feststellen, daß seine Erkenntnisse nicht neu sind. Er entwickelt das Projekt eines lenkbaren Ganzmetall-Luftschiffes und führt eingehende aerodynamische Untersuchungen durch. Als erster Mensch der Welt entwirft er ein Ganzmetallflugzeug mit völlig geschlossener Kabine und automatischer Steuerung durch Kreisel. Um die Jahrhundertwende baut er sogar einen Windkanal und gewinnt mit seiner Hilfe exakte wissenschaftliche Erkenntnisse.

Neben seiner Arbeit als Lehrer, neben den umfangreichen Forschungen arbeitet er an jenem Problem, das schon den Sechzehnjährigen in seinen Bann zog, als er unter dem Himmel Moskaus mit knurrendem Magen von dem Fluge zu den Sternen träumte. Er weiß, daß die künftigen Luftfahrzeuge nicht die Grenzen der Atmosphäre überschreiten können, und erkennt, daß dazu ein neues Antriebsmittel notwendig ist. Aus seinen Erinnerungen erfahren wir, daß ihn die Romane von Jules Verne angeregt haben, sich mit dem Raketenantrieb zu befassen. 1883 behandelt er in einem Manuskript „Der freie Raum" bereits die Möglichkeit, sich durch Rückstoßgeräte fortzubewegen. Seine „Träume über die Erde und den Himmel" erscheinen 1895 in Moskau, zwei Jahre nach seiner lehrreichen Erzählung „Auf dem Monde", die anschaulich und eingehend schildert, mit welchen Bedingungen künftige Mondbesucher zu rechnen haben.

Zur gleichen Zeit wird in dem damaligen Petersburg ein schmales Heftchen gedruckt, in dem der Ingenieur Alexander Petrowitsch Fjodorow „Ein neues Prinzip der Luftfahrt" beschreibt, nämlich das Raketenprinzip, und seine Verwendung für den Flug im Weltraum andeutet. Ziolkowski findet in dieser kleinen Abhandlung manche seiner Überlegungen bestätigt. Hingegen empfindet er das Fehlen von Berechnungen und technischen Einzelheiten als eine Schwäche. Zum ersten Male wird ihm klar, daß es nicht mehr genügt, das Problem des Sternenfluges mit Raketenapparaten lediglich in der allgemeinen Art zu untersuchen, wie er selbst und Fjodorow es bisher getan hatten. Er erkennt, daß diese Aufgabe nur auf der Grundlage einer exakten Theorie der Raketenbewegung und des Raumfluges gelöst werden kann, eine Theorie, die sich nicht mit unverbindlichen Erörterungen begnügt, sondern die Gesetzmäßigkeiten nach Maß und Zahl erfaßt. Eine solche Theorie gibt es noch nicht. Unverzüglich setzt Ziolkowski seinen Scharfsinn und seine Ausdauer daran, die fehlende Theorie zu schaffen.

Bereits nach zwei Jahren legt er in der Arbeit „Erforschung des Weltraums mit Reaktionsapparaten" die Ergebnisse seiner Forschungen nieder. Fünf Jahre später, 1903, gelangt das Werk schließlich in der russischen Zeitschrift „Wissenschaftliche Rundschau" zur Veröffentlichung.

Es gibt wenige Arbeiten, die das Prädikat „grundlegend" so sehr verdienen wie diese. Auf den Erkenntnissen, die Ziolkowski hier der Öffentlichkeit bekanntgibt, fußen alle modernen Raketen. Wo auch immer in der Welt Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter Raketentriebwerke schaffen – stets benutzen sie die von Ziolkowski entwickelte Theorie. Ohne sie wäre keine Höhen-, Satelliten- und Raumrakete, aber auch keine leistungsfähige Kampfrakete denkbar.

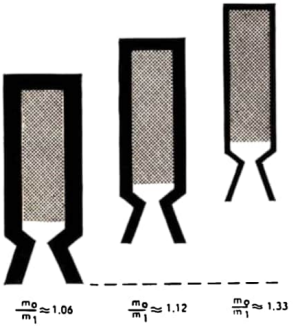
Ziolkowski entwickelt nicht nur die Theorie, er zieht vielmehr Schlußfolgerungen für die Praxis, die auch in unseren Tagen noch Gültigkeit besitzen. Er findet grundsätzliche technische Lösungen sowohl für Probleme der Raketentechnik als auch der Raumfahrt. Überraschend sind der Umfang und die Tiefe seiner Überlegungen. Ziolkowski überblickt bereits einen weiten Abschnitt der künftigen Entwicklung, und eine ganze Reihe seiner Vorschläge kann erst heute oder in naher Zukunft praktisch ausgenutzt werden. Immer wieder werden wir bei der Diskussion astronautischer Probleme feststellen, daß die grundsätzliche Lösung auf jenen Mann zurückgeht, der in seinem Holzhäuschen in Kaluga den Grundstein zur Astronautik, der Raumfahrtwissenschaft, legte.

In diesem Häuschen in Kaluga lebte und arbeitete der Vater der Raumfahrt

Sein besonderes Verdienst ist darin zu sehen, daß er als erster erkennt: Die Erschließung des Weltraums durch den Menschen ist eine gesetzmäßige Folge der Entwicklung von Wissenschaft und Technik. Ziolkowski betrachtet die Raumfahrt als ein gesellschaftliches Bedürfnis und widmet seine ganze Kraft der Aufgabe, die wissenschaftlichen und technischen Mittel zu schaffen, um das heranwachsende Bedürfnis befriedigen zu können. Das Ausmaß seiner Leistungen berechtigt uns nicht nur, sondern verpflichtet uns, ihn den Vater der Raumfahrt zu nennen.
Mit unendlicher Energie müht sich Ziolkowski, den Zwiespalt zwischen seinen Träumen und der Wirklichkeit zu vermindern und zu überwinden. Auf ihn trifft in vollem Maße zu, was Plechanow von den großen Männern schreibt:
„Der große Mann ist eben ein Beginner, denn er blickt weiter als die anderen und will stärker als die anderen. Er löst die wissenschaftlichen Aufgaben, die der vorhergegangene Verlauf der geistigen Entwicklung der Gesellschaft auf die Tagesordnung gesetzt hat; er weist die neuen gesellschaftlichen Bedürfnisse auf, die durch die vorhergegangene Entwicklung der gesellschaftlichen Beziehungen erzeugt worden sind; er ergreift die Initiative zur Befriedigung dieser Bedürfnisse. Er ist ein Held. Held nicht in dem Sinne etwa, daß er den natürlichen Gang der Dinge aufhalten oder ändern könnte, sondern in dem Sinne, daß seine Tätigkeit der bewußte und freie Ausdruck dieses notwendigen und unbewußten Ganges ist. Darin liegt seine ganze Bedeutung, darin seine ganze Kraft. Das ist aber eine gewaltige Bedeutung, eine ungeheure Kraft."

Die Fundamentalgleichung der Raketenbewegung

Wir wollen uns zunächst einen Überblick verschaffen, welchen Einfluß Ziolkowski auf die Raketentechnik nimmt.
Bisher war die Raketentechnik im wesentlichen eine empirische Wissenschaft, das heißt, sie stützte sich hauptsächlich auf praktische Erfahrungen. In den vergangenen Jahrhunderten waren die Möglichkeiten ausgeschöpft, nur auf diese Weise die Rakete weiterzuentwickeln.



Das Gesetz von der gegenseitigen Kraftwirkung war zwar seit Newton bekannt. Bei einer Rakete verändert sich aber die Raketenmasse während der Brennzeit ständig, und die Masse der einzelnen ausströmenden Gasteilchen ist gegenüber der Raketenmasse verschwindend klein, während ihre Anzahl außerordentlich groß ist. Diese Umstände gilt es zu berücksichtigen.

Ihren mathematischen Ausdruck finden diese Zusammenhänge in der berühmten Gleichung $v = u \cdot \ln z$. Sie wurde zuerst von russischen Wissenschaftlern aufgestellt und findet sich sowohl in den Arbeiten Ziolkowskis als auch in denen des Professors der Mechanik I. W. Mestscherski, der sie 1897 in seiner Dissertation „Dynamik eines Punktes von veränderlicher Masse" ableitet. 1904 veröffentlicht Mestscherski weitere Untersuchungen über „Gleichungen der Bewegung eines Punktes von veränderlicher Masse im allgemeinen Falle", mit denen er einen neuen Abschnitt der Mechanik einleitet.

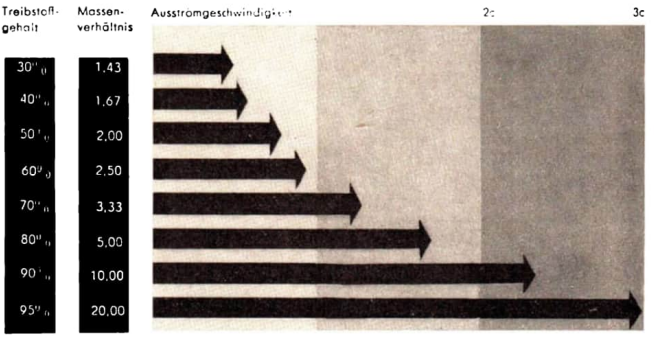
Ziolkowski, der etwa zur gleichen Zeit ähnliche Untersuchungen anstellt, zieht darüber hinaus grundlegende Schlußfolgerungen für die Praxis des Raketenbaues und für die Astronautik. Deshalb nennt man die Fundamentalgleichung der Raketenbewegung

$$v = u \cdot \ln z$$

auch die Ziolkowskische Gleichung. Sie gibt an, welche Endgeschwindigkeit eine Rakete erreicht, wenn ihre Bewegung nur durch die eigene Schubkraft, nicht aber durch Luftreibung, Schwerkraft oder andere Kräfte bestimmt oder beeinflußt wird. Was sagt uns die Gleichung $v = u \cdot \ln z$?

Die Endgeschwindigkeit v einer Rakete ist erstens abhängig von der Geschwindigkeit u, mit der die Gasteilchen die Rakete verlassen. Je größer u, um so größer auch v. Gelingt es z. B., die Ausströmgeschwindigkeit der Gase um 50% zu erhöhen, so wächst in gleichem Maße auch die Endgeschwindigkeit der Rakete um 50%. Dieser Zusammenhang zeigt uns den ersten Weg zur Schaffung leistungsfähiger Raketen: Steigerung der Gasgeschwindigkeit.

Der Ausdruck ln z in der Fundamentalgleichung sagt uns, daß die Endgeschwindigkeit zweitens von dem Massenverhältnis z der Rakete abhängt. Dieses Massenver-



hältnis können wir berechnen, indem wir das Startgewicht m_n der mit Treibstoff gefüllten Rakete durch das Leergewicht m_l der leergebrannten Rakete teilen. Wiegt also eine Rakete vor dem Start 10 Tonnen, nach Brennschluß 2,5 Tonnen, so beträgt ihr Massenverhältnis

$$z = \frac{m_n}{m_l} = \frac{10}{2{,}5} = 4 .$$

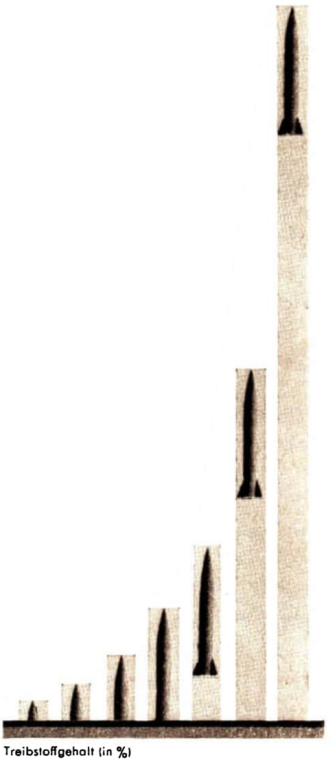
Zu Ehren Ziolkowskis nennt man das Massenverhältnis z die Ziolkowskische Zahl.
Der Zusammenhang zwischen dem Massenverhältnis z und der Endgeschwindigkeit v der Rakete ist nicht ganz so einfach wie der zwischen u und v bestehende Zusammenhang. Vor z steht in der Gleichung ln. Das ist die Abkürzung von „natürlicher Logarithmus". ln z besagt, daß wir die Gasgeschwindigkeit u nicht mit z zu multiplizieren haben, sondern mit dem natürlichen Logarithmus von z. Der natürliche Logarithmus von z = 4 ist ln z = 1,39. Eine Rakete mit dem Massenverhältnis z = 4 könnte also, wenn sie nicht durch Luftreibung und Schwerkraft behindert wird, eine Endgeschwindigkeit erreichen, die rund 1,39mal so groß ist wie die Austrittsgeschwindigkeit ihrer Gase. Die Tabelle gibt für einige Ziolkowskizahlen z den gerundeten Wert ihrer natürlichen Logarithmen ln z an.

Massenverhältnis z	Natürlicher Logarithmus des Massenverhältnisses ln z	Massenverhältnis z	Natürlicher Logarithmus des Massenverhältnisses ln z
2	0,69	9	2,20
3	1,10	10	2,30
4	1,39	16	2,77
5	1,61	25	3,22
6	1,79	36	3,58
7	1,95	49	3,89
8	2,08	100	4,61

Ein Vergleich dieser Zahlen zeigt uns, daß ln z wächst, wenn z größer wird. Nur wächst ln z nicht in dem gleichen Maße wie z, sondern langsamer. Untersucht man die Abhängigkeit zwischen z und ln z genauer, so stellt man fest, daß ln z und damit auch die Endgeschwindigkeit der Rakete verdoppelt wird, wenn das Massenverhältnis z auf das Quadrat z^2 wächst. Dafür einige Beispiele! Um die Endgeschwindigkeit zu verdoppeln, muß das Massenverhältnis z von 2 auf 4 oder von 3 auf 9 oder von 4 auf 16 gesteigert werden. Wir erkennen hier den zweiten Weg zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Raketen: Vergrößerung des Massenverhältnisses.

Die Ziolkowskigleichung ist nicht nur das Kernstück der Raketenbewegung, sondern zugleich eine Anleitung für die Praxis des Raketenbaues. Sie offenbart die Vorteile der Rakete.

Einmal sagt sie uns, daß die Endgeschwindigkeit bei Vernachlässigung des Luftwiderstandes und der Schwerkraft nur von der Ausströmgeschwindigkeit und dem Massenverhältnis abhängt und durch deren Vergrößerung gesteigert werden kann, ohne daß es eine Grenze für diese Steigerung gibt, wie wir sie bei der Geschoßgeschwindigkeit kennengelernt haben. Raketen können also schneller fliegen, als die Gase aus ihnen strömen. Die Geschwindigkeit einer brennenden Rakete wird auch dann noch zunehmen, wenn sie bereits größer als die Geschwindigkeit, mit der die Gasteilchen nach hinten ausgestoßen werden.



Der Raketenantrieb erweist sich nicht nur in dieser Beziehung der Verneschen Mondkanone als überlegen. Die Ziolkowskische Gleichung zeigt weiterhin, daß die Endgeschwindigkeit unter den für sie geltenden Voraussetzungen nicht von der Zeit abhängt, in der die Treibstoffe verbrennen und die Rakete beschleunigt wird. Man kann demnach mit einer Rakete die notwendige Endgeschwindigkeit auch erreichen, wenn die in jeder Sekunde verbrannte Treibstoffmenge klein ist und die Geschwindigkeitszunahme nur langsam erfolgt, die Passagiere also nicht so stark beansprucht werden wie die Helden des Verneschen

Romanes. In der Praxis muß man allerdings auf die Wirkung der Schwerkraft Rücksicht nehmen, die sich bei zu langsamer Geschwindigkeitserhöhung sehr unliebsam bemerkbar machen kann.
Aus der Fundamentalgleichung ergeben sich einige wichtige Schlußfolgerungen, die wir andeuten wollen. Das Startgewicht einer Rakete m_0 setzt sich aus dem Leergewicht m_1 und dem Gewicht der Treibstoffe zusammen:

$$z = \frac{m_0}{m_1} = \frac{\text{Startgewicht}}{\text{Leergewicht}} = \frac{\text{Leergewicht} + \text{Treibstoffgewicht}}{\text{Leergewicht}}.$$

Je mehr Treibstoff eine Rakete enthält, um so größer ist ihr Massenverhältnis. Eine Rakete von 10 Tonnen Startgewicht und 2,5 Tonnen Leergewicht enthält 7,5 Tonnen Treibstoff; ihr Massenverhältnis ist z = 4, und ihr Gewicht besteht zu 75% aus dem Gewicht der Treibstoffe.

Massenverhältnis z	Gewicht des Treibstoffes in Prozenten des Startgewichtes %	Massenverhältnis z	Gewicht des Treibstoffes in Prozenten des Startgewichtes %
2	50	9	88,9
3	66,7	10	90
4	75	16	93,8
5	80	25	96
6	83,3	36	97,2
7	85,7	49	98,0
8	87,5	100	99

Wollen wir bei gleicher Gasgeschwindigkeit die Endgeschwindigkeit verdoppeln, so müssen wir bekanntlich das Massenverhältnis z auf $z^2 = 4^2 = 16$ verbessern. Eine solche Rakete müßte zu 93,75% aus Treibstoff bestehen.
Das wäre bei den folgenden Raketen erreicht:

	Leergewicht	Treibstoffgewicht	Startgewicht
I.	2,5 t	37,5 t	40 t
II.	0,5 t	7,5 t	8 t
III.	0,625 t	9,375 t	10 t
an Stelle von ursprünglich	2,5 t	7,5 t	10 t

Solche enormen Verbesserungen des Massenverhältnisses sind aber nicht leicht erreichbar. Man kann nicht ohne weiteres in einer Rakete das Fünffache der ursprünglichen Treibstoffmenge unterbringen (I.) oder ihr Leergewicht auf den fünften Teil vermindern (II.). Wie schwierig in der Praxis die Erreichung eines Massenverhältnisses z = 16 sein muß, wird uns klar, wenn wir bedenken, daß ein Hühnerei zu 90% aus „Füllung" besteht und deshalb einer Rakete vergleichbar ist, deren Massenverhältnis „nur" z = 10 beträgt.
Nun besteht eine Rakete aber nicht nur aus Schale und Inhalt, also aus Treibstoffbehältern und Treibstoffen. Sie enthält außerdem Brennkammer und Düse, Steuer-

einrichtung, Nutzlast u. a., deren Gewichte das Leergewicht vergrößern und das Massenverhältnis herabsetzen und mithin verschlechtern. Deshalb beherrscht seit Ziolkowski die Forderung nach rigoroser Verminderung des Gewichtes aller Bauteile die Arbeit der Raketenkonstrukteure. Die Abbildung zeigt uns, wie sich jede Vergrößerung der Ziolkowskizahl auf die Steighöhe von Raketen auswirkt. Die dargestellten Höhen wurden errechnet für gleiche Ausströmgeschwindigkeit und gleichbleibende Erdanziehungskraft. Luftwiderstand und Einfluß der Brenndauer wurden nicht berücksichtigt.

In der Praxis bereitet die Verbesserung des Massenverhältnisses sehr große Schwierigkeiten. Das erkennt bereits Ziolkowski, und er untersucht deshalb, wie man die Leistungen der Raketen darüber hinaus verbessern kann.

Die Ausströmgeschwindigkeit der Gase hängt ab von dem Energiegehalt, dem Heizwert des Treibstoffes, also von der Wärmemenge, die bei der Verbrennung einer bestimmten Treibstoffmenge entsteht. Je höher der Heizwert, um so größer ist auch die Gasgeschwindigkeit und damit die erreichbare Endgeschwindigkeit.

Mit dieser Überlegung gelangt Ziolkowski zu einem Wendepunkt der Raketentechnik. Die Heizwerte verschiedener Stoffe sind zu jener Zeit bereits recht genau bekannt. Immer vollkommener wurden die Methoden und Geräte, mit denen die Naturwissenschaftler die Stoffe und ihre Eigenschaften erforschen und damit den Bedürfnissen der Praxis entsprechen. Die Industrie begnügt sich längst nicht mehr damit, daß eine Dampfmaschine recht und schlecht funktioniert, vielmehr soll die aus den Brennstoffen gewinnbare Wärmemenge möglichst vollständig in mechanische Energie umgewandelt werden, und von den Brennstoffen wird ein hoher Heizwert bei geringem Preis gefordert.

Andererseits sind aber sowohl das Schwarzpulver als auch die neuen Sprengstoffe, die um die Mitte des 19. Jahrhunderts erfunden wurden, eingehend nach den verschiedensten Gesichtspunkten untersucht. Vergleicht man die Heizwerte der üblichen Brennstoffe mit denen der Sprengstoffe, so zeigt sich, daß weder Schießbaumwolle noch Nitroglyzerin und Dynamit und erst recht nicht das mittelalterliche Schwarzpulver an die ersteren heranreichen. Selbstverständlich muß man bei solchen Vergleichen berücksichtigen, daß Schwarzpulver und die Sprengstoffe den zur Verbrennung notwendigen Sauerstoff enthalten, und muß den Heizwert der Brennstoffe entsprechend umrechnen.

Die Schlußfolgerung, zu der Ziolkowski durch diesen Vergleich gelangt, ist ebenso einleuchtend wie umwälzend. Künftige Raumraketen werden die geforderten hohen Geschwindigkeiten nur erlangen, wenn sie energiereichere Treibstoffe verwenden. Die notwendigen großen Wärmemengen entstehen besonders bei der Verbrennung von Wasserstoffgas sowie einiger Flüssigkeiten wie Benzol, Benzin, Naphtha (Erdöl) oder Petroleum. Steinkohle und andere feste Brennstoffe scheiden aus, weil sie nicht so bequem befördert und verbrannt werden können. Deshalb soll die künftige Raumrakete mit flüssigen Brennstoffen betrieben werden.

Wenn man diese Stoffe verbrennen will, braucht man Sauerstoff. Wie soll man ihn gewinnen, wie ihn transportieren? Einige Jahre zuvor wäre es schwierig gewesen, darauf eine befriedigende Antwort zu finden. Denn erst 1895 ist die Entwicklung so weit fortgeschritten, daß es Dr. Linde, Professor an der Technischen Hochschule München, gelingt, ein Verfahren zur industriellen Verflüssigung der Luft

und zur Gewinnung von flüssigem Sauerstoff auszuarbeiten, mit dem auch größere Mengen dieser eigenartigen Flüssigkeit erzeugt werden können. Erst zu diesem Zeitpunkt sind die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen herangereift, ohne die der Gedanke an eine Flüssigkeitsrakete eine Utopie hätte bleiben müssen.
Ziolkowski beläßt es nicht bei dem Vorschlag, an Stelle von Schwarzpulver flüssige Treibstoffe zu verwenden. Er entwirft ein Raketentriebwerk, das eine ganze Reihe von richtungsweisenden Einzelheiten enthält, deren Bedeutung erst Jahrzehnte später allgemein begriffen wird. Mit der Erfindung der Flüssigkeitsrakete gibt Ziolkowski der Menschheit das technische Mittel, den Traum vom Sternenflug zu verwirklichen.
Bevor wir auf seine Vorschläge eingehen, wollen wir uns erinnern, unter welchen Bedingungen Ziolkowski damals arbeitet. Die in Rußland bestehende Gesellschaftsordnung hemmt besonders zu dieser Zeit die Entwicklung der Wissenschaft. Hervorragende Gelehrte erhalten von der herrschenden Klasse nicht nur keine Anerkennung, sondern werden oft verspottet und beargwöhnt, behindert und verfolgt. Mendelejew, der das periodische System der Elemente entdeckte, ist Mitglied ausländischer Akademien – aber bei der Wahl in die Russische Akademie der Wissenschaften läßt man ihn durchfallen. Auf Befehl des Zaren wird Maxim Gorki aus der Liste der Ehrenmitglieder dieser Akademie gestrichen. Blutig wird die bürgerlich-demokratische Revolution des Jahres 1905 unterdrückt. Während sich das russische Proletariat zu neuen Kämpfen rüstet, lähmt die Stolypinsche Reaktion das gesellschaftliche Leben Rußlands.
Ziolkowski erntet, wenn überhaupt, bei den offiziellen Kreisen nur Gelächter und Spott. Meist stößt er auf eine Mauer der Gleichgültigkeit und Ablehnung. Dem Gelehrten gelingt es kaum, einen Verleger für seine Arbeiten zu finden. Einige Freunde unterstützen ihn, aber nach wie vor muß er materielle Entbehrungen auf sich nehmen, damit seine Arbeiten gedruckt werden. Ihre Wirkung ist jedoch gering. Denn denen, die am Fortschritt interessiert sind, verwehrt man den Zugang zur Bildung, sperrt sie, wenn sie sich gegen die Ausbeuter auflehnen, in die Kerker, schickt sie nach Sibirien oder legt ihnen die Stolypinkrawatte, den Strang, um den Hals.
Im Dunkel des Zarismus entwirft Ziolkowski Pläne, die unter diesen Bedingungen niemals verwirklicht werden können. Wir verstehen, welche Bedeutung der Sieg des russischen Proletariats auch für die wissenschaftliche Arbeit des Sechzigjährigen hat.

Die Flüssigkeitsrakete

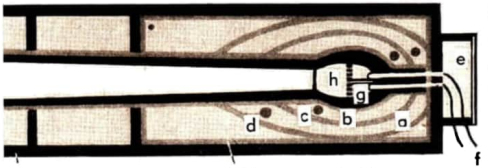
Wir wollen von den Ziolkowskischen Grundgedanken ausgehen und sie im Zusammenhang mit der späteren Entwicklung betrachten.
Zu jeder Verbrennung brauchen wir erstens einen Brennstoff und zweitens Sauerstoff oder einen Stoff, der Sauerstoff liefert (Sauerstoffträger, Oxydator). Im Gegensatz zur Pulverrakete werden bei einer Flüssigkeitsrakete beide Stoffe – die Treibstoffe – voneinander getrennt in besonderen Behältern mitgeführt. Sie sind für sich allein meist recht harmlos. Wenn man von Zwischenfällen absieht, die während der Entwicklung vorkommen können, sind Flüssigkeitsraketen bei vernünftiger Konstruktion,

einwandfreiem Bau und sachgemäßem Umgang viel weniger gefährlich als Pulverraketen. Die beiden Treibstoffe kommen erst in der Brennkammer zusammen und reagieren miteinander, sie verbrennen. Dabei entstehen unter starker Wärmeentwicklung große Mengen hochgespannter Gase. Sie strömen durch eine Düse. Dabei entspannen sie sich und kühlen sich ab und verlassen mit hoher Geschwindigkeit die Rakete in der durch die Düse bestimmten Richtung.

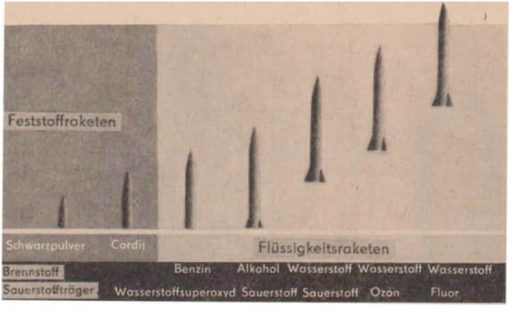
Charakteristisch für die Flüssigkeitsrakete ist die hohe Ausströmgeschwindigkeit. Bei guten Triebwerken liegt sie weit über der mit Schwarzpulver erreichbaren und beträgt in der Praxis etwa 2500–3000 m/s. Die Auswahl der Treibstoffe beeinflußt die Größe der Gasgeschwindigkeit entscheidend. Abb. rechts oben bringt einen Vergleich, welche Höhen sich bei sonst gleichen Bedingungen mit verschiedenen Treibstoffkombinationen erreichen lassen.

Ziolkowski denkt zunächst an Wasserstoff und Sauerstoff, beide in verflüssigtem Zustand. Bei einer Abkühlung auf Temperaturen bis nahe –200 °C gelingt es, die atmosphärische Luft zu verflüssigen. Daraus gewinnt man reinen flüssigen Sauerstoff, eine bläuliche Flüssigkeit, die bei –183 °C zu gasförmigem Sauerstoff verdampft und deshalb vor unbeabsichtigter Wärmezufuhr geschützt werden muß. Flüssiger Sauerstoff ist etwas schwerer als Wasser; er ist so stark konzentriert, daß ein Liter beim Verdampfen 790 Normal-Liter Sauerstoffgas ergibt. Verbrennungen mit flüssigem Sauerstoff gehen trotz dessen niedriger Temperatur äußerst lebhaft vor sich. Mit modernen Anlagen kann flüssiger Sauerstoff in großen Mengen verhältnismäßig billig hergestellt werden. Außer den notwendigen Anlagen braucht man dazu lediglich Energie.

Hingegen siedet flüssiger Wasserstoff schon bei –253 °C (20° K). Ein weiterer Nachteil ist seine geringe Dichte. Ein Liter wiegt nur 70 Gramm, so daß die Mitnahme der benötigten Menge Wasserstoff wesentlich größere Behälter erfordert als bei anderen Brennstoffen. Diese Eigenschaft des flüssigen Wasserstoffes wird erst um die Jahrhundertwende bekannt, denn nach einem kleinen Vorerfolg gelingt es zuerst im Jahre 1898 mit großer Mühe, zwanzig Kubikzentimeter der Flüssigkeit herzustellen. Deshalb läßt Ziolkowski diesen Vorschlag später wieder fallen. Brennstoffe wie Benzol, Benzin, Naphtha und Alkohol lassen sich wesentlich leichter herstellen, transportieren und aufbewahren. Allerdings geben sie nicht ganz so hohe Ausströmgeschwindigkeiten. Tatsächlich haben sich mehrere der von Ziolkowski vorgeschlagenen Treibstoffkombinationen bewährt. Zu ihnen kommen im Laufe der Entwicklung noch eine ganze Reihe anderer Brennstoffe (z. B. Anilin, Hydrazin,

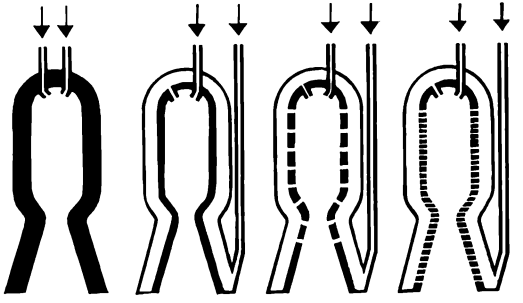


Raketentriebwerk für flüssige Treibstoffe nach K. E. Ziolkowski a – Kühlmantel (flüssiger Sauerstoff), b – Kühlmantel (Kohlenwasserstoff), c – Ein- und Ausströmöffnungen für Kohlenwasserstoff, d – Ein- und Ausströmöffnungen für flüssigen Sauerstoff, e – Pumpen, f – Treibstoffzuführung, g – Mischgitter, h – Glühstift



Vergleich der Höhen, die mit verschiedenen Treibstoffen theoretisch erreichbar sind

Boran) und Oxydatoren (z. B. Salpetersäure, Wasserstoffperoxyd, Ozon, Fluor), die heute zum Teil bereits praktische Verwendung finden oder noch erprobt werden.
Flüssigkeitsraketen bringen außerdem einige Vorteile mit sich. Transport, Aufbewahrung und die Beförderung der Treibstoffe aus den Vorratsbehältern in die Brennkammer sind relativ einfach. Die Treibstoffzufuhr kann nach Belieben eingestellt und die Antriebsperiode dadurch beendet werden. Es ist sogar möglich, innerhalb bestimmter Grenzen die Treibstoffzufuhr und damit die Schubkraft der Rakete zu regeln. Schließlich lassen sich die Treibstoffe als Kühlmittel verwenden.
Bei der Verbrennung der Treibstoffe in der Brennkammer entstehen Temperaturen von etwa 2000–4000 °C und darüber. Man kann die Brennkammer durchaus mit einem gewaltigen Schweißbrenner vergleichen. Welcher Stoff könnte auf die Dauer diesen Temperaturen widerstehen?
Auch sehr hitzebeständige Metalle wie Iridium, Molybdän, Tantal und Wolfram schmelzen schon bei Temperaturen von weniger als 3400 °C. Einige Metallkarbide vertragen zwar höhere Hitzegrade, Tantal- und Hafniumkarbid sogar 4150 °C, aber in der Praxis kann man nicht mit diesen Temperaturen rechnen, weil die Stoffe schon bei geringeren Temperaturen weich werden. Außerdem zersetzen sie sich durch die Einwirkung der Verbrennungsgase.
Es liegt gewiß nicht in der Absicht der Raumfahrer, daß die Wände ihrer Triebwerke unter der Wirkung der Feuergase wie Butter in der Pfanne dahinschmelzen. Darum ersinnt Ziolkowski eine sehr brauchbare Art der Kühlung. Er umgibt Brennkammer und Düse mit einer Hülle und leitet durch den Zwischenraum den Brennstoff hindurch. Die von der inneren Brennkammer- und Düsenwand aufgenommene Wärme wird sofort an die vorbeiströmende Flüssigkeit abgegeben. Dadurch steigt die Temperatur nicht über die zulässige Grenze. Die Wärme, die der Brennstoff aufnimmt, geht nicht verloren, denn der vorgewärmte Brennstoff gelangt in die Brennkammer und wird verbrannt.
Ziolkowski denkt sogar an eine doppelte Kühlung, bei der in einem zweiten Kühlmantel der flüssige Sauerstoff zirkuliert.



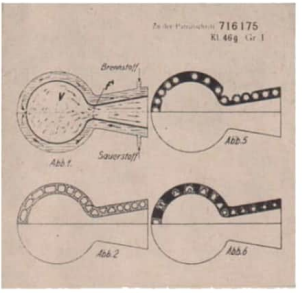
Die Umlaufkühlung nach Ziolkowski ist die Grundlage der modernen Kühlverfahren. In der Abbildung oben sind die vier Methoden schematisch dargestellt, mit denen heute hauptsächlich gearbeitet wird.

Die erste Art der Kühlung kennen wir bereits von den Pulverraketen. Jede Brennkammer braucht eine bestimmte Zeit, um die Wärme der Feuergase aufzunehmen und sich bis auf die für sie gefährlichen Temperaturen zu erhitzen. Entscheidend ist hier die Wärmeaufnahmefähigkeit der Brennkammerwände. Deshalb nennt man diese Art der Kühlung kapazitive Kühlung. In der Praxis erreicht diese Methode schnell ihre Grenzen, denn man kann nicht, um die Wärmeaufnahmefähigkeit zu erhöhen, die Brennkammerwände beliebig dick bauen. Neuerdings hat man aber verschiedene Kniffe entdeckt, wie man mit der kapazitiven Kühlung auch längere Brennzeiten bewältigen kann. Doch davon später!

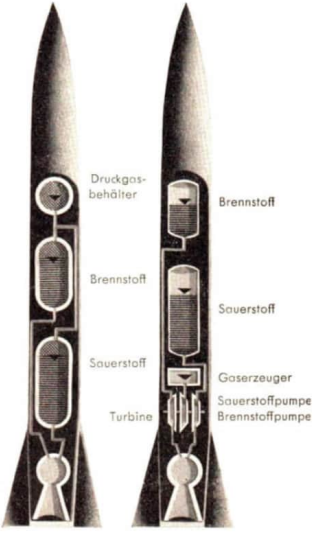
Die zweite Art der Kühlung erlaubt nahezu beliebig lange Brennzeiten. In Prüfstandversuchen haben Flüssigkeitstriebwerke, die mit der Ziolkowskischen Umlaufkühlung ausgerüstet waren, schon mehr als eine Stunde lang ununterbrochen zuverlässig gearbeitet. Mit der Erfindung der Umlaufkühlung löst Ziolkowski die wichtige technische Aufgabe, eine Brennkammer für lange Brennzeiten zu schaffen, mit denen allein hohe kosmische Geschwindigkeiten ohne übermäßige Belastung der Passagiere erreicht werden können.

Seine Methode wird später noch verbessert. Damit wirklich jede Stelle der inneren Brennkammerwand ausreichend gekühlt wird, kann man die gesamte Brennkammer und die Düse aus Rohren herstellen, die spiralig nebeneinander gewickelt werden. Der kühlende Brennstoff fließt durch das Rohr und verhindert, daß an irgendeiner Stelle die Brennkammerwand zu wenig gekühlt wird und durchschmilzt. Die gleiche Wirkung läßt sich durch Schneckengänge erreichen, die in den Kühlmantel oder die innere Brennkammerwand eingearbeitet werden. Der österreichische Raketenforscher Eugen Sänger ließ sich 1935 die zwangsläufige Umlaufkühlung patentieren.

Die dritte Art der Kühlung geht von der Umlaufkühlung aus. Ein Teil der zur Kühlung benutzten Treibstoffkomponente gelangt durch eine Anzahl feiner Bohrungen



Zwangsläufige Umlaufkühlung nach Sänger



Flüssigkeitsraketen mit Druckgas- und mit Pumpenförderung (Schema)

in der inneren Brennkammerwand oder durch seitliche Schlitze am Einspritzkopf aus dem Kühlmantel in die Brennkammer und bildet hier einen feinen Schleier, einen Film, der die Wand vor der direkten Einwirkung der Feuergase schützt. Diese Verbesserung geht auf den Raketenforscher Hermann Oberth zurück. Seine Idee wurde zunächst aber nicht in Raketen zur Erforschung des Weltraums, sondern in der faschistischen Kriegsrakete V2 zu Terrorangriffen auf dichtbesiedelte Wohngebiete verwendet.

An Stelle der mit Bohrungen versehenen inneren Wand können seit der Erfindung der Sinterwerkstoffe auch poröse Wände eingesetzt werden. Hier tritt ein Teil des Treibstoffes überall durch die Wandung und bedeckt die innere Oberfläche mit einer sehr gleichmäßigen Grenzschicht. Man kann sie mit der Schweißabsonderung des menschlichen Körpers bei Hitzeeinwirkung vergleichen. Deshalb nennt man die vierte Art der Kühlung auch Schwitzkühlung. Alle drei Kühlverfahren für lange Brennzeiten gehen im Grunde auf die Ziolkowskische Umlaufkühlung zurück.

Wie gelangen nun die Treibstoffe aus den Vorratsbehältern in die Brennkammer? Bei der Pulverrakete besteht dieses Problem nicht. Hier befindet sich der gesamte Treibstoff in der Brennkammer. Die Treibstoffe einer Flüssigkeitsrakete werden hingegen erst unmittelbar vor der Verbrennung in die Brennkammer befördert. Dort herrscht während der Verbrennung ein Druck von etwa 15 bis 50 Atmosphären. Des-

oben: Schema einer Brennkammer für flüssige Treibstoffe

Die vier Diagramme darunter veranschaulichen Druck, Gasgeschwindigkeit, Temperatur und Wärmeübergang in den verschiedenen Bereichen der Brennkammer und der Düse

halb muß die Treibstofförderung unter einem noch höheren Druck erfolgen. Heute verwendet man hauptsächlich zwei Fördersysteme.

Bei einfachen und kleineren Raketen wendet man die Druckgasförderung an. In einem Hochdruckbehälter wird ein chemisch neutrales Gas mitgeführt oder auch erzeugt, das mit dem notwendigen Überdruck in die Treibstoffbehälter eintritt und die Treibstoffe aus ihren Behältern in die Brennkammer preßt. Die ersten einfachen Flüssigkeitsraketen benutzen alle die Druckgasförderung. So einfach sie auch ist – in der Praxis besitzt sie den Nachteil, daß die Treibstoffbehälter noch höhere Drücke aushalten müssen als die Brennkammer und entsprechend schwer werden.

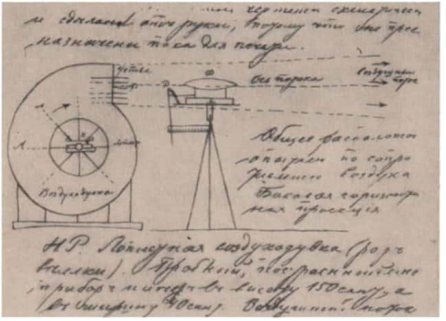
Ziolkowski will den erheblichen Gewichtsaufwand durch Pumpenförderung verkleinern. Bei ihr brauchen die Behälterwände gerade so stark gebaut sein, daß sie dem Gewicht der Flüssigkeiten während der Beschleunigung standhalten. Sie können darum sehr leicht sein. Die Gewichtseinsparung wird aber zum Teil wieder aufgehoben, weil jetzt das Gewicht der Brennstoff- und Sauerstoffpumpen hinzukommt, außerdem noch das Gewicht des Antriebsmotors für die Pumpen.

Ziolkowski schlägt Kolbenpumpen vor, die durch Elektromotoren betrieben werden. Die Entwicklung der Technik bringt jedoch später neue Voraussetzungen für die praktische Lösung. In den modernen Raketen fördern von Spezialturbinen angetriebene Kreiselpumpen höchster Leistung die riesigen Flüssigkeitsmengen, oft viele hundert Liter in der Sekunde. Ziolkowski beachtet auch so komplizierte Fragen wie die der Gemischaufbereitung. Eine große Zahl von Versuchen wird später der Un-

tersuchung nur dieser Frage gewidmet werden. Ziolkowski schlägt vor, in die Brennkammer ein Mischgitter mit schrägen Lamellen einzubauen, damit die Treibstoffe fein zerteilt und gemischt werden. Das Gemisch wird zuerst durch einen elektrischen Glühstift, später durch das inzwischen glühend gewordene Gitter gezündet. In der Praxis erweist sich das Gitter als überflüssig, doch erkennen wir auch an diesen Vorschlägen die Umsicht des Gelehrten. Ein Raumschiff braucht ein Triebwerk, das nicht nur abgestellt, sondern bei Bedarf auch wieder in Betrieb gesetzt werden kann. Mit der Glühstiftzündung findet Ziolkowski eine erste Lösung, zu der sich in der weiteren Entwicklung noch eine Reihe anderer gesellen.
An den Entwürfen Ziolkowskis fällt uns stets die Länge der Düsen auf. Dadurch soll die Wärmeenergie der Gase möglichst vollständig in Bewegungsenergie umgesetzt werden. Der Gelehrte berührt damit ein Problem, das ebenfalls später Gegenstand umfangreicher theoretischer und praktischer Forschungen ist.
Wir haben den Umfang der Vorschläge Ziolkowskis für eine Rakete mit flüssigen Treibstoffen hier nur andeuten können. Unsere kurzen Betrachtungen zeigen jedoch, daß der Gelehrte die wichtigen Probleme erkannte und technische Lösungen fand, die sich in der Praxis bewähren und Grundlage für den Bau der modernen Raketentriebwerke sind. Es gibt nicht wenige Leute, die seine bahnbrechenden Arbeiten totschweigen und seine unbestrittene Priorität unerwähnt lassen. Nationale Überheblichkeit, Chauvinismus und die Überreste nazistischen Rassedünkels wollen es nicht wahrhaben, daß ausgerechnet ein Russe die moderne Raketentechnik begründete. Die Wahrheit paßt nicht in ihre Ideologie, deshalb scheuen sie vor Geschichtsfälschungen nicht zurück. Das kann an den Tatsachen nichts ändern.

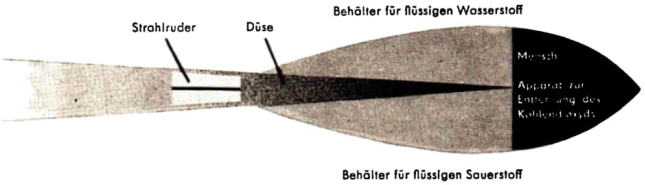
Die Raketenfluggeräte Ziolkowskis

Wir verdanken Ziolkowski nicht nur die Theorie der Raketenbewegung und die Erfindung der Flüssigkeitsrakete. Seine Entwürfe für Raumschiffe, die bis ins vorige Jahrhundert zurückreichen, enthalten einige bahnbrechende Erkenntnisse und Vorschläge, deren praktischer Wert erst in unseren Tagen in ihrem ganzen Ausmaß erkennbar wird.
Seinen ersten Entwurf stellt Ziolkowski im Jahre 1898 fertig, zwei Jahre nach dem Absturz Otto Lilienthals mit einem Gleitflugzeug. Veröffentlicht wird er 1903, im gleichen Jahre, in dem die Brüder Wright ihre ersten kurzen Flüge unternehmen. Die wenigen Autos, die zu dieser Zeit über die Straßen rumpeln, weisen ebensowenig wie die Fluggeräte Lilienthals und Wrights Formen auf, die den Luftwiderstand vermindern. Ziolkowski aber will seinen Raumschiffen zuerst spindelförmige Rümpfe geben. Einige Jahre später geht er zur Tropfenform über, der günstigsten Form eines Fahrzeuges im Bereich unterhalb der Schallgeschwindigkeit.
Diese Formgebung ist nicht das Produkt eines plötzlichen Einfalls, sondern langer Forschungen auf dem Gebiete der Aerodynamik, der Wissenschaft von den Bewegungsgesetzen der Gase. Man darf Ziolkowski mit zu den Begründern der experimentellen Aerodynamik zählen. Seine Arbeiten finden den Beifall von hervor-

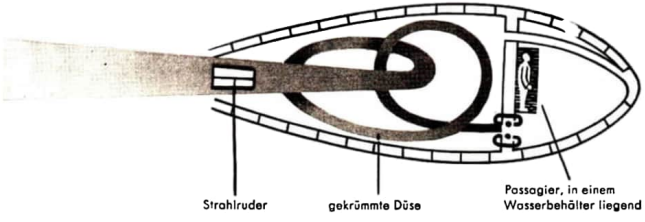


Windkanalzeichnung Ziolkowskis

ragenden Gelehrten wie A. G. Stoletow und N. J. Shukowski. Mit selbstgebauten Windkanälen ermittelt Ziolkowski in Hunderten von Versuchen die Gesetze des Luftwiderstandes. So kommt er zu der Stromlinienform seiner Raumschiffe. Wenn die heutigen Raumraketen eine andere Form aufweisen, so liegt es nicht daran, daß sich Ziolkowski irrte, sondern an der Tatsache, daß bei Überschallgeschwindigkeit andere Formen günstiger sind. Wer aber dachte um die Jahrhundertwende schon an Überschall-Windkanäle? Solche Geräte gibt es erst seit etwa zwanzig Jahren.
Ziolkowski will durch einen erhöhten Innendruck die Biegefestigkeit der dünnen Metallrümpfe erhöhen. Dieses Konstruktionsmerkmal erlangt in jüngster Zeit eine große Bedeutung, weil es den Leichtbau der Raketenzelle ermöglicht und so höhere Ziolkowskizahlen erreichen läßt.
Der Entwurf aus dem Jahre 1898 gibt uns einen Überblick über die Bestandteile eines Raumschiffes und die Aufteilung des Raumschiffinneren. Außer den Brennstoff- und Sauerstoffbehältern sehen wir das Triebwerk mit Düse und Strahlruder sowie eine Kabine, die nicht nur für den Aufenthalt des Piloten, sondern auch für die Unterbringung von wissenschaftlichen Geräten gedacht ist. Dazu gehören unter anderem Kreiselgeräte, die in Verbindung mit den Strahlrudern die Lenkung des Raumschiffes ermöglichen, ferner eine Anlage zur Abscheidung des Kohlendioxyds aus der Atemluft. Dieser Entwurf enthält also bereits wesentliche Einzelheiten einer modernen Raumrakete.
In späteren Entwürfen entwickelt Ziolkowski sein Raumschiff weiter. Interessant ist ein aus dem Jahre 1914 stammendes Projekt. Es läßt das Bemühen erkennen, alle Möglichkeiten für einen sicheren Flug auszuschöpfen. Zu diesem Zweck soll die lange Düse die Form mehrerer ringförmiger Windungen erhalten, die in zwei zueinander senkrecht liegenden Ebenen im Raumschiff angebracht sind. Dadurch sollen die Gasteilchen mit ihrer ungeheueren Geschwindigkeit wie die Teile von zwei zueinander senkrecht angeordneten Kreiseln wirken und die Flugstabilität des Gerätes erhöhen. Diesen Plan läßt Ziolkowski allerdings recht bald wieder fallen.

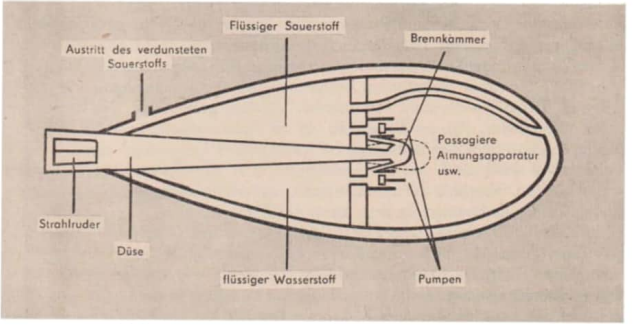


Raumschiffentwurf von Ziolkowski aus dem Jahre 1898 (veröffentlicht 1903)



Raumschiffentwurf (1914)

Raumschiffentwurf (1915)



Von großem Interesse sind zwei andere neue Gedanken. Ziolkowski erkennt, daß sich die Raumschiffwand durch Luftreibung aufheizen wird – ein Problem, das später eine wichtige Rolle spielt, und findet eine grundsätzliche Lösung. Er gibt dem Raumschiff eine doppelte Außenwandung. In dieser soll Sauerstoff zirkulieren und die Erhitzung des Raumschiffes durch die Reibung vermindern, genauso wie die hochbeanspruchte Wandung des Raketentriebwerkes durch den Treibstoff so weit gekühlt wird, daß das Material, schwer schmelzbares Wolfram, den Gastemperaturen zu widerstehen vermag. Schließlich zeigt der Entwurf von 1914 noch einen anderen bemerkenswerten Vorschlag. Ziolkowski legt seinen Raumschiffpiloten während der Antriebsperiode in einen Behälter mit einer Flüssigkeit, damit er die zeitweise Gewichtserhöhung besser übersteht. Mit dieser eigenartigen Methode und ihren Hintergründen werden wir uns noch besonders zu beschäftigen haben.

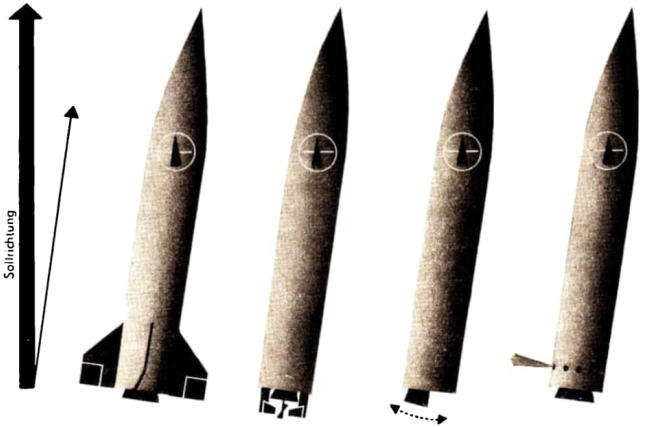
1915 kehrt Ziolkowski wieder zu der kegelförmigen geraden Düse zurück. Neben der Düse sind die Brennkammer und die Förderpumpen eingezeichnet.

Wie sehr sich Ziolkowski in die Problematik hineinzudenken vermag und schwierige Aufgaben prinzipiell löst, geht aus seinen Vorschlägen für eine automatische Lenkung der Raumraketen hervor. Nicht nur unbemannte Registrierraketen, sondern auch Raumschiffe sollen mit einer Anlage ausgerüstet werden, die Abweichungen vom geplanten Flugweg ausschaltet. Ziolkowski weiß, daß der Raumfahrer während der Antriebsperiode vollauf mit sich selbst beschäftigt und nicht in der Lage sein wird, unverzüglich die notwendigen Steuerungsmanöver mit ausreichender Genauigkeit auszuführen. Hinzu kommt die relativ geringe Nervenleitgeschwindigkeit, mit der ein Nerv einen Reiz an das Gehirn weitergibt. Deshalb sieht er für sein Raumschiff eine Anlage vor, die es auf dem vorberechneten Kurs hält und jede Abweichung berichtigt. Zu diesem Zweck benutzt er eine Methode, die er bereits für seine schon erwähnten Projekte von Flugapparaten entwickelt hat.

Schnell rotierende Kreisel zeigen das Bestreben, die Lage ihrer Achsen beizubehalten. Hängt man einen solchen Kreisel in einem Flugzeug oder Raumschiff kardanisch, also nach allen Richtungen frei beweglich auf, so folgt seine Achse nicht den Richtungsänderungen des Fahrzeuges. Jede Abweichung kann dadurch erkannt werden. Elektrische Vorrichtungen messen Stärke und Art der Abweichung und veranlassen selbständig das Eingreifen von Steuerorganen, die den geplanten Kurs wieder herstellen. Diese Vorrichtung, 1893 von Ziolkowski ausgearbeitet, hat sich in der Folgezeit als Autopilot oder Kurssteueranlage sowohl bei Flugzeugen als auch bei Raketen gut bewährt. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil der Programmlenkung und aus der modernen Technik nicht mehr fortzudenken. Später erfindet sie der Amerikaner Sperry noch einmal, aber zu dieser Zeit hat sie Ziolkowski nicht nur für Flugzeuge erdacht, sondern auch ihre Bedeutung für Raketen und Raumschiffe erkannt.

Der Gelehrte weiß auch, wie die Messungen in Richtungsänderungen umgesetzt werden können. Innerhalb der Lufthülle kann man wie bei Flugzeugen Luftruder verwenden. Leider funktioniert sie erst, wenn das Fahrzeug eine Mindestgeschwindigkeit erreicht hat. Die zuerst von Ziolkowski angegebenen Strahlruder arbeiten unabhängig von der Umgebung des Fahrzeuges und bei jeder Geschwindigkeit. Sie ragen in den Gasstrahl des Raketentriebwerkes hinein und können auch im Weltraum verwendet werden. Deshalb nennt man sie auch Raumruder.

Heute werden hauptsächlich vier Methoden benutzt, um die Richtung der Rakete



Abweichungen der Rakete von der Sollrichtung können behoben werden durch a – Luftruder, b – Strahlruder, c – schwenkbare Brennkammer, d – Hilfstriebwerk

während der Brennzeit der Triebwerke nach einem bestimmten Programm zu ändern oder Richtungsänderungen entgegenzutreten. Außer den Luft- und Strahlrudern können schwenkbare Brennkammern (nach Kibaltschitsch) oder besondere Hilfstriebwerke eingesetzt werden.

Neben der Kreiselanlage entwirft Ziolkowski noch ein anderes Verfahren, bei dem die Sonne oder ein „Leitstern" dem Raumschiff mit unübertrefflicher Genauigkeit die Richtung weist. Die 1929 veröffentlichte Methode bedient sich der Eigenschaft des Elementes Selen, bei Lichteinwirkung seine Leitfähigkeit für den elektrischen Strom zu ändern. Die Einrichtung besteht aus einer optischen Anlage und einer Anzahl Selenzellen, mit deren Hilfe Abweichungen von der eingestellten Richtung auf den Leitstern automatisch festgestellt und ausgeglichen werden. Unter dem Namen „Astronavigation" setzte sich dieses Verfahren für bestimmte Zwecke in der Praxis durch, allerdings nicht immer für den von Ziolkowski angegebenen Zweck, den Flug zu den Sternen zu erleichtern. So benutzen es die Amerikaner für die Lenkung ihrer unbemannten Fernbomber vom Typ „Snark". Jedoch zeigen zahlreiche Irrläufer bei den Probeflügen der „Snark", daß es den USA noch nicht gelungen ist, alle technischen Schwierigkeiten dieses Verfahrens zu meistern.

Ein ähnliches Richtsystem, wie es Ziolkowski vorschlug, stellte den Fotoapparat der 3. kosmischen Rakete auf die Rückseite des Mondes ein.

Unermüdlich untersucht Ziolkowski nicht nur die Probleme des Triebwerkes und der Ausrüstung von Raumschiffen. Seine theoretischen Untersuchungen zeigen ihm, daß es besonderer zusätzlicher Mittel bedarf, um mit den verfügbaren Treibstoffen kosmische Geschwindigkeiten zu erreichen. Seine schöpferische Phantasie findet jenen Weg, der heute fast jedem Schulkind bekannt ist, noch vor dreißig Jahren aber zum Objekt heftiger wissenschaftlicher Auseinandersetzungen und Meinungsverschiedenheiten wurde.

Eigentlich ist das technische Mittel schon seit langem bekannt. Der polnische Artilleriegeneral Casimir Simienowicz beschreibt in seinem Buch über die Geschütz- und Feuerwerkskunst bereits im 17. Jahrhundert mehrstufige Pulverraketen. Alte Lehrbücher der Feuerwerkerei empfehlen die „kombinierten Raketen": „Da diese Art von Raketenkombination bedeutend höher steigt als die kräftigste einfache Rakete, so dürfte sie besonders dazu geeignet sein, auf sehr weite Entfernungen Feuersignale zu übermitteln." Im Jahre 1911 läßt sich sogar André Bing in Belgien ein Patent auf die Verwendung des Stufenprinzips für Geräte erteilen, die „die Erforschung der hohen Schichten der Atmosphäre unabhängig von der Dichte der Luft" gestatten sollen.

Man erkennt leicht die Ursache für die besondere Wirksamkeit der Stufenrakete. Vergleichen wir den Aufstieg zweier gleichgroßer Raketen, von denen die eine als Einstufenrakete, die andere als Dreistufenrakete gebaut ist! Bei der dreistufigen Rakete wird der Treibstoff der zweiten Stufe nur noch zur Beschleunigung der zweiten und dritten Stufe benutzt, nicht aber zur Beschleunigung der leergebrannten ersten Stufe. Diese wurde, nachdem sie alle drei Stufen auf eine bestimmte Geschwindigkeit beschleunigt und damit ihre Aufgabe erfüllt hatte, als nunmehr überflüssiger Ballast abgetrennt. Ebenso kommt die Treibstoffenergie der dritten Stufe ausschließlich ihr selbst zugute, wird also nicht mehr unnützerweise dazu verwendet, die nicht mehr notwendigen Raketenteile der unteren Stufen auf eine größere Geschwindigkeit zu bringen. Demgegenüber muß die Einstufenrakete auch jene Teile beschleunigen, die längst leer und überflüssig geworden sind. Deshalb kann sie nicht so hohe Geschwindigkeiten wie die Mehrstufenrakete erreichen.

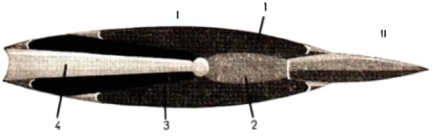
Die exakte wissenschaftliche Berechnung der Mehrstufenraketen ist erst mit der Ziolkowskigleichung möglich, aus der sich die für mehrstufige Geräte geltenden Formeln ohne weiteres ableiten lassen.

Wie bei seinen anderen Arbeiten läßt es Ziolkowski nicht bei theoretischen Erwägungen bewenden. 1913 gibt er an, wie das Stufenprinzip in der Praxis verwirklicht werden kann. Die übereinandergestellten Raketen haben sich bereits als Trägerraketen für Meßsatelliten, Raumsonden und Raumschiffe gut bewährt.

Nach Ziolkowski lassen sich derartige Raketen mit bodenfesten Startgeräten kombinieren. Auch diese besondere Art der Mehrstufenrakete nennt Ziolkowski einen „kosmischen Zug" oder „Raketenzug". Tatsächlich haben diese **Züge** etwas mit Eisenbahn**zügen** zu tun. Bei seinen vielseitigen Untersuchungen stößt Ziolkowski auch auf das Problem des Schnellzuges für Höchstgeschwindigkeiten. Er fragt sich, ob man Bodenfahrzeuge beim Start von kosmischen Raketen einsetzen kann. Daraus ergibt sich die zweite Frage, ob die Geschwindigkeit von Bodenfahrzeugen mit

Dreistufige Rakete nach Simienowicz

„Raketenkombination" – aus einem alten Feuerwerksbuch von August Eschenbacher



Zweistufige Rakete nach Ziolkowski
I – erste Stufe, 1 – Behälter für Oxydationsmittel, 2 – Treibstoffpumpen, 3 – Brennstoffbehälter, 4 – Düse, II – zweite Stufe

Rädern unbegrenzt gesteigert werden kann. Diese Frage verneint Ziolkowski. Bei zu hoher Geschwindigkeit müssen die Räder durch die Fliehkraft zerreißen. Diese Erfahrung veranlaßt übrigens später den Raketenforscher Valier, seine Experimente mit Räderfahrzeugen einzustellen und sich dem Raketenschlitten zuzuwenden.
Ziolkowski findet auch hier einen neuen Weg. Er entwirft einen Schnellwagen, der auf einem wenige Millimeter starken Druckluftpolster in einer Stahlmulde mit riesiger Geschwindigkeit dahingleiten kann. In der Sowjetunion werden jetzt experimentelle Forschungen darüber angestellt. Für Ziolkowski ist der Schnellwagen nur eine Nebenerfindung, die für die Raumfahrt deshalb von Interesse ist, weil sie die Verwendung einer bodengebundenen Startrakete hoher Geschwindigkeit gestattet.
Die Startrakete soll auf einem Druckluftpolster gleiten. Vorn besitzt sie eine Öffnung, in die das Raketenschiff vor dem Start eingesetzt wird. Dahinter befinden sich die Treibstoffbehälter und die Raketentriebwerke der Startrakete. Sie beschleunigen das Raketenschiff auf eine hohe Geschwindigkeit. Sodann löst sich das Schiff von der Startrakete und kann nun mit eigener, noch unverbrauchter Kraft seine Geschwindigkeit auf sonst nicht erreichbare Werte steigern. Die Startrakete wird durch zusätzliche Luftbremsen und den Widerstand der jetzt freiliegenden Bugöffnung auf einer kurzen Bahnstrecke zum Stillstand gebracht.
Wie brauchbar das Prinzip einer bodengebundenen Startrakete ist, geht daraus hervor, daß es der Raketenforscher Eugen Sänger in seinen Plänen verwendet. Er empfiehlt es 1941 in einer geheimen Abhandlung „Über einen Raketenantrieb für Fernbomber" seinen Auftraggebern. Sänger schlägt den deutschen Faschisten seinen

Luftschraube

Druckluftpolster

Muldenförmige Stahlbahn

Schnellwagen nach Ziolkowski

Startrakete nach Ziolkowski

Fernbomber als eine besonders wirkungsvolle Waffe für ihren Aggressionskrieg vor. Der Bomber soll durch die Ziolkowskische Startmethode in die Lage versetzt werden, die Fackel des imperialistischen Raubkrieges in Form einer tödlichen Bombenlast von 30 Tonnen an jeden Ort der Erde zu tragen. Die Schläge der Roten Armee verhinderten, daß der mörderische Plan Sängers von den Faschisten verwirklicht werden konnte.

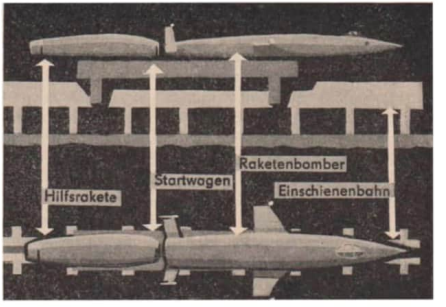
Immer wieder zeigt es sich: Die gleiche Erfindung kann dem Menschen Nutzen, aber auch unermeßlichen Schaden bringen. Es kommt darauf an, ob sie den Interessen von Ausbeuterklassen dient oder der Klasse, die die Ausbeutung beseitigt.

Solche Einsichten kann man nicht von Menschen erwarten, die den Ausbeutern dienen. Uns wundert es auch nicht, wenn sie die Wahrheit sogar verfälschen. Unverfroren schreibt die „Hannoversche Presse" im Oktober 1957 zum Start des Sputnik 1, die sowjetische Trägerrakete stütze sich auf die Pläne Sängers für seinen Fernbomber. Nach der Methode „Haltet den Dieb!" soll auf diese Weise jener Staat verleumdet werden, der in der friedlichen Erschließung des Weltraums getreu dem Vermächtnis Ziolkowskis alle anderen Staaten hinter sich gelassen hat.

Nach dieser notwendigen Abschweifung wollen wir eine weitere Möglichkeit nennen, wie sich kosmische Geschwindigkeiten durch das Stufenprinzip erreichen lassen. Ziolkowski schlägt den Gruppenflug von Raketenschiffen vor, die, nachdem sie eine bestimmte Geschwindigkeit und Höhe erreicht haben, noch vorhandene Treibstoffe an die eigentliche Raumrakete abgeben können. Diese setzt nun mit vollen Behältern ihre Fahrt fort. Der von Ziolkowski zuerst angegebene Gruppenflug spielt bei den Plänen eine große Rolle, die Wernher von Braun vor einigen Jahren für Mond- und Marsexpeditionen erarbeitet hat. Allerdings „vergißt" auch von Braun zu erwähnen, daß er auf Grundlagen baut, die der Vater der Raumfahrt mit seinen Vorarbeiten geschaffen hat.

Neben diesen Varianten des Stufenprinzips entwickelt Ziolkowski weitere Möglichkeiten für den interplanetaren Flug. Er erkennt, welche Bedeutung künstliche Erdsatelliten haben werden. Als Zwischenstationen werden sie der künftige Ausgangs-

Startrakete nach Sänger
(1941, Geheime Komandosache)



punkt für die Expeditionen der Raumfahrer sein. Dort sollen jene Treibstoffvorräte angesammelt werden, die den interplanetaren Raketen weite Reisen im Sonnensystem ermöglichen.

Wie sich Ziolkowski die künftigen interplanetaren Reisen vorstellt, werden wir in einem späteren Abschnitt erfahren. Mehr als 580 Arbeiten gehen aus seiner Feder hervor, und nahezu alle Bereiche der Raketentechnik und Raumfahrt werden von ihm behandelt. Immer wieder treffen wir auf die Spuren seiner Arbeit, auf grundlegende Vorschläge. Bis ins hohe Alter dauert seine fruchtbare Tätigkeit an. Allein in den letzten achtzehn Jahren seines Lebens vollendet er 450 Manuskripte. Das ist kein Zufall. Die Fürsorge und Anerkennung der Sowjetmacht beflügelt die Schaffenskraft des greisen Gelehrten.

„Den größten Teil meines Lebens habe ich im Dunkel des Zarismus, unter schwierigen Bedingungen gearbeitet." Diese Worte schreibt Ziolkowski nach dem Siege der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution, die auf einem Sechstel der Erde für immer die Ausbeutung und Unterdrückung der werktätigen Massen beseitigt. Unter der Führung der Partei der Bolschewiki befreien sich die Arbeiter und Bauern vom Joch der Kapitalisten und Gutsbesitzer. Ihr Kampf befreit auch die Wissenschaft von den Fesseln der Ausbeutergesellschaft.

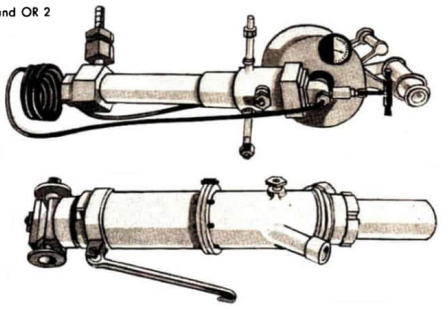
Sehr bald spürt Ziolkowski die großen Veränderungen, die der Sieg des Proletariats auch für seine persönliche Arbeit bringt. 1919 wird ihm die erste Würdigung seines Werkes zuteil. Es ist das gleiche Jahr, in dem der amerikanische Präsident Wilson ein Programm zur Vernichtung der Sowjetmacht propagiert und die Truppen von vierzehn imperialistischen Staaten auf sowjetischem Boden gegen die junge Arbeiter- und Bauernmacht kämpfen, um die Herrschaft der Kapitalisten zu erneuern. Große Teile des Sowjetlandes sind von den Eindringlingen besetzt. Aber weder der Überfall der Imperialisten und der Terror der Konterrevolution noch Hunger und Rohstoffmangel können die Sowjetmacht stürzen. Millionen von Arbeitern und Bauern folgen dem Rufe der Partei der Bolschewiki: „Das sozialistische Vaterland ist in Gefahr!"

Fast aussichtslos erscheint die Lage des Sowjetlandes, als Ziolkowski zum ersten Mal eine offizielle Ehrung erfährt. Die Sozialistische Akademie der Wissenschaften wählt den Vater der Raumfahrt zu ihrem Mitglied.
Die Bolschewisten nehmen sich seines Werkes an. J. Rjabtschikow berichtet uns darüber: „In dem schweren Hungerjahr, als der Bürgerkrieg tobte, als es an allem mangelte, an Brot, an Holz, an Medikamenten und an Papier, klopfte jemand bei Ziolkowski an. Er öffnete und sah Soldaten und Arbeiter in Mänteln und Jacken vor sich. Die unerwarteten Gäste standen, nachdem sie ihre Mützen gezogen hatten, an der Tür und verneigten sich. Und dann trugen die schwieligen Hände der Arbeiter und Soldaten jene Manuskripte in die Druckerei, die vor der Revolution nicht das Licht der Welt erblicken konnten. Sie gaben auch jene Arbeiten heraus, die Ziolkowski vor der Revolution mit seinen eigenen, beschränkten Mitteln hatte drucken lassen. Und später saßen die Menschen in Soldatenmänteln und Arbeiterkitteln, ohne sich von ihren Gewehren zu trennen, im kalten Saal und lauschten begierig den Lektionen des ‚Träumers von Kaluga'."
Beglückt stellt der Gelehrte fest: „Jetzt weiß ich, daß ich nicht mehr allein bin." Die Erfahrungen seines Lebens verdichten sich zu der Überzeugung: „Nur mein großes proletarisches Land, nur meine Heimat kann die Menschen erziehen und unterstützen, die die neue Menschheit kühn zum Glück und zum Frohsinn führen."

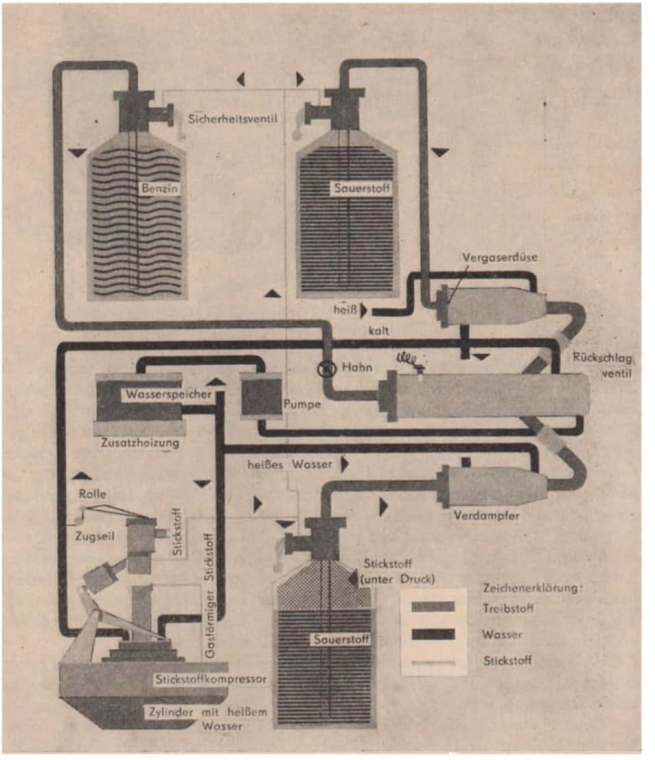
Friedrich Arturowitsch Zander

Ziolkowskis Arbeiten und Pläne erhalten nicht nur durch diese Unterstützung und Anerkennung einen gewaltigen Auftrieb. Es finden sich Männer, die seine Gedanken verbreiten und weiterentwickeln.
Einer der aktivsten unter ihnen ist der Moskauer Ingenieur Friedrich Arturowitsch Zander. Seine Überlegungen reichen bis in das Jahr 1908 zurück. Als einundzwanzigjähriger Student eines technischen Institutes wendet er sich den Grundproblemen des interplanetaren Verkehrs zu. Er untersucht, wie die Schwerkraft überwunden werden kann, und befaßt sich mit Berechnungen über die Gasströmung aus Behältern. Später werden ihm die Arbeiten Ziolkowskis bekannt, und er bereichert die junge Wissenschaft der Raumfahrt durch eigene und originelle Vorschläge.
1920 trägt er der Gouvernementskonferenz der Erfinder in Moskau seine Entwürfe vor. Sie finden das Interesse Lenins, der an dieser Konferenz teilnimmt. „Dort versprach mir Wladimir Iljitsch Lenin Unterstützung", schreibt Zander in seiner Autobiographie. „Danach arbeitete ich intensiv weiter mit dem Ziel, ein ausgereiftes Projekt zu entwickeln."
Nicht ohne Grund wird Zander zum Bahnbrecher der geflügelten Rakete und des Raketenflugzeuges. Er ist Flugzeugingenieur und arbeitet mehrere Jahre als Gehilfe des Chefkonstrukteurs in der Flugzeugfabrik „Motor", sodann als Oberingenieur im Zentralen Konstruktionsbüro „Avia-Trust" und schließlich im Institut für Flugzeugmotorenbau. Seine reichen beruflichen Erfahrungen kommen der Forschung zugute; er wendet sie schöpferisch an und verbindet Flugzeug- und Raketentechnik mit-

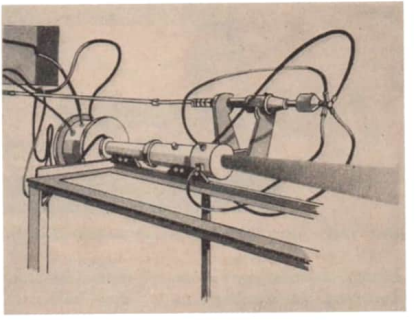
Zanders Raketentriebwerke OR 1 und OR 2



einander. Damit er seine Forschungsarbeiten beschleunigen kann, erhält er die Möglichkeit, zeitweise für mehrere Monate ausschließlich zu Hause zu arbeiten. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen legt er in einer Reihe von Abhandlungen nieder.
Zander sieht die Hauptaufgabe darin, astronautische Geschwindigkeiten mit möglichst geringem Treibstoffverbrauch zu erreichen. Seine Lösungen verbinden die Vorzüge des Stufenprinzips mit den Besonderheiten der verschiedenen Antriebsverfahren. Als Sternenfahrzeug schlägt Zander eine Kombination von Flugzeug und Rakete vor. Das Raumschiff soll wie ein Flugzeug mit Tragflächen, Leitwerk und Luftschraubenmotoren ausgerüstet werden. Die dichteren Schichten der Atmosphäre durchsteigt es wie ein Flugzeug und nutzt dabei die Tragfähigkeit der Flügel und die Schubkraft der Propeller aus. Der Sauerstoff für den Luftschraubenmotor wird der umgebenden Luft entnommen und braucht nicht mitgeschleppt zu werden. Dadurch vermindert sich in dieser Etappe des Aufstiegs der Treibstoffverbrauch um etwa 70%. Erst in höheren Schichten, in denen der übliche Flugzeugmotor, die Luftschrauben und Tragflächen unwirksam werden, setzt der Raketenantrieb ein.
Dieser Plan Zanders hat gegenwärtig praktische Bedeutung gewonnen. So erfolgt die Erprobung von Hochleistungs-Raketenflugzeugen häufig in der Weise, daß große Trägerflugzeuge mit dem Raketenflugzeug lösbar verbunden werden und bis zur Grenze ihrer Steigfähigkeit in die Stratosphäre vorstoßen. Erst dort, wo ein weiterer Aufstieg mit Turbinenstrahltriebwerken nicht mehr möglich ist, wird das Raketenflugzeug freigegeben. Als eine Art zweiter Stufe setzt es mit den eigenen, von der Außenluft unabhängigen Raketentriebwerken den Aufstieg fort und kann dadurch wesentlich größere Höhen und Geschwindigkeiten erreichen.
Zander will den Treibstoffbedarf noch auf zwei andere Arten vermindern. Er schlägt vor, in den Triebwerken der Rakete zusätzlich metallische Brennstoffe zu verwenden. 1928 bestätigt er seine Berechnungen durch praktische Versuche. Auch dieser Zandersche Vorschlag hat heute erhebliche Bedeutung erlangt. Metalle wie Magnesium und Aluminium, Lithium und Beryllium, ferner auch das Nichtmetall Bor liefern bei ihrer Verbrennung etwa doppelt soviel Wärme wie Benzin und Alkohol. Setzt man den üblichen flüssigen Brennstoffen Metall in äußerst feiner Form zu, so erhält man

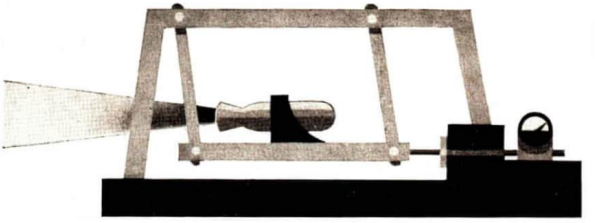


Schema der Raketenversuchsanlage Zanders (1932)



Zanders Triebwerk OR 2 auf dem Prüfstand

sogenannte Metalldispersionen, die einen höheren Heizwert haben und deshalb auch eine höhere Ausströmungsgeschwindigkeit ergeben. Durch einen Zusatz von 30% Metall gelingt es, den Treibstoffverbrauch um 10–20% zu senken. Allerdings kann man den Metallanteil nicht beliebig vergrößern.
Metallpulver und Flüssigkeit lassen sich nicht in jedem Verhältnis zu einer praktisch verwendbaren Metalldispersion mischen. Sodann ergibt sich eine besondere Schwierigkeit durch die höhere Verbrennungstemperatur, die einerseits besondere Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit der Brennkammer- und Düsenwände stellt, zum anderen eine teilweise Aufspaltung der Verbrennungsprodukte bewirkt. Mit wachsender Temperatur zerfallen in zunehmendem Maße insbesondere die Verbrennungsprodukte der Kohlenwasserstoffe wieder in ihre Bestandteile. Die Aufspaltung (Dissoziation) verläuft also entgegengesetzt zur Verbrennung. Sie verbraucht Energie, wodurch die Bewegungsenergie und damit die Ausströmgeschwindigkeit der Verbrennungsprodukte wieder absinkt. Diese recht komplizierten Vorgänge setzen der Verwendung von metallischen Beimengungen gewisse praktische Grenzen.
Die metallischen Zusätze zeichnen sich auch durch ihre etwas größere Dichte aus. Deshalb lassen sich mehr Brennstoffe im gleichen Behälterraum unterbringen und höhere Ziolkowskizahlen erreichen. Neuerdings haben Metallbeimischungen auch für die modernen Nachkommen der Pulverraketen, die Feststoffraketen, Bedeutung gewonnen. Einige Treibsätze für Feststofftriebwerke enthalten 10–15% Aluminiumpulver. Dadurch sollen diese Triebwerke Gasgeschwindigkeiten von über 2500 m/s ergeben.
Nebenbei sei erwähnt, daß auch die Zanderschen Metalldispersionen in dem schon erwähnten Geheimbericht Sängers „Über einen Raketenantrieb für Fernbomber" eine große Rolle spielen. Doch die „Hannoversche Presse" (und nicht nur diese) übersieht, daß die Sängerschen Vorschläge von dem Sowjetbürger Zander stammen, und behauptet, der sowjetische Sputnik verdanke seinen Aufstieg Sänger.



Schema eines Raketenprüfstandes: Messung der Schubkraft einer Rakete

Zander verbindet den Gedanken, metallische Brennstoffe zu verwenden, mit dem Vorschlag, die überflüssig gewordenen Teile des Raumschiffes als Brennstoff zu benutzen. Tragflächen und Luftschraubenmotore würden also nach Gebrauch nicht abgeworfen, sondern in den Raketenkörper gezogen und geschmolzen. Ihr Material soll zugleich mit den anderen Brennstoffen in die Brennkammer eingespritzt und mit flüssigem Sauerstoff verbrannt werden.

Der Moskauer Ingenieur gehört zu den ersten sowjetischen Forschern, die zu praktischen Versuchen mit Flüssigkeitsraketeten übergehen. In den Jahren 1930 und 1931 entwickelt und erprobt er das Raketentriebwerk OR 1, das mit Benzin und gasförmigem Sauerstoff betrieben wird und eine Schubkraft von 5 kp erzeugt. Die Bezeichnung „kp" werden wir noch oft benutzen. Ein Kilopond ist die Kraft, mit der ein Liter Wasser in Meereshöhe und in mittleren geographischen Breiten auf seine Unterlage drückt. Die Schubkraft einer Rakete wird in Kilopond angegeben, und man bestimmt sie mit Hilfe eines Raketenprüfstandes. Dabei drückt die brennende Rakete gegen eine Federwaage oder eine Kraftmeßdose.

Bei seinem zweiten Triebwerk, OR 2, geht Zander zu flüssigem Sauerstoff über. Das Gerät soll 50 kp Schubkraft entwickeln und ist bereits für ein Versuchsflugzeug bestimmt. Der Bau des neuen Triebwerkes wird ihm durch die GIRD emöglicht, der „Gruppe zum Studium der Reaktivbewegung" beim Zentralen sowjetischen Ossoaviachim in Moskau. An der Bildung der Moskauer GIRD hat Zander bedeutenden Anteil. Im April 1932 beginnt Zander offiziell mit der Arbeit in der GIRD, die ihm große Hilfe bei der Grundlagenforschung gibt. Zander wird Leiter einer besonderen Brigade, die das Triebwerk OR 2 herstellt. Am 23. Dezember 1932 wird OR 2 fertig, und am 18. März 1933 beginnen die Brennversuche. Sie finden in Abwesenheit Zanders statt.

Trotz der umfangreichen organisatorischen Arbeit beim Bau des Triebwerkes hat Zander seine wissenschaftlichen Forschungen nicht unterbrochen. Durch den starken Kräfteaufwand verschlechtert sich sein Gesundheitszustand. Hinzu kommt eine Typhusinfektion, der sein angegriffener Körper nicht mehr gewachsen ist.

Am 28. März 1933 stirbt der verdienstvolle Forscher in Kislowodsk.

Der Tod des fünfundvierzigjährigen Raumfahrtpioniers bedeutet nicht das Ende dieser Arbeiten. Inzwischen haben sich in der Sowjetunion die jungen Enthusiasten der Raumfahrt zusammengeschlossen.

In opferreicher Arbeit beseitigen die Sowjetmenschen die schweren Schäden, die Krieg und Intervention der Wirtschaft des Landes zufügten, bauen eine Schwerindustrie auf und holen in wenigen Jahren eine Entwicklung nach, zu der die anderen europäischen Länder fünfzig bis hundert Jahre brauchten. Im Kampf gegen das Analphabetentum und die Unwissenheit der Volksmassen, denen die herrschenden Klassen einstmals den Zugang zur Bildung versperrt hatten, leistet der „Ossoaviachim" eine wichtige Arbeit. Dieser „Verband der Gesellschaften zur Förderung der Verteidigung, des Flugwesens und der Chemie in der UdSSR" wird 1927 gegründet und hilft bei der Vermittlung von Kenntnissen. Zu seinen vielfältigen Aufgaben gehören auch die Vorarbeiten zur Erforschung der Stratosphäre. Der Verband wird zu einem bedeutenden Sammelpunkt der Schüler Ziolkowskis.

In den Jahren zuvor haben sich an verschiedenen Technischen Hochschulen des Landes Arbeitsgemeinschaften von Ziolkowskischülern gebildet. Die Veröffentlichungen Ziolkowskis, Zanders und anderer Forscher, zahlreiche öffentliche Vorträge und Vorlesungen sind nicht ohne Wirkung geblieben. Bereits 1924 wird in Moskau mit aktiver Unterstützung Felix Dsershinskis die „Gesellschaft zur Erforschung der interplanetaren Verbindungen" gegründet, die mithilft, die Pläne der Astronauten zu popularisieren. An der Shukowski-Ingenieurakademie für Militärflugwesen in Moskau entsteht im gleichen Jahr der Zentrale Forschungsausschuß für Raketenprobleme, dem namhafte Wissenschaftler wie Ziolkowski, Zander, Wetschinkin, Lapirow-Skoblo, Zagut, Kotelnikow, Rynin, Tschischewski, Seyliger und Gorochow angehören. Im Herbst 1928 öffnet die „Erste Internationale Ausstellung für Raumfahrt" in Moskau ihre Pforten. Der Leningrader Professor Nikolai Alexejewitsch Rynin gibt in den Jahren nach 1928 sogar ein neunbändiges Sammelwerk über Raumfahrt heraus – eine Arbeit, die bis heute nicht ihresgleichen gefunden hat und über 1600 Seiten und fast 1000 Abbildungen enthält. Immer mehr Menschen beschäftigten sich mit astronautischen Problemen.

Die Schüler Ziolkowskis schließen sich innerhalb des Verbandes Ossoaviachim zu besonderen Abteilungen zusammen. 1931 entstehen in Moskau und den großen Städten der Sowjetunion die „Gruppen zum Studium der Reaktivbewegung" (russ. Группа Изучения Реактивного Движения), die GIRD. Die großen Gruppen in Moskau (MOSGIRD) und in Leningrad (LENGIRD) zählen bald Hunderte von Mitgliedern.

Die GIRD beginnen mit der Verwirklichung eines umfangreichen Programms, das der Verbreitung und Entwicklung der Raketentechnik und des Raumfahrtgedankens dient. Das Stufenprogramm sieht vor:

1. Öffentliche, allgemeinverständliche Vorträge von Spezialisten über die neuesten Leistungen auf raketentechnischem Gebiet;
2. Seminare, verbunden mit praktischen Arbeiten und Versuchen, in zwei Schwierigkeitsstufen, u. a. Vorlesungen über folgende Themenkreise: Theorie der Rückstoßbewegung, Verbrennungsprozesse bei Raketen, Gasströmung aus Düsen, Raketentreibstoffe, Wärmeberechnungen für Raketen, Treibstofförderung, Stabilisierungsfragen;

3. Systematische Kurse für die Hörer der höheren technischen Lehranstalten;
4. Veröffentlichung populär- und fachwissenschaftlicher Abhandlungen über Raketentechnik und Astronautik;
5. Bau einfacher Pulverraketen, Durchführung von Modellversuchen;
6. Verwendung von Raketen für den Flugzeugstart;
7. Verwendung von Raketen für die wissenschaftliche Untersuchung und Erforschung der Atmosphäre;
8. Entwicklung und Bau von Flüssigkeitsraketen.
9. Errichtung eines wissenschaftlichen Forschungsinstituts für das Studium der Raketenprobleme.

Das Programm der GIRD überrascht durch seine Aktualität und seinen Umfang, aber auch durch die Sachlichkeit und Gründlichkeit, mit der an die Schaffung von Grundlagen herangegangen wird. Es ist ein Programm auf weite Sicht, ein Plan zur Entwicklung von Kadern, und damit ein Grundstein für die Praxis der sowjetischen Raketentechnik, für die Trägerraketen von Sputniks, Luniks und Raumschiffen.
In jenen Jahren, in denen die Sowjetbürger in angestrengter Arbeit die Grundlagen für den Aufbau des Sozialismus schaffen, türmen sich berghoch die Schwierigkeiten vor der Gruppe von Ziolkowskischülern, die an die Entwicklung eines Flüssigkeitstriebwerkes herangehen. K. Leonidow, Kandidat der technischen Wissenschaften, berichtet uns darüber:
„Als das kleine Kollektiv von zwölf oder fünfzehn Enthusiasten die Arbeit aufnahm, war von Romantik wahrlich wenig zu spüren. Es galt zunächst einmal, Räume zu finden, in denen man arbeiten konnte. Moskau war überfüllt. Schließlich richtete sich die Gruppe in der Nähe des Sadowoje Kolzo in einem feuchten, kalten und dunklen Keller ein. Irgendwo trieben sie ein paar eigentlich für den Schrottplatz reife Werkzeugmaschinen auf. Es fehlte an Metall, an Schneidwerkzeugen; Meßgeräte waren überhaupt nicht vorhanden, und mit Geld war das Kollektiv alles andere als im Übermaß gesegnet. Die kleine Gruppe wurde oft bespöttelt. Eines Tages kamen die jungen Mechaniker Worobjow, Awdonin, Frolow und Fjodorow und fragten, ob sie vielleicht gebraucht werden. Ziolkowski hätte sie mit seinen Ideen ‚angesteckt', und jetzt wollten sie ebenfalls Raketen bauen.
Sie erhielten die Antwort: ‚Geld haben wir wenig, wir können euch auf keinen Fall so viel bezahlen, wie ihr an eurem früheren Arbeitsplatz bekommen habt.'
‚Nun, wenn es daran liegt', meinten die vier lachend, ‚dann zahlt nur das, was ihr könnt. Wir sind nicht zum Geldverdienen hergekommen.' Und so blieben sie. So war es auch mit den Konstrukteuren Kolbassina, Kruglowa, Wewer und Parowina. Viele der damaligen Sorgen sind heute längst vergessen, doch ich weiß noch gut, mit wieviel Liebe zur Sache und wie zuversichtlich das junge Kollektiv mit der Konstruktion und dem Bau von Raketentriebwerken und Flüssigkeitsraketen begann. Es wurde von einem unermüdlichen, entschlossenen Menschen mit einer unerschöpflichen Energie geleitet. Mißlang wieder einmal ein Versuch, ermunterte er die Niedergeschlagenen mit einem Scherzwort.
Und der Ermunterung bedurfte es allerdings oft. Besonders im ersten Jahr konnte die Gruppe auf ihrem Weg zum Ziel buchstäblich nur tastend vorwärtsgehen. Schließlich hatte sich bisher niemand mit dieser Aufgabe befaßt; es gab niemanden, bei

dem man sich Rat holen, von dem man lernen konnte. K. E. Ziolkowski entwickelte als erster Wissenschaftler der Welt seine Theorie der Raketentechnik. Wie sollte man diese Theorie aber in der Praxis anwenden?
Mit den ersten Raketen war es schon sehr schnell nach dem Zünden wieder vorbei. Das Material hielt die 3000 °C, die in der Brennkammer entstanden, einfach nicht aus. Wie konnte man das Triebwerk kühlen?
Die Ausströmgeschwindigkeit des Gases mußte mindestens 2500 m/s erreichen. Das gelang nicht.
Ein technisches Problem zog ein anderes nach sich, und manchmal war alles so verworren, daß man glaubte, keinen Ausweg zu finden. Nur die Opferbereitschaft, Zähigkeit und manchmal eine wahrhaft unvorstellbare Anspannung des Geistes und Willens führten zum Erfolg.
Nach all diesen Schwierigkeiten wird man den Jubel des kleinen Kollektivs begreifen, als endlich nach vielen Fehlschlägen die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete in den Himmel stieg.
Konstantin Ziolkowski war damals 76 Jahre alt. Er war zutiefst bewegt, als er endlich die Nachricht von dem ersten gelungenen Raketenstart erhielt."
Mit Recht nennt Leonidow diese Rakete den Urahn der Weltraumrakete. Von ihr stammen in gerader Linie die mächtigen Trägerraketen der sowjetischen Sputniks, Luniks und Raumschiffe ab. Die erste sowjetische Flüssigkeitsrakete, die am 17. August 1933 bis in eine Höhe von 4,5 km steigt, ist knapp 2,5 m lang und hat einen Durchmesser von 16 cm. Ihr Startgewicht beträgt 20 kp, und das Triebwerk erzeugt einen Schub von 65 kp. Ihre Nutzlast besteht aus Meßgeräten, und sie dient, wie ihre Nachfolger, dem einen Ziel: der Forschung. Zwei Jahre später erreicht eine andere sowjetische Rakete eine Höhe von 12 km. Im nächsten Jahr wird das Startgewicht auf 97 kp gesteigert. Am 5. April 1936 steigt eine Flüssigkeitsrakete auf, die mehr als 3 m lang ist.

Füllen der Rakete mit Treibstoff

Die Konstrukteure und Arbeiter, die die ersten meteorologischen Raketen der Sowjetunion erbauen, sammeln in der MOSGIRD ihre ersten Erfahrungen. Manchen der Namen, die Leonidow in seinem Bericht erwähnt, finden wir später in Meldungen über die sowjetische Raketenentwicklung wieder. Unter der Leitung des Raketenforschers Michael Klawdijewitsch Tichonrawow leisten diese Männer und Frauen eine Pionierarbeit, mit der sie den künftigen Schritt ins Weltall vorbereiten.

Robert Hutchins Goddard

Zur gleichen Zeit, als Ziolkowski seinen ersten Entwurf für eine Raumrakete fertigstellt, liest in Boston (USA) der junge, von der Schwindsucht geschwächte Robert Goddard mit Begeisterung die Romane von Jules Verne und H. G. Wells. Doch jeden physikalischen Fehler der phantasiebegabten Autoren vermerkt er gewissenhaft am Rande.

Sein Studium verläuft ohne materielle Entbehrungen. Solche Hungerjahre wie die Ziolkowskis hätte der anfällige Goddard auch kaum überstanden. Als Lehrer für Experimentalphysik an der Universität Princeton beschäftigt er sich 1912 zum erstenmal mit Raketen. Er untersucht den Wirkungsgrad gewöhnlicher Schiffsrettungsraketen und kommt zu dem Ergebnis, daß bei ihnen nur 3% der Pulverenergie ausgenutzt werden.

Goddard stellt sich die Aufgabe, diesen Wert zu verbessern, und beginnt mit systematischen Forschungen. Ihm stehen die Laboratorien der Universität Princeton, später der Clark Universität in Worcester zur Verfügung. Seine Lehrtätigkeit nimmt ihn wenig in Anspruch. Zwar sind auch Goddards Möglichkeiten beschränkt, aber doch ausreichend für eine erfolgreiche praktische Arbeit.

Es gelingt ihm, mit rauchlosem Pulver eine Ausströmgeschwindigkeit von 2400 m/s zu erreichen. Dieses Ergebnis verdankt er in erster Linie der Verbesserung der Düse. Nachdem er zunächst relativ einfache Konstruktionen untersuchte, befaßt er sich mit der Aufgabe, wie man verbesserte Raketen für die Höhenforschung einsetzen kann. 1915 mißt er den Schub kleiner Pulverraketen in einem Hochvakuumrohr. Entsprechend den theoretischen Erwartungen kann er feststellen, daß die Raketen auch im Vakuum funktionieren. Ihr Schub ist sogar etwas größer als unter normalem Luftdruck, denn erst im Vakuum können die Gasteilchen völlig ungehindert aus der Düse strömen.

Im Jahre 1919 berichtet Goddard der Smithsonian Institution, die seine Forschungen mit einigen tausend Dollar unterstützte, in einer Abhandlung vom Ergebnis seiner Arbeiten. „A method of reaching extreme altitudes" (Eine Methode zur Erreichung großer Höhen) ist ihr Titel. In dieser Arbeit diskutiert Goddard unter anderem auch die Möglichkeit, eine Stufenrakete mit einer Nutzlast von 1 kg Blitzlichtpulver zum Mond zu schicken und deren Auftreffen durch starke Fernrohre zu beobachten.

Seine Abhandlung wird veröffentlicht und fällt auch den Zeitungsredakteuren in die Hände, die sich die Gelegenheit nicht entgehen lassen und weidlich ausschlachten. Riesenschlagzeilen auf den ersten Seiten der amerikanischen Zeitungen berichten

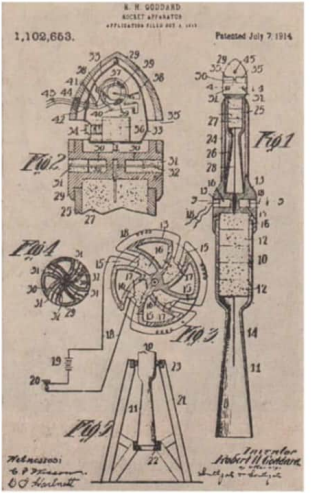
Robert Hutchins Goddard (1882–1945)

von den Plänen des Mannes, der glaubt, seine Raketen könnten den Mond erreichen. Goddard ist plötzlich berühmt geworden, offenbar sehr zu seinem Verdruß. Ihm ist die „publicity" zuwider, und er verschließt sich nun völlig jeder Anteilnahme oder Neugier.

Man nennt ihn einen Geheimnistuer und ergeht sich in allerlei Vermutungen. Zuweilen erinnern sich die Presseleute des Raketenforschers. Doch aus dem Physikprofessor ist nichts herauszubekommen. Also saugen sich die Zeitungsleute Nachrichten aus den Fingern. Sie schreiben von Raketen, die nach dem Maschinengewehrprinzip Pulverladungen in rascher Folge in die Brennkammer einführen und zünden (Goddard hatte einmal diese Möglichkeit angedeutet), von Fernraketen, die Sprengstoffe und Giftgase über Hunderte von Kilometern transportieren können und eine furchtbare Waffe in den Händen des USA-Kriegsministeriums seien.

In Wirklichkeit hat Goddard während des ersten Weltkrieges im Auftrage der USA-Marine die Konstruktion von Signalraketen verbessert und später einen Raketenwerfer gebaut, den er im November 1918 dem USA-Waffenamt vorführt. Zwanzig Jahre später erinnert man sich der Goddardschen Raketenwaffe und entwickelt aus ihr die „Bazooka", eine Panzerabwehrwaffe für die Infanterie. Alle sonstigen Gerüchte erweisen sich als unwahr. Auch die Goddardsche Mondrakete, die im Jahre der großen Marsopposition, der größten Annäherung der Erde an den Mars, 1924, das Blitzlichtexperiment durchführen soll, bleibt aus, denn die Meldungen über Vorbereitungen dazu sind nichts anderes als Zeitungsenten. Man sieht, die USA-Presse kann in dieser Beziehung auf eine lange Tradition zurückblicken.

Alle diese Sensationsmachereien haben nur das Ergebnis, daß sich der zurückhaltende und schweigsame Gelehrte noch mehr abkapselt. Von seinen weiteren



Goddards erste Flüssigkeitsrakete im Startgestell, daneben Goddard

Patentschrift Goddards aus dem Jahre 1914

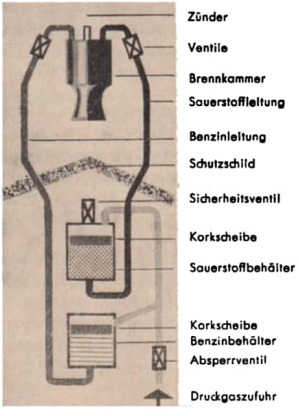
Arbeiten erfährt man kaum etwas. Seine Versuchsprotokolle und Theorien werden erst nach seinem Tode (1945) von der Witwe Goddards veröffentlicht.
Lediglich ein einziger Bericht erscheint noch zu seinen Lebenszeiten, eine schmale Broschüre von 10 Druckseiten Umfang mit dem Titel „Liquid-propellant rocket development" (Entwicklung der Flüssigkeitsrakete). 1936, ein Jahr nach dem Tode Ziolkowskis, mehrere Jahre nach dem Aufstieg der ersten Flüssigkeitsraketen in Europa, schildert diese Arbeit die Bemühungen Goddards um eine Rakete, deren Leistungsfähigkeit die seiner Pulverrakete übertreffen sollte.
Seit 1920 experimentiert Goddard mit flüssigen Treibstoffen. Ebenso wie Ziolkowski denkt er zunächst an Wasserstoff und Sauerstoff, dann an Methan und Sauerstoff, um sich schließlich in der praktischen Arbeit der Treibstoffkombination Benzin und Sauerstoff zuzuwenden. 1923 führt Goddard Prüfstandversuche durch. Nach einigen mißglückten Versuchen startet drei Jahre später, am 16. März 1926, seine erste Flüssigkeitsrakete. Heulend steigt sie etwa 12 Meter hoch und fliegt in 2,5 Sekunden etwa 60 Meter weit. Im Aufbau zeigt das Gerät eine große Ähnlichkeit mit anderen ersten Flüssigkeitsraketen, die in jenen Jahren in verschiedenen Ländern Europas auf den Zeichenbrettern der Raketenenthusiasten entworfen werden. Doch die Welt erfährt erst 1936 die Nachricht vom Start dieser ersten Flüssigkeitsrakete.
Goddard geht bald zu größeren Raketen über. Mehrmals hat er Pech. 1929 fliegt eine 3,3 Meter lange Rakete 27 Meter hoch und 54 Meter weit. Im nächsten Jahr steigt eine Goddardrakete bis in 600 Meter Höhe. Schließlich gelingt am 31. Mai 1935,

wenige Monate vor dem Tode Ziolkowskis, der Aufstieg einer 38 kg schweren und 4,5 Meter langen, kreiselstabilisierten Rakete. 2285 Meter beträgt die größte Höhe, die Goddards Raketen erreichen.

Goddard merkt, daß die Arbeitskraft und das Wissen eines einzelnen Menschen nicht mehr ausreichen, alle technischen und wissenschaftlichen Probleme zu lösen, die sich im Laufe der praktischen Entwicklung ergeben. In den folgenden Jahren befaßt er sich damit, verschiedene Einzelheiten der Raketenkonstruktion zu bearbeiten. 1945 stirbt er an den Folgen einer Kehlkopfoperation.

Wenige Monate nach seinem Tode erbauen die Amerikaner ihre große Versuchsstation für Raketen, White Sands Proving Grounds. Sie liegt in der Wüste Neu-Mexiko, nur hundert Kilometer vom Startort der letzten Goddardraketen entfernt. Aber nicht die Goddardschen Raketen werden dort weiterentwickelt, sondern die Raketen aus Übersee, die samt den Forschungsberichten, den Archiven und auch den Raketenforschern erbeutet wurden. US-Brigadegeneral Toftey, Leiter der amerikanischen Geschoßforschung des USA-Waffenamtes, erklärt: „Wir waren blutige Anfänger, als mein Stab die V2-Raketen aus Deutschland herübergebracht hatte. Diese vermittelten uns derart grundlegende Erfahrungen, daß wir mehr als fünf Milliarden Dollar und zehn Jahre Forschungs- und Entwicklungsarbeit sparten."

Ihre Raketenforschung bauen die USA auf den Ergebnissen der faschistischen deutschen Raketenforschung auf. Sie stützen sich auf Männer wie Wernher von Braun, Walter Dornberger und Krafft Ehricke, nicht aber auf ihren Landsmann, den Physikprofessor Robert Hutchins Goddard. Die Namen jener Männer, die im Dienste Hitlers ihre Erfahrungen sammelten, sind heute in den USA in aller Munde.



Schema der ersten Goddardrakete (1926)

Große Goddardrakete – Startvorbereitungen

Doch wer von den Amerikanern kennt den amerikanischen Pionier der Raketentechnik? Vor wenigen Jahren, zehn Jahre nach seinem Tode, nennt ihn eine der größten amerikanischen Zeitschriften einen „vergessenen Erfinder, über den sich Presse, öffentliche Meinung und Militärs in den Vereinigten Staaten lustig machten, dessen Name und Leistung aber weitgehend unbekannt geblieben sind".

Hermann Oberth

Im Jahre 1923 erscheint in Deutschland ein Buch, das mit folgenden Sätzen beginnt:

„1. Beim heutigen Stande der Wissenschaft und der Technik ist der Bau von Maschinen möglich, die höher steigen können, als die Erdatmosphäre reicht.
2. Bei weiterer Vervollkommnung vermögen diese Maschinen derartige Geschwindigkeiten zu erreichen, daß sie – im Ätherraum sich selbst überlassen – nicht auf die Erdoberfläche zurückfallen müssen und sogar imstande sind, den Anziehungsbereich der Erde zu verlassen.
3. Derartige Maschinen können so gebaut werden, daß Menschen (wahrscheinlich ohne gesundheitlichen Nachteil) mit emporfahren können.
4. Unter gewissen wirtschaftlichen Bedingungen kann sich der Bau solcher Maschinen lohnen. Solche Bedingungen können in einigen Jahrzehnten eintreten.

In der vorliegenden Schrift möchte ich diese vier Behauptungen beweisen."

Wer die Arbeiten Ziolkowskis kennt, dem sagen sie nichts Neues. Oder doch? Ziolkowski hat niemals die Einschränkung gemacht: „... unter gewissen wirtschaftlichen Bedingungen ..." Er vertrat stets die Auffassung, daß die Erforschung des Weltraumes mit Raketen unter allen Umständen die Wissenschaft und das Leben der Menschen bereichern wird. Ansonsten sind uns die Gedankengänge nicht mehr unbekannt, die Hermann Oberth 1923 der Öffentlichkeit unterbreitet.

Als Oberth sein Buch schreibt, weiß er weder von dem Werk Ziolkowskis noch von der Arbeit Goddards. Er ist überzeugt, etwas völlig Neues geschaffen zu haben. Daß er sich irrte, erfährt er erst später. Die Deutschen, die sein Buch kaufen und lesen, erfahren es kaum, oder sie wollen es nicht zur Kenntnis nehmen. Ohne Zögern nennen deshalb viele Deutsche noch heute Hermann Oberth den „Vater der Raumfahrt", manche aus Unkenntnis, einige wider besseres Wissen und aus den gleichen Gründen, die sie zu der Behauptung veranlaßten, die Sputniks seien von Deutschen erbaut.

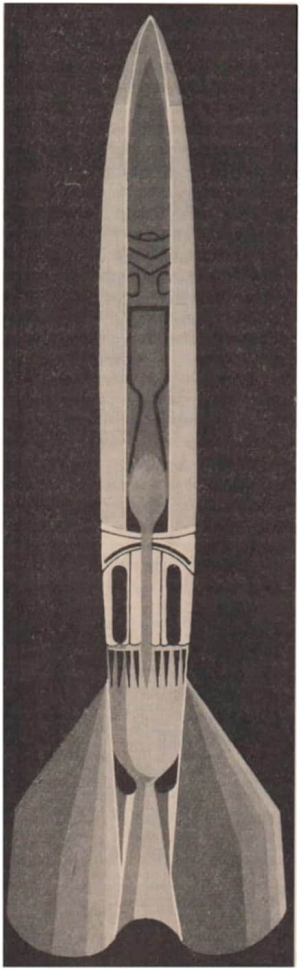
Hermann Oberth ist nicht der Vater der Astronautik. Aber mit seinem Werk „Die Rakete zu den Planetenräumen" gibt er 1923 den Startschuß zur Entwicklung der Raketentechnik in Deutschland. Wohin diese Entwicklung führte, wissen wir heute.

Ahnte Oberth damals, wem seine Pläne dienen, wozu sie die deutschen Imperialisten mißbrauchen würden? Sein Hauptwerk gibt uns darauf Antwort. 1929 erscheint in München als dritte und erweiterte Auflage seines Erstlingswerkes das Buch „Wege zur Raumschiffahrt". Oberth schreibt darin:

„Man hat schon von verschiedenster Seite bei mir angefragt, ob ich eine Rakete für möglich halte, die so 2000–3000 kg Blausäure oder sonst ein Giftgas im Kriegsfalle in

Hermann Oberth (geb. 1894)

die feindlichen Städte oder Stellungen zu tragen in der Lage sei. Ich persönlich wäre dem Zustandekommen einer solchen Waffe nicht ganz abgeneigt... Wie ich die politische Situation heute sehe, besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, daß es in 10–20 Jahren zu einem neuen Weltkrieg kommt...
Ich halte vorderhand meine Rakete für artilleristische Zwecke für ungeeignet. Möglich, daß es in 1–2 Jahrzehnten anders sein wird. Ich möchte das, wie gesagt, wünschen..."
Den älteren Lesern ist der Geist nicht unbekannt, der aus diesen Zeilen spricht. Von wem stammen die politischen Ansichten Oberths? Aus der Zeitschrift für Geopolitik, wie er selbst schreibt. Sie ist eines der Mittel, mit denen die deutschen Imperialisten ihre Ideologie verbreiten. Mit wissenschaftlicher Verbrämung begründen und rechtfertigen sie ihre Eroberungspläne, und Oberth nimmt das Gift in sich auf.
Hermann Oberth ist nicht nur durchaus damit einverstanden, daß die Flüssigkeitsrakete von den deutschen Imperialisten als Waffe entwickelt wird, er begünstigt auch diese Entwicklung. Im März 1918 schlägt er, der österreichische Staatsbürger, den Bau einer „Englandrakete" vor, die 10 Tonnen Sprengstoff mehrere hundert Kilometer weit tragen soll. Seinen Vorschlag schickt er nicht nach Wien, sondern nach Berlin! Nur das „reichsdeutsche" Kriegsministerium hält er für tatkräftig genug, die Städte Englands mit dieser Waffe zu zerstören. Doch für den ersten Weltkrieg kommt Oberths Plan zu spät. Elf Jahre später erscheint er den deutschen Welteroberern geeignet, den zweiten vorzubereiten, für den Oberth die Rakete 1929 erneut empfiehlt.
In den Jahren nach 1930 versucht Oberth mehrmals, die Reichswehr für seine Raketenpläne zu interessieren. Das ist ein nutzloses Bemühen, denn die deutschen



Militaristen haben schon längst mit Raketenversuchen begonnen, außerdem haben sie nicht die Absicht, einen Ausländer – Oberth ist damals rumänischer Staatsbürger – zu derart geheimen Versuchen heranzuziehen. Später, nachdem er die deutsche Staatsbürgerschaft angenommen hat, läßt man ihn zu. In Peenemünde, dem Zentrum der faschistischen Raketenforschung, arbeitet er unter anderem an Plänen für eine 90 Tonnen schwere dreistufige Großrakete, die in der Lage sein soll, die amerikanische Ostküste zu erreichen.

Dreizehn Jahre später, im Sommer 1955, finden wir ihn in Amerika, wo er als wissenschaftlicher Berater der Army Ballistic Missile Agency in Huntsville mit seinem früheren Schüler Wernher von Braun Raketen entwickelt, die zur Abwechslung diesmal für die umgekehrte Flugrichtung bestimmt sind. Wohlgemerkt, weder zu seinen Vorschlägen an das Reichswehrministerium noch zu seiner Reise über den Ozean wurde Oberth gezwungen.

Ebenso ging er 1950 aus freien Stücken nach Italien, um dort drei Jahre lang im Dienste der italienischen Kriegsmarine zu arbeiten und die Entwicklung einer Kriegsrakete abzuschließen, mit der er während des zweiten Weltkrieges bei der WASAG (der berüchtigten Westfälisch-Anhaltischen Sprengstoff-AG) nicht mehr fertig geworden war. Dieselbe Rakete hatte schon 1935 der Rumäne Oberth den deutschen Faschisten angeboten.

Am Anfang von Oberths Schaffen standen als leuchtende Ziele die „Rakete zu den Planetenräumen". Warum wurde Oberth diesem Ziele so untreu? Wir kommen der Antwort näher, wenn wir einige Abschnitte seines Lebensweges näher betrachten.

Oberths „Modell B" – zweistufige Höhenrakete

Wie Hunderttausende Jungen seines Alters liest auch der Schüler Hermann Oberth die Romane des Franzosen Jules Verne. Er macht sich Gedanken über die Mondkanone und den abenteuerlichen Flug der Romanhelden. Die Methode Vernes weckt seine Kritik. 1909 denkt sich der Fünfzehnjährige einen Apparat aus, der durch Schießbaumwolle nach dem Raketenprinzip getrieben werden soll. Aus dem Jahre 1912 stammt ein erster Plan für eine Wasserstoff-Sauerstoff-Rakete. Die Grundlagen erarbeitet er sich selbständig. In den Jahren 1918 bis 1922 baut er sie weiter aus.

In dieser Zeit berechnet er sein „Modell B", den Entwurf einer zweistufigen Forschungsrakete für eine Steighöhe von etwa 2000 km. Das Gerät besteht aus einer 5 Meter langen Alkohol-Sauerstoffrakete, in der als zweite Stufe eine Wasserstoff-Sauerstoff-Rakete untergebracht ist. Es soll in 5500 Meter Höhe von zwei Luftschiffen aus unter Benutzung einer weiteren Hilfsrakete starten.

Oberth muß sich zunächst fast nur auf theoretische Untersuchungen und Berechnungen beschränken. Seine Arbeiten führt er während des Studiums in München, Göttingen und Heidelberg „nebenbei" aus. Sein Buch, „Die Rakete zu den Planetenräumen", kann nur veröffentlicht werden, weil er einen großen Teil der Druckkosten aus seiner eigenen Tasche bezahlt.

Ständig spüren wir in seinen Werken die Furcht, um die Früchte seiner Arbeit betrogen zu werden. Vorsichtig behält er technische Lösungen, die ihm gelungen erscheinen, für sich und deutet sie nur an. Wiederholt stoßen wir auf Stellen wie: „Da die Sache noch nicht patentiert ist, muß ich vorderhand darüber schweigen." Die Entwürfe, die er diskutiert, sind oft nur Skizzen und zeigen konstruktive Schwächen, auf die Oberth selbst hinweist. Auch aus diesem Grunde werden seine Geräte zum Gegenstand heftiger Kritik und erschweren es, seinen Gedankengängen bei den Fachwissenschaftlern und Ingenieuren Gehör zu verschaffen. So hemmt Oberths verständliche Furcht vor der Konkurrenz die Verwirklichung seiner Ideen. Diese Konkurrenzangst ist nichts anderes als eine zwangsläufige Folge der Gesellschaftsordnung, in der Oberth lebt.

Zu welcher Haltung ihn die kapitalistische Gesellschaftsordnung zwingt, wenn er seinen Gedanken und Plänen Gehör verschaffen will, erfahren wir aus folgenden Worten Oberths: „Was meinen Ruf als ernstzunehmender Forscher anbetrifft, so habe ich ihn niemals anders angesehen, denn als Betriebskapital. Ähnlich wie z. B. ein Unternehmer, der sein Geld nicht in den Eisschrank legt, sondern es wieder in den Betrieb steckt, weil er hofft, daß ein verbesserter Betrieb später noch mehr einbringen wird, und der davon nur soviel zurückbehält, wie er für unmittelbare oder unvorhergesehene Ausgaben gerade braucht, so habe ich auch meinen wissenschaftlichen Ruf immer wieder aufs Spiel gesetzt."

Als Oberths erstes Buch erscheint, gibt es in Deutschland noch keine Fachleute dafür. Jenen Wissenschaftlern, die noch am besten in der Lage sein sollten, Oberths Pläne zu beurteilen, sind seine Gedankengänge so neu, so ungewohnt, daß sie Zeit, sehr viel Zeit brauchen, sich mit ihnen vertraut zu machen, sich an sie zu gewöhnen. Die Namen Ziolkowski und Goddard sind damals in Deutschland unbekannt.

Die Einwände der Gelehrten jener Zeit muten uns heute recht eigenartig an. Da gibt es Fachleute für flüssigen Sauerstoff, die allen Ernstes bestreiten, daß mit dieser Flüssigkeit Verbrennungen möglich seien, so, wie sich Oberth vorstellt: stetig und sicher, aber nicht explosionsartig. Andere wieder bezweifeln, daß eine Rakete im

Vakuum überhaupt brennen könne. Natürlich fehlen auch Leute nicht, die behaupten, im Vakuum könne der Rückstoß der Rakete nicht wirken.
Oberth möchte ihnen gern das Gegenteil beweisen. Aber dazu braucht man Geld und nochmals Geld. Jedenfalls mehr, als ein Gymnasialprofessor wie Oberth verdient. Die Leute, die genug davon haben, wären vielleicht bereit, Oberth Geld zu geben, aber nur, wenn es sich lohnt. Nicht etwa für die Wissenschaft, sondern für die Geldgeber! 20, 30, 40% Profit!
Aber kann man den von Höhenforschungsraketen erwarten? Kaum, zumindestens nicht in den nächsten zehn Jahren. Oberth schreibt ja selbst in seiner „Rakete zu den Planetenräumen", daß wirtschaftliche Bedingungen, unter denen sich der Bau solcher Maschinen lohnt, in einigen Jahrzehnten eintreten *können*. Die „Interessenten", mit denen Oberth im Herbst und Winter 1924 in Deutschland verhandelt, sind bessere Geschäfte gewöhnt, Geschäfte wie in den letzten Jahren, als sie sich auf Kosten der arbeitenden Bevölkerung durch betrügerische Spekulationen an der Inflation bereichern konnten. Sie lehnen ab.
Um eine Erfahrung reicher fährt Oberth in seine Heimat zurück, nach Rumänien, wo er als Gymnasialprofessor sein Brot verdient. Bis 1938 arbeitet er dort, von einigen Unterbrechungen abgesehen. Die Möglichkeiten für praktische Arbeiten sind bescheiden. Aber Oberth forscht unverdrossen weiter, immer bedrückt von der Furcht, irgendwo könne man seine Gedanken aufgreifen und ohne ihn verwirklichen. „Wer Flüssigkeitsraketen bauen will, wird sowieso gut tun, sich an die Leute zu wenden, die unter größten persönlichen Opfern die Vorarbeiten geleistet haben."
Andererseits quält ihn die Sorge, es möchte sich niemand finden, der sich für die praktische Verwendung der Flüssigkeitsrakete interessiert und bereit ist, Geld dafür zu opfern. Oberth hat eingesehen, daß er mit der Aussicht auf interessante Beobachtungen und Versuche im Weltraum und auf „weittragendste physikalisch-chemische Entdeckungen" mit bemannten Raumraketen keinen Kapitalisten hinter dem Geldschrank hervorlocken kann. Ebenso erfolglos sind seine Hinweise auf den Wert von Beobachtungsstationen im Weltraum. Weder völkerkundliche noch meteorologische Nutzungsmöglichkeiten sind genügend interessant. Auch der Hinweis auf ihren strategischen Wert „besonders bei Kriegsschauplätzen mit geringer durchschnittlicher Bewölkung" findet erst fünfundzwanzig Jahre später Anklang, und zwar bei James Forrestal, Staatssekretär für Verteidigung der USA und nachmaligen Selbstmörder, der für die Errichtung von Militärstützpunkten auf künstlichen Satelliten im Weltraum eintritt, sich aber unter der Wirkung der von ihm selbst geschürten Kriegspsychose aus dem Fenster eines Wolkenkratzers stürzt.
Oberth bemüht sich deshalb in seinem 1929 erscheinenden Hauptwerk darzulegen, wozu man Flüssigkeitsraketen verwenden kann. 1923 genügten ihm dazu fünf Seiten; jetzt braucht er über 240 Seiten. Neben Registrier- und Postraketen diskutiert er nun auch Raketengeschosse und Aufklärungsraketen. Er setzt sich gründlich mit Steuerungsfragen auseinander und legt dar, daß sich seine Geräte nicht nur als „Rakete zu den Planetenräumen" eignen, sondern auch „Fernraketen eine bemerkenswerte Treffgenauigkeit" geben. Da aber zu dieser Zeit die „Feinmechanik noch nicht in der Lage ist, die Steuerapparate in der nötigen Exaktheit" auszuführen, schränkt er ein: „Ich werde froh (! H. K.) sein, wenn ich auf Schußweiten von 1000 bis 2000 km bei Fernraketen eine Treffsicherheit von 10–20 km erreichen kann."

Unter diesen Umständen ist nun eine militärisch brauchbare Wirkung mit den damaligen chemischen Sprengstoffen ziemlich fraglich. Um aber trotzdem ins Geschäft zu kommen, legt er dar, daß diese Raketenprojektile auch Giftgase als Nutzlast transportieren können. Um empfindliche Gemüter zu beruhigen, behauptet er, daß „der Krieg mit Metallwaffen keineswegs humaner ist als der Gaskrieg". Er versucht zu begründen, womit ein solcher Verstoß gegen die Genfer Konvention zu rechtfertigen wäre. Sicher hätten die IG-Farben-Leute, die später für die Vernichtungslager Auschwitz und Maidanek Giftgase herstellten, oder die Propagandisten der „sauberen Wasserstoffbombe", der Neutronenbombe und des Bakterienkrieges ihre helle Freude an den pseudo-humanen Argumenten Oberths gehabt.
Oberth behandelt weiter eingehend die Raketenflugzeuge und bezeichnet es als ihren besonderen Vorteil im Kriegsfall, daß sie wegen ihrer hohen Geschwindigkeit unangreifbar sein würden. Aber alle Anbiederungsversuche nutzen Oberth selbst nichts. Unbestreitbar haben sie jedoch wesentlichen Einfluß auf die weitere Entwicklung in Deutschland. Im gleichen Jahr 1929, in dem sein Buch erscheint, erteilt Reichswehrminister Groener den Befehl, mit der militärischen Raketenforschung zu beginnen. Den deutschen Imperialisten, die bereits in diesen Jahren mit der Vorbereitung eines neuen Raubkrieges beginnen, kommen Oberths Hinweise recht.
Oberths Veröffentlichungen haben trotz ihres Mißerfolges bei den gestrengen Wissenschaftlern und erst recht bei den Geldleuten doch einige bemerkenswerte Wirkungen in der Öffentlichkeit. Wir verstehen ihr Ausmaß, wenn wir die damalige wirtschaftliche Situation betrachten. Nach den Erschütterungen der Wirtschaft in den ersten Nachkriegsjahren in Deutschland festigt sich der Kapitalismus durch Auslandsanleihen und Rationalisierung der Betriebe vorübergehend. Die Produktion steigt an, und in den Jahren 1924 bis 1929 setzt eine wirtschaftliche Scheinblüte ein. Reformistische SPD- und Gewerkschaftsführer versuchen den Massen einzureden, die zeitweilige Verbesserung der Lebenslage für einige Teile der Bevölkerung sei der Beginn des „friedlichen Hineinwachsens in den Sozialismus", der Anfang eines ständigen Aufstieges, der die Einigung der Arbeiter mit den Kapitalisten und eine „krisenfeste Wirtschaftsdemokratie" bringen würde. Diese Ablenkung von den Tagesfragen und die wirtschaftliche Scheinblüte schaffen günstige Bedingungen dafür, daß sich das Interesse vieler Menschen in zunehmendem Maße auch auf astronomische Fragen richtet.
Rückschauend können wir feststellen, daß die Jahre der wirtschaftlichen Scheinblüte genau mit der Scheinblüte der Raketentechnik und Astronautik in Deutschland zusammenfallen. Für die Verbreitung von Oberths Gedankengängen bestehen also objektiv günstige Voraussetzungen. Obgleich Oberths „Rakete zu den Planetenräumen" sehr nüchtern gehalten ist und eine auf den Laien geradezu abschreckend wirkende Anzahl mathematischer Formeln enthält, findet das Buch einen unerwartet guten Absatz. Bald wird eine zweite Auflage notwendig. Vergrößert wird das Interesse noch durch die große Marsopposition im August des Jahres 1924, bei der sich der Abstand zwischen Erde und Mars bis auf etwa 50 Millionen Kilometer verringert. „Marsmenschen" geistern durch die Zeitungen, und man diskutiert, wie man den Mars erreichen könne. Der Titel „Rakete zu den Planetenräumen" tut unter diesen Umständen ein übriges. Auch die zweite Auflage findet ihre Käufer.
Bald sind Oberths Bücher nicht mehr die einzigen in Deutschland, die sich mit den

Problemen des Sternenfluges und der Rakete befassen. In rascher Folge erscheinen einige mehr wissenschaftlich gehaltene Werke, eine Anzahl populärer Bücher und eine Flut von Raumfahrtromanen. An verschiedenen Stellen werden die ersten Raketenversuche ausgeführt, die von der Sensationspresse weidlich ausgeschlachtet werden. Enthusiasten gründen einen Verein für Raumschiffahrt, der eine eigene Vereinszeitschrift herausgibt. Max Valier propagiert durch Vorträge in vielen deutschen Städten die Pläne Oberths, und die ersten Nachrichten treffen ein, daß auch in anderen Ländern Forscher an den Problemen der Rakete und der Raumfahrt arbeiten. Die „Raketenjahre" haben begonnen.

Mancher ältere Leser wird sich noch an Ereignisse erinnern, die zu diesem Beinamen geführt haben. Mit atemberaubenden Meldungen sind die Zeitungen gefüllt. An die Stelle der Skandal- und Mordaffären treten Berichte über Raketenversuche. Den Zeitungskonzernen und Nachrichtenbüros ist die Abwechslung willkommen. Interessante Meldungen bringen mehr Leser und höhere Profite. Im übrigen hilft der Rummel um die Raketen den Redakteuren, die ihnen durch die Ausbeuterklasse gestellte Aufgabe besser zu erfüllen und die Leser von den brennenden Fragen des Tages abzulenken und sie einzulullen. Es sind nur wenige Zeitungen, die darauf hinweisen, daß die schwer erkämpften demokratischen Freiheiten immer mehr bedroht werden.

Oft wird versucht, die sogenannten Raketenjahre mit einer Gloriole zu umgeben, sie zu romantisieren und umzufälschen in den „Ausgangspunkt des interplanetarischen Zeitalters", den eigentlichen Beginn der Raketentechnik. Von dieser Legende ist es nur ein Schritt bis zu der Behauptung, alle Raketen in aller Welt seien deutschen Ursprungs.

Wir wollen in das Zwielicht der Raketenjahre hineinleuchten und Zusammenhänge aufspüren, die von den kapitalistischen Geschichtsschreibern nur zu gern verschwiegen oder aber so verdreht und entstellt werden, wie es den Klasseninteressen der Ausbeuter entspricht.

Bleiben wir zunächst noch bei Oberth. „Wie die meisten Erfinder, die mit ganz neuen Ideen kommen, hatte auch ich anfangs viel unter dem Widerstand der Nur-Spezialisten zu leiden." Die Worte „ganz neu" stimmen zwar nicht. Ungeachtet dessen nimmt der Widerstand zuweilen geradezu groteske Formen an. Sie charakterisieren die fortschrittsfeindliche Haltung, gegen die viele Raketenpioniere einen aufreibenden Kampf zu führen hatten.

Im Mai 1927 erscheint in der Zeitschrift des VDI (Verein Deutscher Ingenieure) ein längerer Aufsatz von Geheimrat Professor Doktor Lorenz mit dem Titel „Die Möglichkeit der Weltraumfahrt", mit dem der Verfasser das Gegenteil der Überschrift beweisen möchte. Prof. Lorenz rechnet vor, daß Massenverhältnisse größer als 34 notwendig seien, um die Erde zu verlassen. Da solche Massenverhältnisse technisch nicht ausführbar sind, so schließt er, ist die Raumfahrt unmöglich. Mit diesem Sachverständigenurteil hat Prof. Lorenz den Stab der Wissenschaft über die Pläne der Astronautiker gebrochen.

Aber der Bannspruch gilt in Wirklichkeit nur für einstufige Raketen. Bei Mehrstufenraketen ändert sich das Bild, denn mit ihnen lassen sich auch viel höhere Massenverhältnisse technisch verwirklichen.

Oberth versucht, den Irrtum des Geheimrates aufzudecken. Er schreibt einen Auf-

satz für die Zeitschrift des VDI. Doch „aus Platzgründen" wird die Zuschrift nicht veröffentlicht. Der wahre Grund wird später von einem der Sekretäre des VDI verraten: „Wir konnten doch nicht unbekannten Leuten vom halben Alter des Herrn Geheimrats erlauben, ihm zu widersprechen!"

Nur Prof. Lorenz erhält noch einmal die Gelegenheit, den Raumfahrtleuten einen fachwissenschaftlichen Todesstoß zu versetzen. Die Mitglieder des Vereins Deutscher Ingenieure erfahren im August 1927 aus ihrer Zeitschrift die Grundsatzentscheidung des Geheimrates (Abb. oben).

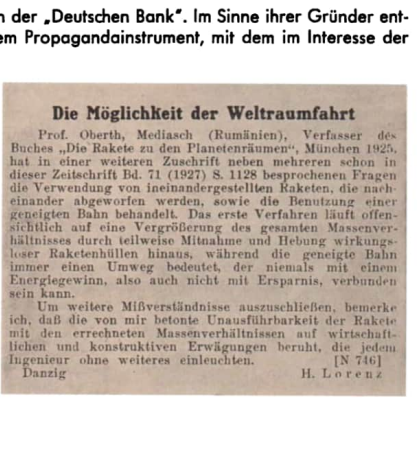
Wie schwer muß es doch damals gewesen sein, das Stufenprinzip zu begreifen! Mit dem gleichen Unverständnis wird die „geneigte Aufstiegsbahn" abgetan – eine wichtige Grundlage der Raumfahrt, auf die wir noch besonders eingehen werden.

Wir wissen heute, wie sehr sich Prof. Lorenz irrte. Wenn wir ihn hier zitieren, so deshalb, weil er ein Beispiel mehr liefert für die Tatsache, daß die Entwicklung durch einzelne konservative Vertreter der Wissenschaft zwar vorübergehend gehemmt, nicht aber aufgehalten werden kann.

Oberth beklagt sich später nicht nur über die „Nur-Spezialisten". Er schreibt: „Noch schlechter fuhr ich mit den Geschäftsleuten, die sich der neuen Idee angenommen hatten. Es muß z. B. einmal gesagt werden, daß die ganze UFA-Reklame über eine 50 km hochsteigende Rakete 1929 gegen meinen Willen erfolgt ist und ich schließlich Deutschland verließ, weil ich durch meine Geschäftsfreunde wirtschaftlich und moralisch zugrunde gerichtet war."

Wer sind die Geschäftsfreunde Oberths? Es sind die Herren der Universum Film AG, des größten deutschen Filmunternehmens. Seit 1927 gehört die UFA dem Monopolkapitalisten Alfred Hugenberg, dem früheren Generaldirektor bei Krupp und Mitglied des berüchtigten „Alldeutschen Verbandes". Hugenberg besitzt nicht nur die UFA, sondern ist auch Chef des Zeitungskonzerns und Beherrscher eines großen Teiles der deutschen Presse.

Gegründet wurde die UFA von der „Deutschen Bank". Im Sinne ihrer Gründer entwickelt sie Hugenberg zu einem Propagandainstrument, mit dem im Interesse der



Die Möglichkeit der Weltraumfahrt

Prof. Oberth, Mediasch (Rumänien), Verfasser des Buches „Die Rakete zu den Planetenräumen", München 1925, hat in einer weiteren Zuschrift neben mehreren schon in dieser Zeitschrift Bd. 71 (1927) S. 1128 besprochenen Fragen die Verwendung von ineinandergestellten Raketen, die nacheinander abgeworfen werden, sowie die Benutzung einer geneigten Bahn behandelt. Das erste Verfahren läuft offensichtlich auf eine Vergrößerung des gesamten Massenverhältnisses durch teilweise Mitnahme und Hebung wirkungsloser Raketenhüllen hinaus, während die geneigte Bahn immer einen Umweg bedeutet, der niemals mit einem Energiegewinn, also auch nicht mit Ersparnis, verbunden sein kann.

Um weitere Mißverständnisse auszuschließen, bemerke ich, daß die von mir betonte Unausführbarkeit der Rakete mit den erreichbaren Massenverhältnissen auf wirtschaftlichen und konstruktiven Erwägungen beruht, die jedem Ingenieur ohne weiteres einleuchten. [N 746]

Danzig H. Lorenz

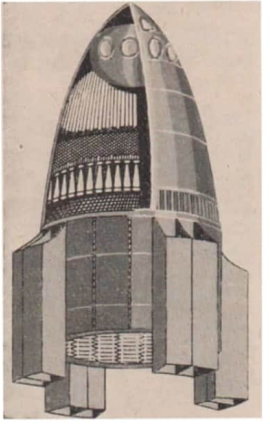
(Entnommen aus „Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure", Bd. 71, Nr. 35, 27. August 1927)

deutschen Schwerindustrie Millionen von Deutschen verhetzt und irregeführt werden. Nicht nur mit Fridericus-Rex-Filmen sollen die Volksmassen vergiftet werden. Auch ein Film wie „Metropolis" hilft der herrschenden Klasse, denn er gaukelt den Ausgebeuteten vor, die Klassengegensätze könnten durch christliche Nächstenliebe überwunden werden.

Bei den Arbeiten zu diesem Monsterfilm kommt der Regisseur Fritz Lang auf die Idee, einen Raumfahrtfilm zu drehen. Die Situation ist günstig. Es ist das Jahr 1928, in dem Raketenautos und -schienenwagen die Luft mit dem Qualm ihrer Pulverraketen, die Sensationsblätter hingegen mit Schlagzeilen füllen. Die Herren der UFA dürfen mit Recht auf einen Kassenerfolg hoffen. Also verfilmt man Thea von Harbous Roman „Frau im Mond" und holt Prof. Oberth aus Mediasch als wissenschaftlichen Berater nach Berlin.

Natürlich sieht das Raumschiff im Film genau so aus wie die Riesenrakete in Oberths Büchern, das „Modell E". Die Abbildung zeigt uns dieses Gerät. Oben erkennen wir die Beobachterkammer, die in unserer Abbildung etwas größer gezeichnet ist, als es Oberth vorsieht. 288 Tonnen wiegt die vollgetankte Zweistufenrakete, die zwei Menschen in den Raum tragen soll, allerdings „nur" in eine Umlaufbahn um die Erde. Die untere Stufe ist eine Alkohol-Sauerstoff-Rakete, während die obere mit Wasserstoff und Sauerstoff getrieben werden soll. Wie Oberth sich 1929 eine Beobachterkammer vorstellt, zeigen die Abbildungen rechts oben, die Oberths Buch „Wege zur Raumschiffahrt" entnommen sind.

Im Film startet man mit einer ähnlichen dreistufigen Rakete zum Mond. Warum überhaupt? Um wissenschaftliche Erkenntnisse zu sammeln? Nein, es muß sich „wirtschaftlich lohnen". „Die fünf reichsten Männer der Welt beraten, wer das Gold, das



Oberths „Modell E" – zweistufige Raumrakete für zwei Piloten

Vor dem Start . . .

. . . und nach Brennschluß

sich ohne Zweifel auf dem Mond finden läßt, bekommen soll. Natürlich die fünf. Also auf zum Mond!" Wir wundern uns nicht, wenn der Vertreter der Wissenschaft, „Mondprofessor" Mansfeldt, als völlig verarmter und halbverhungerter Trottel dargestellt wird, den ebenso wie die Veranstalter der Fahrt die Gier nach dem Mondgold treibt.

Oberth möchte gern, daß die technische Seite des Films nicht zu sehr von seinen eigenen Vorstellungen abweicht. Doch er muß den Filmleuten ein Zugeständnis nach dem anderen machen: atembare Luft auf dem Monde, blinde Passagiere . . .

Angesichts des enormen finanziellen Aufwandes bei den Dreharbeiten fragt sich Oberth, ob nicht auch etwas für praktische Raketenversuche abfallen könne, zum Beispiel für den Bau einer ersten kleinen Stratosphärenrakete. Noch nie war es ihm möglich, diese Aufgabe praktisch zu bearbeiten. Der Regisseur Fritz Lang ist bereit, selbst einen Teil der Kosten zu tragen. Der UFA kommt es sehr gelegen, für den Tag der Premiere des Filmes den Start der ersten Flüssigkeitsrakete anzukündigen.

Oberth weiß, die Zeit ist mehr als knapp. Vier Monate hat er noch Zeit. Von wem sollte er sonst Unterstützung erwarten in einem Staate, der zwar Geld für die Fürstenabfindung und den Bau von Panzerkreuzern hat, aber nicht für Höhenforschungsraketen! Seinen Geldgebern ist Wissenschaft nur interessant, wenn sie Profit abwirft. „Skudi wert ist nur, was Skudi bringt" (Bert Brecht, Leben des Galileo Galilei).

Die Klasse aber, die einst auch die Wissenschaft von ihren Fesseln, ihrer Unterjochung durch das Kapital befreien wird, kämpft noch um ihre elementarsten Rechte. Am 1. Mai 1929 schießt die Berliner Polizei des sozialdemokratischen Polizeipräsidenten Zörgiebel auf die Demonstration von über 200 000 Arbeitern Berlins, die dem Aufruf der Kommunistischen Partei Deutschlands gefolgt sind. 33 Arbeiter werden getötet, über 100 schwerverletzt. Brutal unterdrückt die Regierung Demonstrationen und Versamlungen der Arbeiter und verbietet wiederholt kommunistische Zeitungen. Die bürgerlichen Zeitungen aber füllen ihre Seiten mit den Nachrichten des Hugenbergschen Pressekonzerns und kündigen den neuen Superfilm der Hugenbergschen UFA und die Oberthsche Premierenrakete an. So wird auch Oberth zum Werkzeug der Hugenbergschen Propagandamaschine. Die Interessenvertreter der deutschen Schwerindustrie benutzen seine Arbeit, um die Volksmassen von ihrem gerechten Kampf abzulenken.

Die Presseabteilung der UFA überschlägt sich. Statt einer geplanten Steighöhe von

40 km spricht sie von 70 km. Schon finden Ansichtspostkarten, die den vorgesehenen Raketenstartplatz an der Ostseeküste zeigen, reißenden Absatz.
Es versteht sich von selbst, daß dabei mit keinem Wort der Vater der Raumfahrt, Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski, und sein Werk gewürdigt werden. Schließlich gehören die Hetze gegen die Sowjetunion und die Verherrlichung der deutschen Herrenrasse zu den Aufgaben von Hugenbergs UFA und Pressekonzern. Wen nimmt es da wunder, wenn gerade zu dieser Zeit ein neuer Roman von Hans Dominik erscheint, „Das Erbe der Uraniden". Das Buch hat die Raumfahrt zum Thema und strotzt – wie die anderen Romane Dominiks – von Antisowjethetze und Lobgesängen auf die kapitalistischen Übermenschen. Nur der Vollständigkeit halber wollen wir anfügen, daß der Scherl-Verlag, der die Machwerke dieses Apologeten des Imperialismus herausbringt, ebenfalls zum Hugenberg-Konzern gehört.
Oberth, gedrängt durch die UFA-Manager und ihre Reklame, versucht angespannt, den Termin einzuhalten. Am Anfang steht die Frage: Wie verbrennt flüssiger Sauerstoff mit Brennstoffen? Die Versuche verlaufen günstig, doch einmal gibt es eine Explosion, bei der Oberth beinahe ein Auge verliert. Nach weiteren Versuchen werden die Zeichnungen für die Rakete angefertigt und die Teile bei verschiedenen Firmen in Auftrag gegeben. Aber die Zeit ist schneller. Die Rakete wird nicht fertig. Wenige Wochen vor der Premiere versucht Oberth, als Ersatz für die versprochene Höhenrakete eine sehr viel einfachere Rakete mit Kopfantrieb zusammenzubauen. Ein brennbarer Stab soll in flüssigem Sauerstoff verbrennen und die Treibgase liefern. Fieberhaft arbeitet Oberth, probiert allerlei brennbare Stoffe aus.
Das Wagnis mißlingt. Am 15. Oktober 1929 startet die „Frau im Monde", aber die Oberth-Rakete ist immer noch nicht startbereit. Als die UFA sieht, daß sie sich von Oberth keine wirksame Reklame mehr erhoffen kann, verliert sie das Interesse.

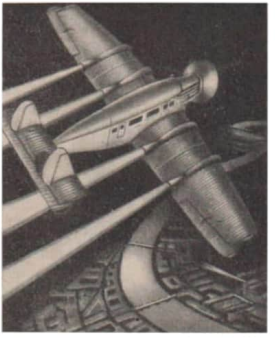
Schnitt durch die UFA-Reklamerakete Oberths

Max Valier (1895–1930)

Oberth vermag noch nicht einmal die inzwischen fertiggestellten Einzelteile für die Höhenrakete zu bezahlen und von den Herstellerfirmen abzuholen. Wie schrieben doch einst Marx und Engels? „Die Bourgeoisie hat den Mann der Wissenschaft in ihren bezahlten Lohnarbeiter verwandelt."
Aber von solcher Einsicht und ihren Konsequenzen ist Oberth weit entfernt, als er verbittert nach Mediasch zurückfährt. Weil er glaubt, der Wissenschaft damit dienen zu können, wird er sich bei der nächsten Gelegenheit wieder jenen anbieten, die den Wissenschaftler und die Wissenschaft nur als Objekt der Ausbeutung und als Mittel zur Erreichung ihrer egoistischen Ziele betrachten und benutzen, sei es nun zur Reklame oder zur Verwirklichung ihrer Welteroberungspläne.

Max Valier

Der österreichische Schriftsteller, Ingenieur und Raketenforscher Max Valier ist eine der Hauptpersonen jener „Raketenjahre".
Schon in seiner Jugend befaßt er sich mit astronomischen und flugtechnischen Problemen. Im ersten Weltkrieg nimmt er an Höhenversuchsflügen teil. Dabei erkennt er, wie ungeeignet zu solchen Versuchen das propellergetriebene Flugzeug ist. So kommt auch Valier zur Rakete. 1924 wird er mit Oberths Buch „Die Rakete zu den Planetenräumen" bekannt. Nun veröffentlicht auch Valier seine Gedanken zu diesem Problem.
Unter großen persönlichen Opfern versucht der unermüdliche Valier, die Öffentlichkeit von der Möglichkeit und Notwendigkeit der Raumfahrt zu überzeugen.



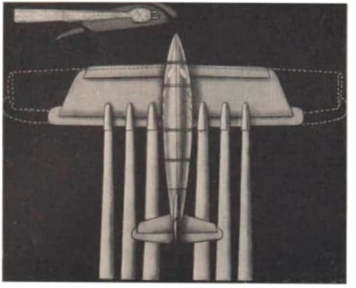
Valiers Programm zur Entwicklung eines Raumschiffes: Propeller-Flugzeug mit zusätzlichen Raketen

Hunderte von Artikeln über Raketen- und Raumfahrtprobleme erscheinen seit 1924 in den Zeitungen Österreichs und Deutschlands. In drei Jahren hält er über 200 Vorträge. Er wirbt für die Oberthschen Pläne und sammelt Geld für eigene praktische Versuche.

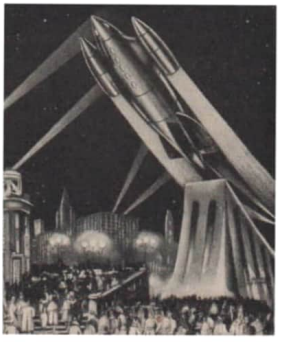
Aber Raketenversuche sind teuer. Die spärlichen Einnahmen reichen nicht aus, ein so umfangreiches Programm durchzuführen, wie es Valier vorschwebt. Zuerst will er die bereits bekannten Pulverraketen wissenschaftlich untersuchen und mit ihnen Modell-Startversuche durchführen. Sodann sollen diese Raketen zum Antrieb von Bodenfahrzeugen verwendet werden. Valier denkt an Raketenfahrräder, Raketenautos und Raketenboote. Für die dritte Etappe ist der Einbau von Pulverraketen in Flugzeuge vorgesehen. „Nebenbei" soll auch mit der Entwicklung von Flüssigkeitsraketen begonnen werden. Als letzte Stufe seines Programms empfiehlt Valier, ein raketengetriebenes Stratosphärenflugzeug zu schaffen, das alle Höhen- und Geschwindigkeitsrekorde brechen und bis zu den Grenzen der Atmosphäre vorstoßen soll. Damit hätte man sich dem Weltraumschiff genähert.

Seinen Plan schickt Valier an Dutzende von Stellen und Personen. Vergeblich! Nicht einmal die erste Etappe seines Planes kann er durchführen. Schließlich wendet sich Valier an die Firma Opel. Aus ihren Werken stammt ein Drittel der Autos, die in Deutschland fahren. Fritz von Opel, der Juniorchef der Firma, hat für Raumfahrt nichts übrig. Das ist in seinen Augen ein Hirngespinst, an dem es nichts zu verdienen gibt, um so mehr, als „die wissenschaftlichen Autoritäten" alle derartigen Gedanken als utopisch bezeichnen. Das Interesse Opels besteht darin, möglichst viele Opel-Autos zu verkaufen. Raketenautos? Damit könnte man schon eher etwas anfangen! Das wäre eine Möglichkeit, die Konkurrenz zu übertrumpfen.

Die Anzeigen in den großen Zeitungen kosten dem Konzern viele tausend Mark. Und jetzt kommt dieser Valier und bettelt um ein paar Mark für Versuche. Das ist etwas für Opel! Soll der Narr ruhig etwas Geld bekommen, dazu noch einige Fahrgestelle Marke Opel, damit er seine Raketenautos bauen kann. Opel wird schon



Raketenflugzeug



Raumfahrzeug

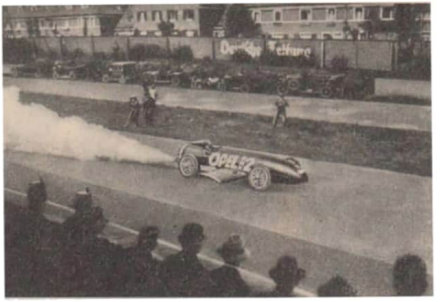
dafür sorgen, daß die Presse zur Stelle ist und der Name des Geldgebers gebührend gewürdigt wird. Die Zeitungen werden sich um diese Sensation reißen. Schlagzeilen, Artikel, Bilder, Reklame – Opels Reklamefachleute hätten keinen besseren Einfall haben können. Das bedeutet Absatzsteigerung, noch mehr Profit – und alles fast kostenlos, nur für die paar Mark, die Valier braucht. Opel sagt Ja zu dem Vorschlag Valiers. Die Raketen soll Valier besorgen: Der weiß schon, wo es die besten gibt. Die pyrotechnische Fabrik Cordes bei Wesermünde beliefert die Handels- und natürlich auch die Kriegsflotte mit Signalraketen, die Rettungsstationen mit leistungsfähigen Rettungsraketen. Der Besitzer der Fabrik, Ingenieur Friedrich Sander, ist der Hauptlieferant recht zahlungskräftiger Verbraucher. Er hat verbesserte Herstellungsmethoden entwickelt. Seine Raketen leisten mehr als die seiner Konkurrenten, denn er besitzt die größten Pressen in Deutschland.

Valier fährt also nach Wesermünde zu Sander. Dem gelingt es, Schwarzpulverraketen von beachtlicher Größe herzustellen. Zwar gibt es hin und wieder noch Zwischenfälle. Die großkalibrigen Raketen vertragen die Erschütterungen während des Transportes nicht, und Haarrisse und Explosionen sind die Folge. Aber das muß man in Kauf nehmen. Sander ist einverstanden, gegen klingende Münze seine Metallhülsenraketen zu liefern und einzubauen.

Damit erschöpft sich allerdings sein Interesse an dem neuen Fahrzeug. Der begeisterte Valier verlangt von Sander gleich eine Probefahrt. Sander soll seinen Wagen, ein 4-PS-Opel-Auto, zu dem Versuch hergeben. Das ist zuviel verlangt! Sander ist zwar bereit, den Profit zu tragen, nicht aber das Risiko.

So unterbleibt das Experiment. Valier kommt dadurch um die Priorität der ersten Raketenfahrt, denn in Rüsselsheim setzt der mächtige Geldgeber nicht Valier, sondern „seinen" Rennfahrer Kurt C. Volkhart an das Steuer des provisorischen Raketenautos.

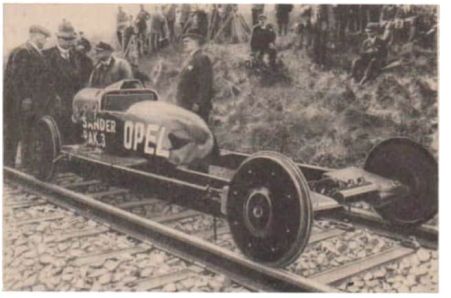
Es ist ein recht eigenartiges Fahrzeug. Das Gestell eines 4-PS-Opelwagens trägt eine starke Holzpritsche, auf der zwei Sanderraketen befestigt sind. Eine 50-mm-



„OPEL Rak 2"
auf der Berliner AVUS

Seelenrakete soll anderthalb Sekunden lang einen Schub von 80 kp liefern, die andere, eine 90-mm-Branderrakete, für knapp 40 Sekunden achtzehn kp Schubkraft erzeugen.
Auf der Rüsselsheimer Opelrennbahn legt das Vehikel am 12. März 1928 eine Strecke von 150 Metern in etwa 35 Sekunden zurück. Der 600 kg schwere Wagen fährt mit der Geschwindigkeit einer Dampfwalze dahin. Der wissenschaftliche Wert des Versuches? Es ist lediglich bewiesen worden, daß eine Rakete einen Schub liefert. Das weiß man aber schon seit langem. Besondere Fahrleistungen verspricht der Versuch nicht.
Opel sieht seinen Reklameschlager geplatzt. Außerdem zweifelt er an der Qualität der Sanderraketen. Sander beeilt sich, die Zweifel zu widerlegen, und bindet eine seiner Seelenraketen an einen Stab von den Ausmaßen eines mittleren Balkens. Die Rakete jagt bis in 400 Meter Höhe und rettet so das Ansehen seiner Firma und die neue Absatzmöglichkeit. Nun ist Opel bereit, die Versuche fortzusetzen.
Weitere Probefahrten zeigen, daß mit stärkeren Raketen doch noch ein pressewürdiges Auftreten möglich ist. 90-mm-Seelenraketen mit 220 kp Schub beschleunigen den Wagen so stark, daß der Fahrer Volkhart meint, „noch zehn Sekunden so weiter, und ich hätte den Geschwindigkeitsweltrekord geschlagen". Damit gibt er Opel das Stichwort. Der Rekord für Flugzeuge liegt zur Zeit bei 512 km/h. Das wäre ein Triumph, mit einem Landfahrzeug der Firma Opel ein Flugzeug zu überholen!
Die ersten öffentlichen Vorführungen bringen den erwünschten Presseerfolg. Am 12. April 1928 gelingt fast die Runde um die 1500 Meter lange Opelbahn. Die Seelenraketen beschleunigen den Wagen in acht Sekunden auf 100 km/h. Die Journalisten werden nicht müde, den „deutschen Geist und die deutsche Wissenschaft" zu rühmen, die der Welt „das erste Raketenfahrzeug der Weltgeschichte geschenkt haben".
Max Valier aber wird immer mehr an die Wand gedrückt. Zu Anfang hieß es, er werde den Raketenwagen steuern. Nun hat sich Opel davon überzeugt, daß Volkhart auch bei gelegentlichen Explosionen der Pulverraketen heil davongekommen

„OPEL Rak 3"
auf der Eisenbahnstrecke
bei Kleinburgwedel



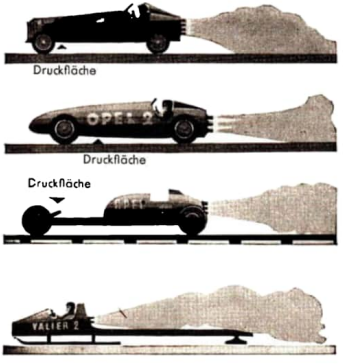
ist. Er hat keine Hemmungen, wiederum das Versprechen zu brechen, das er Valier gegeben hatte. Nicht der geistige Vater dieser Versuche, sondern der Chef der Firma Opel persönlich setzt sich am 23. Mai 1928 in den ausreichend gepanzerten Sitz des Spezialautos. Er weiß, für sein kostbares Leben ist nichts zu befürchten.
„Opel Rak 2" steht in fetten Buchstaben kreuz und quer an den Seiten des Fahrzeuges, unübersehbar für die Augen und die Foto- und Filmapparate der über 2000 eingeladenen Reporter und Gäste. Als Schauplatz der Veranstaltung dient die Avus-Rennstrecke bei Berlin, die genügend Plätze für das erlesene Publikum bietet. Es ist also hinreichend für den Ruhm des selbstlosen Förderers der Wissenschaft gesorgt.
Aus dem Heck des Opel-Rak-2-Wagens ragen die Düsenöffnungen von vierundzwanzig 90-mm-Seelenraketen heraus, die zusammen etwa 120 kg Pulver enthalten. Die Raketen sollen nacheinander durch Druck auf ein Pedal elektrisch gezündet werden. An beiden Seiten des Wagens sind kleine Tragflächen befestigt, die nach vorn unten geneigt sind und das Fahrzeug während der Fahrt gegen den Boden drücken sollen, damit es gelenkt werden kann.
Die Fahrt geht ohne Zündversager, ohne Explosionen vonstatten – eine gute Leistung Sanders und seiner Arbeiter. Die Höchstgeschwindigkeit liegt zwischen 210 und 230 km/h, die Durchschnittsgeschwindigkeit auf gerader Strecke bei 180 km/h. Das hört sich zunächst recht überzeugend an. Wir dürfen aber nicht vergessen, daß der Wagen hier nur ungefähr 2 km zurücklegte. Opel gelingt es mit dieser Fahrt nicht, den Geschwindigkeitsweltrekord zu brechen. Dafür stellt er einen anderen Rekord auf, den Rekord für Betriebskosten. Die Raketen sind etwa dreitausendmal so teuer wie das Benzin für einen entsprechenden Automotor. Dennoch hat es sich für Opel gelohnt. Er hat sein Ziel erreicht, der Name Opel ist in aller Munde.
Der Reklameerfolg treibt ihn zu neuen Versuchen. Diesmal ist er vorsichtiger. Bei dem Avusversuch hatte sich ein gefährliches Schleudern gezeigt. Die Vorderräder hoben sich sogar etwas vom Boden ab, so daß Opel Mühe hatte, das Auto zu lenken und auf der Straße zu halten. Deshalb will Opel den nächsten Rekordversuch mit einem Schienenwagen durchführen.

Einen Monat nach dem Versuch auf der Avus startet auf der Eisenbahnstrecke Burgwedel–Celle das Schienenfahrzeug Opel Rak 3. Bei der ersten Fahrt beschleunigen zehn Raketen den unbemannten Wagen bis auf 281 km/h. Fast vier Kilometer legt er zurück. Beim nächsten Versuch werden gleich dreißig Sanderraketen auf dem 400 kp schweren Gefährt befestigt. Doch kurz nach der gleichzeitigen Zündung der ersten acht Raketen zerstört die ungeheure Schubkraft von 2600 kp den schwachen Wagen. Die Raketenbatterie zerbirst, und ein Teil der Raketen explodiert. Zwischen den Trümmern des entgleisten Wagens liegt der Passagier, eine kleine Katze. Sie ist tot.

Den nächsten Wagen läßt Opel stabiler bauen. Er wiegt 800 kp. Nicht mehr acht, sondern nur zwei der dreißig Raketen sollen zu gleicher Zeit elektrisch gezündet werden. Aber unmittelbar nach dem Start explodiert eine der Raketen und verursacht einen Kurzschluß, der die gesamte Ladung zur Entzündung bringt.

Nun bekommen die Bahnbehörden Angst um ihre Schienen. Sie verbieten, daß Opel Rak 5, der schon bereitsteht, eingesetzt wird. Der Versuch am 4. August 1928 ist Opels letztes Experiment mit einem pulvergetriebenen Bodenfahrzeug. Jetzt scheint sogar der geschäftstüchtige Fritz von Opel vom Raketenfieber befallen zu sein. Im September 1929 erscheint sein Name noch einmal in den Schlagzeilen. In Frankfurt am Main startet er mit einem Flugzeug zu einem Raketenflug. Um Haaresbreite kommt er mit dem Leben davon. Ein Jahr vorher, am 11. Juni 1928, flog der Pilot Stamer mit einem Entenflugzeug auf der Wasserkuppe mit zwei Pulverraketen etwa 1500 m weit, nachdem er mit einem Gummiseil gestartet war. Opels Flugzeug hebt sich mit Raketenkraft vom Boden. Nach diesem letzten Raketenerfolg verzichtet Opel darauf, als Opfer des technischen Fortschritts von den Zeitungen gefeiert zu werden.

Max Valier ist in der Zwischenzeit nicht müßig gewesen. Opel hatte ihn beiseite gedrängt und betrogen, Valiers Ideen benutzt, um seinen Profit zu steigern. Deshalb entschließt sich Valier, „wegen wissenschaftlicher Differenzen in Angelegenheit der



Raketenfahrzeuge 1928–1929: 1 – Erstes Raketenauto (April 1928), 2 – Zweites Raketenauto (Mai 1928), 3 – Raketenschienenwagen (Juni 1928), 4 – Raketenschlitten (Februar 1929)

Valier mit seinem Raketenschlitten auf dem Starnberger See

Fortführung und Leitung des Projektes von seiner Verbindung mit Opel und Sander zurückzutreten". Mit dieser Begründung hält sich Valier den Weg zu den Scheckbüchern anderer Kapitalisten offen. Er weiß zu genau, daß er sie nicht verärgern darf. Er braucht ihr Geld und ihr Wohlwollen, wenn er weiterarbeiten will.
Tatsächlich finden sich neue Firmen bereit, ihren Namen als uneigennützige Förderer der Wissenschaft mit dem Ruhmesglanz edlen Mäzenatentums vergolden zu lassen. Die Pulver- und pyrotechnischen Fabrikanten J. F. Eisfeld in Silberhütte und die Direktionen der Harzbahn und der Halberstadt-Blankenburger Eisenbahn, die Ravené Stahl AG in Berlin, die Kugellagerfabrik Fries & Höpflinger in Schweinfurt und die Firma Braunsdorf in Zerbst werden von der Presse entsprechend gewürdigt. Natürlich ist auch die UFA zur Stelle und dreht „glänzende Filmaufnahmen".
Aber alle Schienenwagenversuche mißglücken. Die Fahrzeuge zerbrechen, springen aus den Schienen oder explodieren. Bei einem Versuch am 3. Oktober 1928 zerreißen die Räder unter der Wirkung der Fliehkraft.
Der unentwegte Valier ist um einen Ausweg nicht verlegen. Ein Schlitten braucht keine Räder. Also läßt er mit Unterstützung neuer Mäzene einen Schlittenwagen bauen. Im Februar 1929 führt er ihn bei Wintersportfesten auf dem Eibsee und auf dem Starnberger See dem staunenden Publikum vor. Er zögert auch nicht, sich dem „Valier Rak Bob 1" anzuvertrauen. Nur eine hölzerne Rückenlehne schützt ihn. Neun der zwölf eingebauten 50-mm-Pulverraketen von je 1,5 Sekunden Brennzeit treiben die mit Kufen versehene Bretterkiste 160 m weit über die verschneite Eisfläche. Drei der Raketen explodieren. Für einen kurzen Augenblick beträgt die Geschwindigkeit 95 km/h.
Bei einem Hochleistungsversuch am 9. Februar legt der Schlitten in zwei Sekunden eine Strecke von 210 Meter zurück. Das sind fast 380 km/h. Zuletzt fährt das unbemannte Fahrzeug einen Bogen und zerschellt an einem Bootssteg. Aber auch ohne dieses vorzeitige Ende seiner Laufbahn hätte es nicht einmal einen ganzen Kilometer geschafft – trotz der achtzehn Raketen, die 900 Mark kosteten. Nun hat selbst der besessene Valier genug von Pulverraketenversuchen.
Doch die Reihe der Sensationsmeldungen reißt nicht ab. Wie man mit Raketen Geld verdienen kann, hat Opel nur zu gut gezeigt und selbst den besten Happen geschluckt. Er findet Nachfolger, die den begonnenen Raketenrummel zum eigenen

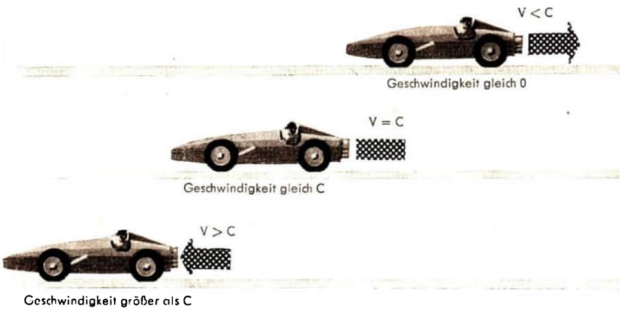
Nutzen und zum Schaden des Raumfahrtproblems fortsetzen und schließlich zu einer Groteske werden lassen.
Opels Rennfahrer Volkhart macht sich selbständig, baut den „Volkhart Rak 1" und fährt ihn in Barmen, in Berlin auf der Avus, in Düsseldorf und auf dem Nürburgring. Auch er kann die Leistungen nicht steigern.
Zu guter Letzt überspannt Volkhart den Bogen, und seinen Zuschauern reißt der Geduldsfaden. Das Raketenmotorrad Volkharts schafft mit sechs Sanderraketen nur eine Strecke von dreihundert Metern. Das Publikum hat mehr für sein Eintrittsgeld erwartet. Es ist enttäuscht und verärgert und empfindet die Vorführung, die ausgerechnet am 1. April 1929 stattfindet, als einen üblen Aprilscherz. Einige Zeitungen schreiben vom „Sensationstod einer technischen Erfindung". Daraufhin verlegt Volkhart sein Jagdgebiet ins Ausland und kassiert in Oslo und Kopenhagen Eintrittsgelder.
Sogar von Raketenfahrrädern hört man in diesen Jahren. Während der Fahrt werden die an gewöhnlichen Fahrrädern befestigten Pulverraketen abgebrannt. Solche Attraktionen dienen den Veranstaltern von Rennen als Lockmittel und Kassenschlager. Wie entwürdigend für die Rennfahrer Max Hahn und Oskar Tietze, die sich zu solchen Geschäften hergeben müssen!
Die Schaustellungen nützen weder dem Sport noch der Astronautik. Nicht ohne Grund kommen viele Menschen zu der Überzeugung, der Raketenantrieb sei viel zu schwach, ein Raumschiff zu fernen Planeten zu tragen. Der Raketenrummel stößt sie ab. Wer für Raumfahrt und Raketentechnik eintritt, gerät allmählich in den Verdacht, ein Geschäftemacher oder ein weltfremder Sonderling zu sein. So wirken sich die Reklametricks und die Profitgier aus. Sie behindern die Arbeit der Enthusiasten in Deutschland, noch bevor die deutschen Faschisten die private Raketenforschung untersagen und jede Hoffnung auf eine friedliche Verwendung der Raketen ersticken.

Raketenautos?

Die Versuche mit Raketenautos haben für uns nur geschichtliches Interesse. Nach wie vor fahren unsere Autos mit Kolbenmotoren, nicht mit Raketen. Reicht die Kraft der Rakete nicht aus? Daran liegt es sicher nicht, sonst könnten tonnenschwere Sputniks und Raumschiffe nicht so hohe Geschwindigkeiten erreichen.
Bei keiner anderen Antriebsart ist das Gewicht des Motors so niedrig wie bei einer Rakete. Eine Schubkraft von 1000 kp erreichen wir etwa mit

einem Propeller-Kolbentriebwerk von 2000 kg,
einem Turbinenstrahltriebwerk von 300 kg,
einem Raketentriebwerk von 40–120 kg.

In dieser Beziehung ist der Raketenantrieb also eindeutig überlegen. Trotzdem brauchen wir auch in Zukunft nicht zu befürchten, daß Raketenautos den Straßenlärm vervielfachen. Dafür gibt es verschiedene Gründe.
Einen sehr eigenartigen wollen wir zuerst nennen. Die gewaltige Kraft der Rakete wird bei einem Raketenauto nur sehr schlecht ausgenutzt. Die Energie der Raketen-



treibstoffe dient ja nicht allein dazu, das Fahrzeug anzutreiben, sondern auch zum Abstoßen der Verbrennungsgase. Dazu einen Gedankenversuch!

Wir wollen annehmen, aus den Raketen eines Autos strömen die Gase mit der gleichbleibenden Geschwindigkeit c aus. Solange das Fahrzeug noch steht, wird der Zuschauer am Straßenrand beobachten, daß sich die Gasteilchen nach dem Verlassen der Düse mit der Geschwindigkeit c nach hinten bewegen. Ihre Energie beträgt $mc^2/2$, das ist praktisch die gesamte verfügbare Treibstoffenergie. Ausnützen kann man diese Energie nicht mehr, sie geht verloren.

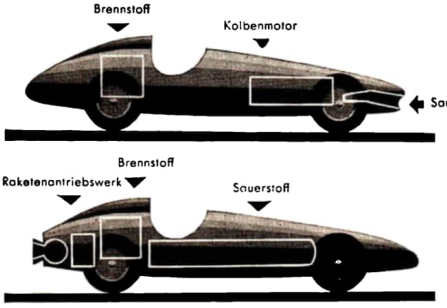
Betrachten wir das Fahrzeug in dem Augenblick, in dem es die gleiche Geschwindigkeit c erreicht hat, mit der die Gase in entgegengesetzter Richtung aus der Rakete ausströmen. Jetzt heben sich die gleichgroßen, aber entgegengesetzten Geschwindigkeiten auf. Die Gasteilchen kommen hinter der Rakete zur Ruhe. Ihre Bewegungsenergie ist Null. Die gesamte nutzbare Treibstoffenergie kommt jetzt dem Fahrzeug zugute. Der Wirkungsgrad beträgt 100%, sobald sich die Rakete mit der Geschwindigkeit der ausströmenden Gase bewegt.

Überschreitet die Fahrzeuggeschwindigkeit die Ausströmgeschwindigkeit, so bewegen sich die Gasteilchen mit der Differenz der Geschwindigkeiten hinter der Rakete her. Dadurch geht wieder Energie verloren, und der Wirkungsgrad sinkt.

Die Energieverluste sind bei einer Rakete also dann am kleinsten, wenn sie sich ungefähr mit der Ausströmgeschwindigkeit der Gase bewegt.

Die Sanderraketen sollen etwa c = 1200 m/s erreicht haben, während die Höchstgeschwindigkeit des Opel Rak 2 auf der Avus nur 65 m/s betrug. Auch im günstigsten Fall erhielten die Gasteilchen 89% der Treibstoffenergie, das Raketenauto aber nur 11%. Die Kraft der Raketen diente somit hauptsächlich zum Fortschleudern der Gasteilchen, aber nicht zum Antrieb des Autos.

Hätte das Auto nicht 230 km/h, sondern 700 km/h erreicht, so wäre der Wirkungsgrad bis auf 28% gestiegen. Das ist immer noch recht wenig, wenn man damit ein Propellertriebwerk gleicher Geschwindigkeit vergleicht. Hier stimmen die Fluggeschwindigkeit und die Geschwindigkeit der nach hinten fortgeschleuderten Luftteilchen fast überein; der Wirkungsgrad beträgt nahezu 100%. Es ist deshalb erst



Das normale Auto entnimmt den Sauerstoff der Atmosphäre – das Raketenauto muß ihn mitschleppen

bei sehr hohen Geschwindigkeiten wirtschaftlich vertretbar, einen Raketenantrieb zu benutzen.

Wir dürfen nicht erwarten, daß sich moderne Raketen besser eignen. Im Gegenteil – durch die höheren Gasgeschwindigkeiten wäre ihr Wirkungsgrad in Bodenfahrzeugen noch geringer als bei den Sanderraketen.

Aber nicht nur wegen des geringen Wirkungsgrades bei niedrigen Geschwindigkeiten verbietet sich der Einsatz von Raketenautos für normale Zwecke. Ein Kolbenmotor oder ein Turbinenstrahltriebwerk entnimmt den Sauerstoff zur Verbrennung der umgebenden Luft. Die Rakete schleppt ihn mit. Für Flüge außerhalb der dichten Luftschichten ist das zweifellos ein entscheidender Vorteil. Er wird aber teuer erkauft. Weil der Sauerstoff zusätzlich mitgeführt werden muß, erhöht sich das Gewicht der Treibstoffe auf das Drei- bis Achtfache. Man kann das nur verantworten, wenn es zweckmäßig und notwendig ist. Bei einem Auto wäre es wenig sinnvoll, den Sauerstoff mitzuschleppen, der jederzeit in unbegrenzter Menge und völlig kostenlos der Umgebung entnommen werden kann. Wegen des zusätzlichen Sauerstoffgewichtes und des geringen Wirkungsgrades verbraucht das Raketentriebwerk bei 700 km/h Geschwindigkeit etwa zwanzigmal soviel Treibstoff wie ein vergleichbares Propeller-Kolbentriebwerk.

Niemandem wird es einfallen, in einer Zweizimmerwohnung ein Auto zu benutzen. Ein Raketenauto auf unseren Straßen wäre ebenso widersinnig. Wenn heute für Beschleunigungsversuche Raketenschlitten nach dem Beispiel Valiers benutzt werden, so geschieht es deshalb, weil die Rakete besonders geeignet ist, in sehr kurzer Zeit Fahrzeuge auf Höchstgeschwindigkeiten zu beschleunigen. Für einen solchen Sonderfall kann der Raketenantrieb wirtschaftlicher sein als jedes andere Antriebsverfahren.

Eigentlich könnte es einem leid tun um die riesigen Gasmengen, deren einzige Aufgabe darin besteht, ausgestoßen zu werden. Wäre es nicht irgendwie möglich, diese Verschwendung ungeheurer Mengen von kostbaren Chemikalien zu unterbinden?

Im Jahre 1927 macht sich tatsächlich ein Erfinder anheischig, das leidige Treibstoff-

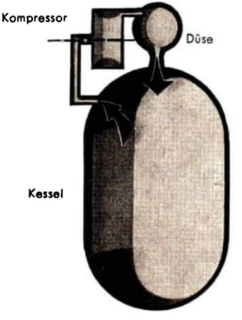
problem auf eine raffinierte Art zu lösen. Wir wollen das interessante „Düsenreaktionsgerät" des Ingenieurs v. Ulinski unseren Lesern nicht vorenthalten.

Ulinski will das Grundübel des hohen Treibstoffverbrauches einer Rakete mit einem Apparat bekämpfen, der im Prinzip aus einem Kessel, einem Kompressor, einer Düse sowie den notwendigen Leitungen besteht. Im Kessel befindet sich ein Gas, das durch eine Rohrleitung zum Kompressor gesaugt und dort verdichtet wird. Das komprimierte Gas strömt durch die Düse in den Kessel zurück und erzeugt einen Schub. Diesen Kreisprozeß durchläuft das Gas ununterbrochen. Das „Düsenreaktionsgerät" kann also unbegrenzt lange arbeiten, ohne daß auch nur ein Gramm Masse verbraucht wird. Die Energie zum Antrieb des Kompressors will Ulinski durch Umwandlung der Sonnenenergie beschaffen. Zweifellos ist gegen das Prinzip der Energiegewinnung nichts einzuwenden. Nach dem Willen des Erfinders soll sich das Gerät auf Grund des erzeugten Schubes vom Boden erheben und ein Raumschiff zu den Sternen treiben.

Der aufmerksame Leser wird sich sofort fragen, warum dieses Gerät nicht schon seit langem verwendet wird. Der Gedanke, den verbrauchten Treibstoff einer Rakete wiederholt zu verwenden, ist zu verlockend, als daß der Unbefangene nicht versucht wäre, ihn zu verwirklichen. Wo bleibt also die „ewige Rakete" nach dem Prinzip Ulinskis?

Durch das Ausströmen des Gases aus der Düse entsteht zweifellos ein Schub. Die Gasteilchen prallen aber auf den Boden des Kessels und erzeugen einen Kraftstoß, der den Schub genau ausgleicht und somit aufhebt. Der Apparat würde sich also nicht von der Stelle rühren. Eine solche „Preßluftrakete im geschlossenen System" ist unwirksam und nichts anderes als eine Maschine, mit deren Hilfe ein Naturgesetz umgangen werden soll. Das aber ist unmöglich.

Die Gesetzmäßigkeiten in der Natur sind objektive Erscheinungen. Sie bestehen unabhängig von unserem Willen und unseren Wünschen und können nicht geändert oder umgangen werden. Das „Grundübel der Rakete", den hohen Treibstoffverbrauch, können wir nicht bekämpfen, indem wir uns nach dem Beispiel Franz Abdon von Ulinskis neue Bewegungsgesetze der Materie nach unseren Wünschen ausdenken, sondern nur dadurch, daß wir die vorhandenen Bewegungsgesetze der Materie erkennen und ausnutzen.



„Düsenreaktionsgerät" nach Ulinski (Schema)

Valiers Rückstoßversuchswagen

Noch einmal: Max Valier

Auch der weitere Weg Max Valiers ist lehrreich. 1929 entscheidet er sich für die Flüssigkeitsrakete. Nach vielen Versuchen hat er die Mängel der damaligen Pulverraketen eingesehen.

Am Anfang steht wieder die Frage nach einem Geldgeber. Persönliche Einschränkungen und Entbehrungen genügen bei weitem nicht, besonders, wenn man schon vorher seine Ersparnisse buchstäblich „verpulvert" hat. Valier geht auf die Suche. Folgerichtig wendet er sich an jene Firmen, die an der Entwicklung eines Flüssigkeitsraketentriebwerkes interessiert sein müßten. Das können zum Beispiel die Hersteller von Anlagen sein, mit denen man flüssigen Sauerstoff erzeugt.

In Deutschland regieren auf diesem Gebiete zwei Firmen, die Gesellschaft für Lindes Eismaschinen in München und die Gesellschaft für Apparatebau Heylandt m. b. H. in Berlin Mariendorf. Schon 1920 erzeugten in Deutschland die Lindeschen Anlagen 54 Millionen Kubikmeter, die Heylandtschen 16 Millionen Kubikmeter Sauerstoffgas oder die entsprechende Menge flüssigen Sauerstoffs. Das große Geschäft dieser Firmen war der erste Weltkrieg, der dem Bergbau die Sprengmittel entzog. Dadurch steigerte sich der Verbrauch an flüssigem Sauerstoff, der als „Sprengluft" die Sprengstoffe ersetzen kann.

Nun winkt ein neues Geschäft. Flüssigkeitsraketen verbrauchen Riesenmengen flüssigen Sauerstoffs. Die Firma Heylandt ist nicht abgeneigt, die Anlagen für ihre Herstellung und den Transport zu liefern und der Konkurrenz diesen fetten Bissen wegzuschnappen. Dr. Paul Heylandt rechnet richtig. Dreizehn Jahre später wird er Unsummen an Sauerstoffanlagen für Raketenzwecke verdienen. So sehr steigt im zweiten Weltkrieg der Bedarf, daß er sich im Juli 1943 beinahe außerstande erklärt, die vom faschistischen Munitionsministerium geforderte Anzahl von Sauerstoffanlagen zu produzieren.

Valier bekommt von Heylandt eine Werkstatt zu seiner Verfügung. Zwei Ingenieure Heylandts, Arthur Rudolph und W. H. J. Riedel, assistieren und sorgen nebenbei dafür, daß der Fabrikherr über alle technischen Feinheiten stets genau Bescheid weiß. Heylandt liefert den flüssigen Sauerstoff und hilft mit Geld aus.

Aber es reicht an keiner Ecke. Valier hilft sich auf die bewährte Weise. Wieder versammeln sich an der Avus die Zeitungsleute und Reporter. Am 22. Dezember 1929 führt Valier einen „Rückstoßversuchswagen" vor. Er wird durch ausströmendes Kohlendioxydgas getrieben. Raketenauto kann man das Fahrzeug kaum nennen – doch es bringt wieder Geld ein, das fehlende Geld für die Versuche mit der Flüssigkeitsrakete.

Nach zwei Monaten ist die Brennkammer fertig. Durch eine Anzahl Bohrungen gelangt der Sauerstoff in die Brennkammer, ein Stahlrohr, an das eine Düse angeschweißt ist. Zuerst benutzt man gasförmigen, seit März 1930 flüssigen Sauerstoff. Entgegen der Richtung des Sauerstoffstromes wird der Brennstoff, Alkohol, eingespritzt. Die Brennversuche verlaufen ohne Zwischenfall.

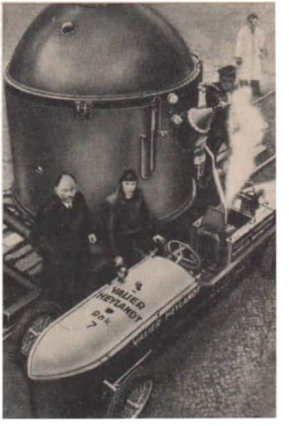
Valier stellt die Brennkammer mit der Düsenöffnung nach oben auf die Schale einer Waage, wie sie zum Abwiegen von Kartoffeln benutzt wird. Den Schub der brennenden Rakete bestimmt er, indem er Gewichte auflegt. Schutzmaßnahmen? Die kosten Geld, und das ist mehr als knapp. Und außerdem Zeit, kostbare Zeit! Denn noch an anderen Stellen wird an der Flüssigkeitsrakete gearbeitet. Auch die Konkurrenz beeilt sich. Wer von den Raketenforschern zuerst den Finanzleuten ein sicher funktionierendes Raketentriebwerk auf den Mahagonischreibtisch legen kann, hätte gewonnen.

Eifersüchtig verbirgt man deshalb seine Kniffe und Erfahrungen, versucht heimlich, einen Vorsprung vor den anderen zu gewinnen, die mit gleichen persönlichen Opfern, unter Einsatz von Gesundheit und Leben an der Flüssigkeitsrakete arbeiten, an dem neuen Motor für Flug- und Forschungsgeräte, für Raumschiffe. Den Mitstreiter auf dem gleichen Gebiet und für dasselbe Ziel betrachtet man als Konkurrenten. So vergiftet das kapitalistische System selbst die Beziehungen der Forscher untereinander. Allenthalben finden wir diesen Schatten. Wie viele Gehässigkeiten muß Valier über sich ergehen lassen! Selbst Oberth, für den Valier so oft eingetreten ist, läßt keine Gelegenheit aus, ihm einen brennenden Hieb zu versetzen. Aber Valier wird allen zeigen, was er kann!

Valier zündet sein Triebwerk mit einer Lötlampe und freut sich, wenn er dreißig Kilo auf die Waagschale legen kann. Soviel Schub erzeugt schließlich seine Konstruktion. Valier setzt jedesmal sein Leben ein. Für Heylandt ist es noch nicht so wertvoll, daß er Schutzmaßnahmen finanziert. Die Zeit, in der man Raketenspezialisten wie rohe Eier über den großen Ozean transportiert, liegt noch fern. Als Wernher von Braun 1947 von den USA nach Bayern zu seiner Hochzeit fährt, wachen Dutzende von Geheimpolizisten über sein Wohl ...

Am 17. und 19. April 1930 rollt Rak 7, das erste mit flüssigen Treibstoffen betriebene Raketenfahrzeug, auf dem Werksgelände der Firma Heylandt. Einen Rekord kann man mit ihm nicht aufstellen, dazu reicht die geringe Schubkraft des unvollkommenen Triebwerkes nicht aus. Immerhin beweist das gemächlich dahinrollende Fahrzeug den Pressevertretern, daß die Flüssigkeitsrakete einen Schub liefert. Die Treibstoffe reichen fast für zehn Minuten!

Valier bei einem Probelauf seines Raketentrieb-werkes – vorn im Bild die Lötlampe



Heylandt und Valier während des Betankens von „Rak 7" mit flüssigem Sauerstoff

Jetzt wittern auch andere Kapitalisten den Braten. Flüssigkeitsraketen verbrauchen nicht nur Sauerstoff, sondern auch Brennstoff. Generaldirektor Deterding ist überzeugt, man könne statt Alkohol ebensogut Shell-Öl verwenden. Seine Firma, der Öltrust Shell Company, würde es liefern, in jeder gewünschten Menge, nicht nur für Valiers Rakete, sondern auch für alle künftigen.

Eine solche Gelegenheit wird sich Henry Deterding nicht entgehen lassen. Er hat es immer verstanden, gute Geschäfte zu machen. Das Öl, das im Weltkrieg die alliierten Armeen verbrauchten, stammte aus den Ölquellen, die er erschloß. Deterding hat das Kunststück fertiggebracht, nicht nur gut zu verdienen, sondern sich auch verdient zu machen. Der englische König adelte ihn. Sir Deterding ist die Säule des britischen Weltreiches. Der Weltkrieg hat ihm aber auch Verluste gebracht. An vielen Stellen Rußlands standen seine Bohrtürme, im Ural und in Turkestan, in Maikop und in Baku. Seit 1917 ist er sie los. Endgültig? Wer glaubte, Deterding würde sich damit abfinden, kennt ihn nicht. Wer Geld hat, hat die Macht. Deterding, der erbitterte Feind der Sowjetunion, kauft sich die Macht, die ihm die verlorenen Ölquellen zurückerobern soll. Dem Faschistenhäuptling Göring schenkt er das Gut Rominten, den „Reichsjägerhof". Hitler stiftet er hochherzig eine Million Mark. Das ist ihm die Sache wert. Gegenüber Valier zeigt sich Deterding allerdings sehr viel weniger großzügig.

Dieser feine Herr Deterding will sich finanziell an der Entwicklung beteiligen, unter der Bedingung, daß Valier an Stelle von Alkohol als Brennstoff sein Shell-Öl verwendet.

Valier beginnt mit neuen Versuchen. Eine zusätzliche Schwierigkeit ist zu meistern. Alkohol kann man nach Belieben mit Wasser mischen. Dadurch sinkt die Temperatur in der Brennkammer, und die Stahlwände halten stand. Reines Öl kann er nicht verwenden, sonst würden die Wände durchbrennen. Eine Mischung von Wasser und Öl aber hält sich nicht, das Öl sammelt sich schnell oben. Was tun?

Valier weiß einen Ausweg. Er baut eine Vorkammer ein, in der Öl und Wasser unmittelbar vor dem Eintritt in die Brennkammer vermischt werden. Am 17. Mai 1930 steht Valier vor der Waage und prüft das umgebaute Triebwerk, in dem jetzt Shell-Öl mit Heylandt-Sauerstoff verbrennt.

Zunächst geht alles gut. Doch beim dritten Versuch treten Stöße auf, die den Waagebalken verbiegen. Eigentlich sollte für diesen Tag Feierabend sein. Aber die Zeit drängt. In einer Woche beginnt in Berlin die Luftfahrtwoche. Bis dahin soll das Triebwerk funktionieren.

Ein neuer Versuch! Gegen 21 Uhr greift Valier wieder zur Lötlampe. Es ist das letzte Mal. Die Zündung gelingt. Nun wird der Druck der Treibstoffe auf sieben Atmosphären erhöht. Da geschieht das Unglück. Vermutlich hat sich ein Teil der Öl-Wasser-Mischung mit flüssigem Sauerstoff vermengt, ohne sofort zu verbrennen. Das hochexplosive Gemisch entzündet sich plötzlich an der schon brennenden Flamme und detoniert. Ein Stahlsplitter zerschlägt Valiers Lungenschlagader. Zehn Minuten später ist Max Valier tot.

Noch im November 1929 schrieb Valier von seinem Ziel, dem Vorstoß in den Weltraum: „Für die Welt wird es im Grunde gleichgültig sein, wer von den einzelnen Forschern die entscheidenden Erfindungen macht. Für die Forscher aber ist es ein harter Kampf, bei welchem ein jeder alle Mittel, die ihm zu Gebote stehen, und auch sein eigenes Leben einsetzen muß, und auch gerne einsetzt, denn ein jeder weiß, daß nur durch die Anspannung aller Kräfte und im edlen Wettstreit der Geister dieses größte technische Problem gemeistert werden kann." Sein Buch über Raketenfahrt endet mit den Worten: „Am Können nur liegt es, den Traum zu verwirklichen."

Aber all sein Fleiß, seine unermüdliche Hingabe und seine Entbehrungen genügten nicht in einer kapitalistischen Welt. Valiers Arbeit an der Erfüllung des Menschheitstraumes diente in erster Linie der Profitgier der Kapitalisten.

PATENTSCHRIFT

№ 608242

KLASSE 46g GRUPPE 1

46g H 2. 30

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 27. Dezember 1934

Dr.-Ing. e. h. C. W. Paul Heylandt in Berlin-Britz

Verfahren zur Erzeugung von Treibgasen zum Fortbewegen von Fahrzeugen mittels Reaktionswirkung

Patentiert im Deutschen Reiche vom 13. April 1930 ab

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Fortbewegen von Fahrzeugen beliebiger Art, wie Flugzeuge, Land- und Wasserfahrzeuge, mittels Reaktionswirkung. Bei diesen Fahrzeugen ist es erwünscht, die stellen sowenig wie möglich zu belasten. Aus

Bohrung *c* der Düse ist von vorn nach hinten verjüngt. An der Düse *b* sitzt ein den Verbrennungsraum *d* mit anschließendem Mischraum *h* bildender Innenbehälter *e*, der sich nahezu über die ganze Länge des Gehäuses *a* erstreckt und in einer Halbkugel *f* endigt. *e*

Ausschnitt aus der Patentschrift Heylandts

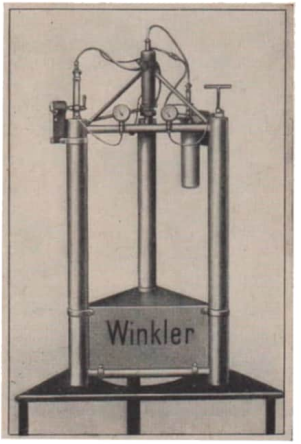
Das ist noch nicht die ganze Wahrheit. Vermutlich ahnte Valier nicht, in wessen Hände seine Konstruktionen geraten waren. Bereits am 13. April 1930 erhielt Heylandt das Reichspatent Nr. 608 242 für ein „Verfahren zur Erzeugung von Treibgasen zum Fortbewegen von Fahrzeugen mittels Reaktionswirkung", in dem wir die von Valier entwickelten Gedanken zur besseren Gemischaufbereitung in der Brennkammer wiedererkennen. Den Namen Valier suchen wir in der Patentschrift vergebens. Dr.-Ing. h. c. C. W. Paul Heylandt ist der Erfinder! Valier konnte nicht mehr gegen diesen typisch kapitalistischen Trick protestieren, denn erst fünf Jahre später wird die Erteilung des Patentes bekanntgegeben und die Patentschrift veröffentlicht. Dieser Tatbestand legt die Vermutung nahe, daß sich schon 1930 militärische Dienststellen der Weimarer Republik für Raketen interessierten und die Bekanntgabe wichtig erscheinender Patente verzögerten.
Tatsächlich bedeutet Valiers Tod nicht das Ende der Versuche im Heylandt-Werk. Unter der Leitung Walter Riedels, in dessen Armen Valier verstarb, setzt die Gruppe, nunmehr unter strengster Geheimhaltung, im gleichen Werk ihre Tätigkeit fort. Warum Geheimhaltung? Weil die Gruppe von jetzt an unter dem „Schutz" der Reichswehr arbeitet, allerdings nicht mehr für den „Vorstoß in den Weltraum", für den Max Valier sein Leben einsetzte.

Johannes Winkler

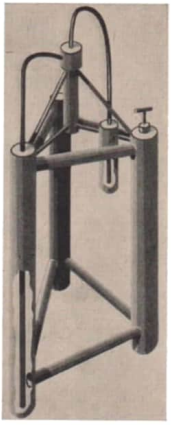
Groß war für mich zuweilen die Versuchung, den Raketenrummel mitzumachen, dem es weniger auf den wissenschaftlichen Fortschritt als auf den populären Effekt ankam. Ich bin jedoch meinem Grundsatz treu geblieben, mich nur ernsthaften Forschungen zu widmen."
Aber auch der Tischlersohn Johannes Winkler, der diese Zeilen schreibt, kann sich nicht den Verhältnissen entziehen, unter denen er lebt und arbeitet. Wie jeder andere deutsche Raketenpionier jener Zeit schlägt er sich mit Schwierigkeiten herum, deren eigentliche Ursachen er nicht erkennt. Sie lassen den Weg Winklers, der zu den Sternen führen soll, „zuweilen zum Erliegen schwer" werden.
Den jungen Winkler haben technische Dinge schon immer gefesselt. Die Bücher von Jules Verne haben einen tiefen Eindruck hinterlassen. Sie regen Winkler an, Raumfahrtprobleme wissenschaftlich zu untersuchen. Der Weltraumflug ist für Winkler nicht nur die Vereinigung seiner Lieblingsgebiete Technik und Astronomie, er nennt ihn „eine der großartigsten Kulturideen, welche die Menschheitsgeschichte kennt". Für dieses Ziel möchte er leben.
Der Anfang ist verheißungsvoll. 1927 gibt der dreißigjährige Ingenieur eine Zeitschrift heraus: „Die Rakete". Sie soll die Verwirklichung der Raumfahrt fördern und ist die erste Zeitschrift für Raumschiffahrt. Wenige Monate später ein neuer Erfolg – der „Verein für Raumschiffahrt E. V." wird gegründet und Winkler zum Vorstand gewählt. Der „VfR" wächst und zählt 1929 etwa 700 Mitglieder. Bei aller Begeisterung geht Winkler sehr nüchtern und sachlich an die Probleme heran und versucht, sie auf wissenschaftlicher Grundlage zu lösen. Als zentrales Problem erkennt er die Frage

Johannes Winkler (1897–1947)

des Antriebes. Er schreibt: „Es war nichts weniger als eine neue Wärmekraftmaschine zu entwickeln, die ich im Gegensatz zum Kolbenmotor als Strahlmotor bezeichne."
Nach den ersten Versuchen mit einfachen Raketen wird dem Ingenieur klar, „daß sehr große Geldmittel nötig sein würden, dieses Problem sachgemäß zu bearbeiten". Die Mittel eines Vereins werden dazu nicht reichen. Allein die Zeitschrift erfordert große Zuschüsse, denn immer schleppender gehen die Beiträge ein. Die Wirtschaftskrise wird spürbar. Ende 1929 gibt es in Deutschland fast drei Millionen Arbeitslose.
Unter diesen Umständen betrachtet es Winkler als einen Fortschritt, daß die Junkers-Flugzeugwerke in Dessau sich für Raketen interessieren. Sie wollen die Rakete als Starthilfe verwenden.
Besonders bei schwer beladenen Wasserflugzeugen ist der Start schwierig. Pulverraketen könnten ihn erleichtern. Im August 1929 finden auf der Elbe bei Dessau Startversuche mit Pulverraketen statt. Die Ergebnisse sind nicht ungünstig. Offenbar sind die Pulverraketen aber zu teuer. Junkers geht zu Versuchen mit flüssigen Treibstoffen über. Er verspricht sich von der erfolgreichen Lösung des Problems eine Überlegenheit gegenüber den Konkurrenzfirmen.
Johannes Winkler ist durch erste Untersuchungen auf diesem Gebiete, über die er in der Vereinszeitschrift „Die Rakete" berichtet, bekannt geworden. Im September 1929 gewinnen die Junkers-Werke den Ingenieur. Seine bisherige Mitarbeit im VfR entspricht jedoch nicht den Interessen des Konzerns. Sie sind unvereinbar mit Raumfahrtbestrebungen, deshalb verlangt die Firma Junkers, daß sich Winkler von der Arbeit des Vereins zurückzieht.
Winkler hofft im stillen, daß bei seiner Arbeit vielleicht doch etwas für die Raumfahrt herausspringt, und ordnet sich den Konzerninteressen unter. Bei Junkers arbeitet



HW 1, die erste europäische Flüssigkeitsrakete



Aufbau der HW 1 (vereinfacht)
Oben Mitte: Brennkammer, oben rechts: Methanbehälter mit Steigrohr

Winkler an einem Raketentriebwerk, das mit Benzin und flüssigem Sauerstoff betrieben wird. Aber die Entwicklung einer Starthilfe ist für Winkler nur eine Nebenaufgabe; sein Interesse gilt nach wie vor der Raumfahrt. Bei Junkers ist dafür kein Platz und keine Gelegenheit. Nur in seiner Freizeit kann er sich mit seiner Lieblingsidee beschäftigen.

Es gilt den ersten Schritt. Noch niemand hat in der Praxis bewiesen, daß eine Flüssigkeitsrakete sich vom Boden erheben kann. Jedenfalls ist in Deutschland noch kein gelungener Start bekannt geworden. Es gibt aber sehr viele Menschen, die die Flugfähigkeit einer Flüssigkeitsrakete überhaupt bezweifeln und damit der Raumfahrt eine grundlegende Voraussetzung absprechen. Winkler möchte diesen Zweifel überwinden und den Boden für die weitere Arbeit ebnen. Im Sommer 1930 beginnt er mit dem Bau seiner Rakete. Er mietet eine kleine Werkstatt in einem Hintergebäude der Kochstedter Straße in Dessau und stattet sie mit einigen einfachen Maschinen aus. Nach Feierabend bearbeitet er mit seinem Mechaniker Richard Baumann die Teile der „HW 1".

Zuverlässig und leicht sollen alle Einzelteile des Apparates werden. Sie dürfen auch bei Temperaturen von –180 °C nicht ihre Betriebssicherheit verlieren. Die Ventile dürfen nicht einfrieren. Sie sollen aus der Ferne auf elektrischem Wege betätigt werden können. Baumann stellt leichte Manometer her, mit denen der Druck in den Treibstoffbehältern gemessen werden kann. Besonders viel Zeit beansprucht die Entwicklung einer leistungsfähigen Brennkammer.

Gegen Ende 1930 sind die Vorarbeiten abgeschlossen. Nun kommen die ersten Brennversuche. Im Garten hinter der Werkstatt haben Winkler und Baumann einen einfachen Prüfstand gebaut. An einer Schwinge hängen Brennkammer und Treibstoffbehälter. Zunächst kommt es darauf an, den Schub zu messen. Ein alter Grammophonmotor dreht die Trommel, auf der ein Schreibstift den Schubverlauf fixiert.

Winkler will seine Rakete mit flüssigem Sauerstoff und flüssigem Methan treiben. Das Methan gewinnt er aus Leuchtgas. Er leitet es durch eine kupferne Rohrspirale, die außen von flüssigem Sauerstoff gekühlt wird. Jeder Versuch braucht deshalb eine längere Vorbereitungszeit.

Hinter einer Schutzwand aus anderthalb Millimeter starkem Eisenblech stehen Winkler und Baumann, acht Meter von ihnen entfernt die Schwinge mit den Geräten. Sie beobachten, wie der Druck in den verschlossenen Behältern allmählich steigt. 3, 4, 5 atü! Winkler schließt den Stromkreis. Ein Draht schmilzt durch, und die vorgespannte Feder öffnet das Ventil des Methanbehälters. Der Brennstoff strömt in die Brennkammer. Winkler dreht einen Kurbelinduktor. Ob die Zündkerze an der Düsenöffnung ausreicht? Die Flamme wird sichtbar. Der nächste Griff! Ein Kontakt wird geschlossen. Ist das Ventil des Sauerstoffbehälters eingefroren? Nein! Ein unglaubliches Geheul tönt durch den Garten, läßt die Nachbarn in der Kochstedter Straße erschreckt zusammenfahren.

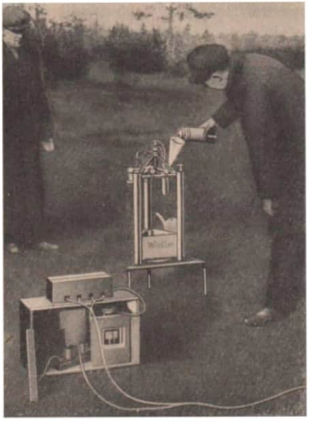
Unterdessen dreht sich der Grammophonmotor. Nach wenigen Sekunden verstummt der gräßliche Lärm. Winkler stürzt, so schnell es seine Kriegsverwundung zuläßt, hinter der Schutzwand hervor. Sein erster Blick gilt der Brennkammer, sein zweiter dem Diagramm, auf dem säuberlich geschrieben steht, was das Triebwerk geleistet hat.

Es reicht noch nicht. Der Schub ist zu gering. Nur den Nachbarn reicht es bald. Zu oft heult es im Garten. Sie schimpfen, wollen ihren ruhigen Feierabend haben.

„Hoffentlich beschweren sich die Leute", meint Winkler. „Vielleicht gibt man uns dann eine bessere Werkstatt." Sein Wunschtraum erfüllt sich nicht. Zum Glück – sonst hätte man ihm noch die Versuche in der Wohngegend verboten. Um die Nachbarn nicht zu sehr zu erschrecken, montiert er die zusätzliche Düse ab, die die eigentliche Düse umgibt. Durch den ringförmigen Spalt zwischen beiden Düsen strömte sonst die Luft. Dadurch nahm der Schub zwar um ein Drittel zu, gleichzeitig vervielfachte sich der Lärm. Bei den folgenden Versuchen geht es etwas leiser zu.

Nicht ein einziges Mal gibt es Explosionen. Sicher liegt das nicht nur an der Umsicht Winklers und an der sauberen Arbeit seines Mechanikers. Winkler braucht nicht überhastet zu arbeiten, denn er hat sich nicht durch zeitliche Versprechungen gebunden. Seine Unabhängigkeit muß er sich durch große persönliche Einschränkungen erkaufen. Zwar erhält Winkler einen Teil der Kosten von einem Hutfabrikanten, der auf diese Weise ein gutes Werk leisten will, indem er von dem Überfluß, den er sich durch die Ausbeutung seiner Arbeiter aneignet, ein Scherflein der Wissenschaft „opfert". Für Winkler hingegen handelt es sich tatsächlich um Opfer. „Die wenigsten haben eine Ahnung davon, welche fast ans Unsinnige grenzenden persönlichen Opfer diese Forschungen immer wieder fordern." Den größten Teil der Kosten bestreitet er selbst von dem Geld, das er für seine berufliche Arbeit erhält. Er benutzt seine Ersparnisse, um das Werk zu Ende führen zu können.

Nach einigen Monaten entwickelt eine der Brennkammern fünf kp Schub. Das ist



Mechaniker Baumann bereitet die HW 1 zum Start vor – Betanken mit Methan

Die umgebaute HW 1 – Montage der Zündeinrichtung

immer noch wenig, reicht aber zur Not aus, ein Gerät zu bauen, das sich wirklich vom Boden erhebt. Am 21. Februar 1931 wird auf einer Ödfläche in der Nähe von Großkühnau bei Dessau der erste Startversuch unternommen. Aber es klappt nicht mit der Treibstoffzufuhr. Der Apparat hebt sich nur etwa drei Meter in die Höhe und stürzt dann zu Boden.

Am 14. März 1931 verstauen Winkler und Baumann erneut ihre sieben Sachen in eine Taxe. Ein alter Persilkarton nimmt die elektrische Anlage auf. Rekordleistungen kann man von dem kleinen Gerät nicht erwarten. Es soll lediglich beweisen, daß eine Flüssigkeitsrakete fliegen kann. Das Gelände bei Großkühnau wird gerade ausreichen.

Auf einem kleinen dreibeinigen Starttisch steht die HW 1, etwa 70 cm hoch und 30 cm breit. Schmuck sieht das eigenartige Gerät aus. Winkler läßt seine Apparate stets schön mit Silberbronze anstreichen. Es ist deshalb kein Wunder, wenn verschiedene Chronisten behaupten, die HW 1 wäre aus Aluminium gefertigt. In Wirklichkeit bestehen die drei 60 cm langen Rohre, die als Sauerstoffbehälter dienen, aus dünnem Messingblech, die Treibstoffleitungen aus Kupfer. Die Verbindungsstellen sind meist gelötet.

Die drei Sauerstoffbehälter bilden die Kanten einer dreiseitigen Säule und sind oben und unten durch Rohrleitungen miteinander verbunden. Der flüssige Sauerstoff verdampft zum Teil. Durch den Dampfdruck wird er nach dem Öffnen des Ventils in ein Steigrohr und von dort in die Brennkammer gepreßt.

Die Brennkammer ist an der Spitze des oberen Teiles angebracht, der eine offene dreiseitige Pyramide bildet. Dadurch wird das Gerät nicht geschoben, sondern gezogen. Auf diese Weise soll vermieden werden, daß sich die HW 1 während des Fluges überschlägt.

Im oberen Teil befindet sich auch der kleine Behälter für das flüssige Methan, das auf ähnliche Weise wie der Sauerstoff in die Brennkammer gelangt. Zwei Manometer gestatten das genaue Ablesen des Druckes in den Behältern.
Der ganze Apparat wiegt leer etwa 3 kg und faßt 1,7 kg Treibstoffe. Die stählerne Brennkammer ist kaum handspannenlang. Sie wird nicht zusätzlich von außen gekühlt. Jedoch wird der Sauerstoff am Kopf der Brennkammer so eingespritzt, daß er die Innenwand wie ein Schleier überzieht. Dadurch kann die Brennkammer die kurzen Brennzeiten bis zu zehn Sekunden gerade noch heil überstehen.
Eigentlich sieht das Gerät ganz anders aus, als man es von einer Flüssigkeitsrakete erwartet. Die Filmleute von der Paramount, die den historischen Flug für die Wochenschau festhalten wollen, sind enttäuscht, als sie den winzigen Apparat erblicken. Sie haben ein gewaltiges Bauwerk erwartet. Aber die HW 1 ist alles andere als ein Monument. Winkler tröstet die Filmleute: „Sie müssen es nur aus der richtigen Stellung filmen."
Baumann füllt die Treibstoffe in ihre Behälter, verschließt die Füllöffnungen. Die elektrischen Leitungen sind schon ausgelegt. Aus fünfzig Meter Entfernung werden die Ventile betätigt. Aber die Zündung gelingt nicht. Offenbar versagt die Zündkerze am oberen Verbindungsstreben. Als man sich der HW 1 nähert, sind die Behälter leer, die Treibstoffe verdampft.
Ein neuer Versuch wird vorbereitet. Winkler prüft noch einmal die Zündeinrichtung. Baumann schließt die Treibstoffventile, spannt die Ventilfedern und befestigt sie mit Schmelzdrähten. Dann füllt er die Treibstoffbehälter aufs neue.
Zuerst scheint es, als mißlänge die Zündung abermals. Verzweifelt dreht der Mechaniker die Kurbel des Induktors. Da endlich erhebt sich die Rakete vom Boden. Unter starkem Zischen steigt sie senkrecht in die Höhe, biegt dann in eine schräge Bahn und landet schließlich 200 Meter vom Startpunkt entfernt.
Statt der erwarteten Höhe von 600 Metern sind nur 100 Meter erreicht. Der Beweis aber ist erbracht. Winkler nennt diesen Augenblick die „Geburtsstunde der Flüssig-

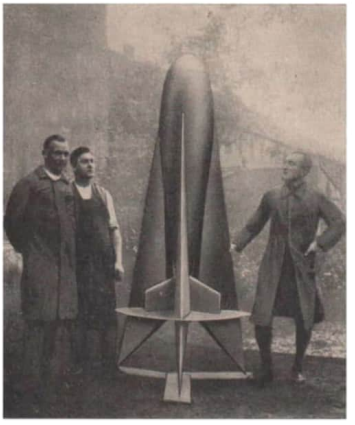
HW 1 wird mit flüssigem Sauerstoff betankt. Links Johannes Winkler

keitsrakete". An den Mann im fernen Kaluga, der diesen Raketentyp ertand, als Winkler geboren wurde, denkt auch Winkler in diesem Augenblick nicht.
Nun gilt es, die Flugeigenschaften des Gerätes zu verbessern. Deshalb ändert Winkler den Aufbau des Gerätes ab. Jetzt bekommt die HW 1 schon mehr Ähnlichkeit mit modernen Raketen. Der Schwerpunkt der umgebauten HW 1 liegt höher als bisher, das Angriffszentrum der Luftkräfte darunter. Baumann hat alle Hände voll zu tun, um in den knappen Stunden des Feierabends die Wünsche Winklers zu erfüllen. Schon am 18. April kann der nächste Aufstieg stattfinden. In einem eleganten Bogen fliegt der Apparat dahin, ohne allerdings wesentlich größere Höhen und Weiten zu erreichen.
Mit diesen gelungenen Aufstiegen ist Winkler den „Konkurrenten" um eine Nasenlänge zuvorgekommen. Ihr Echo auf diesen Anfangserfolg besteht in nicht sehr freundlichen Bemerkungen. Wieder einmal spüren wir den Neid, eine Auswirkung der gesellschaftlichen Verhältnisse auf die Beziehungen der Forscher untereinander.
Mißgünstig nennt der Berliner Willy Ley die nächste Rakete Winklers, die HW 2, ein Produkt „aus sehr viel Berechnung und wenig Erfahrung", ihre Form bezeichnet er als widersinnig.
Dennoch stellt die HW 2 einen Fortschritt gegenüber ihrer Vorläuferin dar:

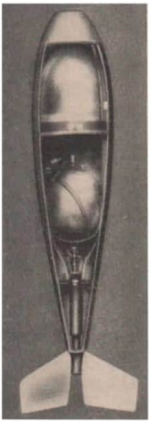
	Leergewicht	Treibstoff-gewicht	Startgewicht	Ziolkowski-zahl	Ideale End-geschwindigkeit
HW 1	3 kg	1,7 kg	4,7 kg	1,6	182 m/s
HW 2	9 kg	34 kg	43 kg	4,8	2260 m/s

Das Massenverhältnis der HW 2 ist also bereits günstiger als das verschiedener späterer Großraketen.
Mit der HW 2 will Winkler beweisen, daß Flüssigkeitsraketen mehr als Pulverraketen leisten können. Sie soll höher steigen als die besten Pulverraketen und schon mit halber Treibstoffüllung sieben Kilometer Höhe schaffen.

Winkler beobachtet den Flug der umgebauten HW 1. Im Hintergrund die Silhouette von Großkühnau bei Dessau.



HW 2 im Startgestell, daneben Mechaniker Baumann, Klempner Michaelis und Schlosser Schröter, die Erbauer der HW 2



HW 2 (geöffnet) – oben der Sauerstoffbehälter, darunter Methanbehälter und Brennkammer. Der Kopf ist abgenommen

Im Prinzip unterscheidet sich die HW 2 kaum von ihrer Vorgängerin. Doch in Form und Ausführung enthält sie viele Verfeinerungen. Winkler wählt für die HW 2 eine Stromlinienform, die mit den viele Jahre zurückliegenden Entwürfen Ziolkowskis eine große Ähnlichkeit zeigt. Die Außenhülle wird aus dünnem Elektronblech getrieben. Brennkammer und Düse sind größer als bei der HW 1. Die kleine Drehbank in der Kochstedter Straße reicht zu ihrer Herstellung nicht mehr aus. Der Handwerker Klickermann dreht sie aus einem Stück Stahl „St 60". Ein geeichter Barograph wird die Steighöhe registrieren. Das empfindliche Gerät soll an einem Fallschirm, der im Scheitelpunkt der Flugbahn automatisch ausgestoßen wird, unbeschädigt landen.
Die Druckerprobung der Behälter wird in Dessau durchgeführt. Doch für Prüfstandversuche ist der Garten in der Kochstedter Straße schon zu klein geworden. Einen neuen Prüfstand irgendwo in einem unbebauten Gelände kann sich Winkler nicht leisten. Der Hutfabrikant schlägt vor, das Triebwerk der HW 2 in Berlin zu erproben. Dort existiert der „Raketenflugplatz", von dem wir noch hören werden. Ihn hat der Fabrikant ebenfalls mit Geld unterstützt.
Wohl oder übel beugt sich Winkler dem Zwang der Umstände. Für ihn bedeutet es eine schwere finanzielle Belastung, denn er muß vorübergehend sein Arbeitsverhältnis unterbrechen.
Die unmittelbare Nachbarschaft der Berliner Gruppe, zu der auch der eben erwähnte Willi Ley gehört, behagt Winkler gar nicht. Er fürchtet, daß Rudolf Nebel, der Leiter des Raketenflugplatzes, einen ungünstigen Einfluß auf seine Arbeit nimmt, um zu

erreichen, daß der Hutfabrikant seine Geldspenden im Sinne Nebels ausgibt. Ängstlich beugt Winkler deshalb allen Sabotageversuchen vor.
Die Prüfstandversuche Anfang 1932 gelingen ohne Explosionen. Ohne Schaden hält die Brennkammer eine Betriebszeit von zehn bis fünfzehn Sekunden aus. Winkler ist voller Zuversicht.
Doch noch fehlt das geeignete Startgelände. Der Berliner Raketenflugplatz ist zu klein. Die Greifswalder Oie, eine Insel nördlich Usedom, hat etwa die Größe Helgolands und würde genügen. Aber Winkler erhält nicht die Starterlaubnis. Die Behörden befürchten, er könne den Leuchtturm der Insel beschädigen. Seine Losung „Astris" (Zu den Sternen), die er für seine erste Rakete wählte, findet bei ihnen keinen Anklang. Fünf Jahre später starten jedoch von der gleichen Stelle die Versuchsgeräte des Heereswaffenamtes. Ihnen, den Vorläufern der V 2, stellen die Behörden nichts in den Weg.
Winkler erlaubt sich die Anfrage, ob er auf dem Gelände des Truppenübungsplatzes Döberitz seine Höhenrakete starten dürfe. Er wird abgewiesen. Die Reichswehr unterstützt niemanden, der ausschließlich für die friedliche Verwendung der Rakete eintritt.
Einem neuen Antrag, die Frische Nehrung für den Start freizugeben, können die Behörden schließlich ihre Zustimmung nicht mehr versagen. Ende September 1932 soll die HW 2 endlich starten. Aber der hochgezüchtete Apparat hat seine Mucken. Zuerst frieren die Hähne ein. Beim nächsten Versuch, am 6. Oktober, schleudert eine Explosion die HW 2 noch vor dem Start etwa 15 Meter hoch in die Luft. Obgleich Winkler den Hohlraum zwischen Außenhülle und Treibstoffbehälter mit Stickstoff durchspült hat, bildete sich dort ein Gasgemisch, das mit großer Heftigkeit explodiert. Die HW 2 ist schwer beschädigt.
Dieser Zwischenfall bedeutet das Ende der Winklerschen Versuche. Die Mittel sind erschöpft. Trotz aller persönlichen Einschränkungen ist der anständige und fähige Ingenieur nicht in der Lage, seine Losung „Astris" auch nur im bescheidenen Umfang zu erfüllen. Winkler hat an der Enttäuschung schwer zu tragen. Ihn bedrückt die Vermutung, der Zwischenfall sei auf Sabotage zurückzuführen. Er wird den Verdacht nicht los, es habe jemand im Auftrage oder mit Wissen Nebels seine Hand im Spiele gehabt.
Das Echo der Presse ist ungerecht und nimmt Winkler den letzten Mut. Ganz im Gegensatz zu den geschäftstüchtigen Managern des Raketenrummels hat Winkler darauf verzichtet, sich bei den Berichterstattern beliebt zu machen. Er hat ihnen nie Gelegenheit zu fetten Schlagzeilen und einträglichen Artikeln gegeben. Zu den Versuchen mit der HW 2 ließ er nur einen einzigen Pressevertreter zu, den er überdies noch verpflichtete, bei einem Mißerfolg zu schweigen. Dessen Kollegen sehen sich um ihr Zeilenhonorar geprellt und rächen sich auf ihre Weise. Sie verunglimpfen Winkler, nennen ihn den „geknickten Raketenvater", der ein „Wunderkind vorführen" wollte.
Irgendwo im Garten Winklers steht noch Jahre später der Rest der HW 2, letzte Erinnerung an seine Pläne vom Flug zu den Sternen.
Wir müssen uns die Frage vorlegen, ob Geräten wie der HW 2 oder den anderen kleinen Versuchsraketen dieser Jahre überhaupt eine Bedeutung zuzumessen ist. Zuweilen hört man die Meinung, die „Raketenbastler" hätten lediglich gezeigt, daß

man mit geringen Mitteln nichts erreichen kann, denn was bedeuten schon die paar Meter Steighöhe gegenüber den heutigen Leistungen.
Diese Ansicht geht am Kern der Sache vorbei. Die historische Bedeutung der Versuche, die Winkler und andere mit unzulänglichen Mitteln durchführten, ist darin zu sehen, daß sie die ersten praktischen Beweise für die Richtigkeit der von Ziolkowski gewiesenen Wege zur Raumfahrt erbrachten. Die „Raketennarren" setzten sich über Rückständigkeit und Besserwisserei hinweg und erzwangen in der Praxis einen qualitativen Fortschritt. Denn trotz seiner Winzigkeit stellt das Triebwerk zum Beispiel der HW 1 eine neue Qualität dar. Erst die moderne Rakete ist ihrem Wesen nach in der Lage, dem Menschen den Weltraum zu erschließen und ihn zu neuen Möglichkeiten der Erkenntnis zu führen. Dadurch unterscheidet sie sich grundlegend von allen anderen Triebwerken. Die Pioniere der Raketentechnik haben mitgeholfen, die weiteren Perspektiven darzulegen, und haben die Rückständigen eines Besseren belehrt. Ob allerdings diese Möglichkeiten zum Nutzen oder zum Schaden verwendet werden, darüber entscheiden die gesellschaftlichen Verhältnisse. Die Entwicklung in Deutschland zeigt das besonders deutlich.
Die Forschungen jener Jahre beschränken sich im wesentlichen auf die Grundlagen des Antriebes. Auch auf diesem Teilgebiet werden die umfangreichen Vorarbeiten und Anregungen Ziolkowskis in keiner Weise ausgeschöpft. Obgleich Ziolkowski zum Beispiel die Vorzüge der Umlaufkühlung dargelegt hatte, verwendet Winkler nur ungekühlte Brennkammern mit sehr begrenzter Lebensdauer. Dieser Zustand erklärt sich einerseits daraus, daß die Raketenpioniere isoliert voneinander arbeiten, ihre Mittel begrenzt sind und sich die Forscher auf das Wesentliche, auf die Schaffung der elementaren Grundlagen, beschränken müssen. Andererseits entspricht es dem damaligen Entwicklungsstand von Wissenschaft und Technik, die erst in unseren Tagen das vielfältige und äußerst komplizierte Zubehör für leistungsfähige Raumraketen zu schaffen erlauben.
Außerdem zeigt uns die Arbeit der Raketenpioniere, daß sie, auf sich gestellt, in den Anfangsproblemen der Raketentechnik steckenbleiben mußten. Nur große Kollektive, in denen Wissenschaftler vieler Gebiete zusammenarbeiten, können die Vielzahl der Aufgaben lösen, an denen der einzelne Forscher in der Praxis schließlich scheitern muß. Das gelingt um so besser, je weniger die Zusammenarbeit durch individualistische Interessen gehemmt wird. Nur auf diesem Wege nähern wir uns heute immer mehr der allseitigen Erforschung des Gegenstandes.

Der Verein für Raumschiffahrt

Oberth schreibt 1923, seine Höhenrakete „Modell B" mit ihrer geplanten Steighöhe von 2000 km würde einschließlich der Vorversuche „10 000–20 000 Mark Friedenswährung" kosten. In dieser vollkommen unhaltbaren Behauptung tritt die Absicht zutage, die Geldgeber durch geringe Ansprüche herbeizulocken. Im späteren Wetteifern um die Gunst der spärlich gesäten Mäzene finden wir die gleiche Erscheinung wieder. Sie hat zur Folge, daß in Deutschland die Raumfahrtprobleme sehr wirklichkeitsfremd beurteilt werden.

Wie offen sind im Gegensatz dazu die Worte Ziolkowskis: „Wenn die Menschen wüßten, welch übermenschlicher Energie es bedarf, welche riesigen Schwierigkeiten überwunden werden müssen, um den Flug von Raketen praktisch zu verwirklichen, würden sich viele, die an diesem Problem arbeiten, selbst wirkliche Enthusiasten, erschrocken davon abwenden." Die jungen Schüler Ziolkowskis, die sich in jenen Jahren in der Sowjetunion mit der Praxis der Raketentechnik vertraut zu machen beginnen, treten den Schwierigkeiten ohne Illusionen gegenüber. Sie sind frei von dem Ballast unrealistischer Vorstellungen, wie wir sie in Deutschland antreffen und die ihre Wurzeln letzten Endes in der damals in Deutschland bestehenden Gesellschaftsordnung haben, die die Raketenforscher zu solch schöngefärbten Einschätzungen veranlaßt.

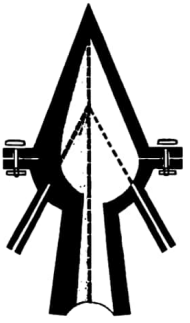
Als am 5. Juli 1927 im Beisein von Valier und Winkler der „Verein für Raumschiffahrt" gegründet wird, geschieht das in der besten Absicht aller Beteiligten, auf möglichst viele Menschen auszustrahlen und sie zu gewinnen. Der Name ist Anlaß für den ersten Zusammenstoß mit der rauhen Wirklichkeit. Als man den Verein ins Register eintragen lassen will, ergibt sich überraschenderweise, daß „amtlicherseits" in der deutschen Sprache das Wort „Raumschiffahrt" gar nicht existiert. Deshalb muß „auf Erfordern des Gerichts der Zweck des Vereins in § 1 der Statuten deutlicher zum Ausdruck gebracht werden".

Welche Aufgaben stellt sich der Verein? Im Statut lesen wir: „Der Verein hat den Zweck, den Raumfahrtgedanken zu verwirklichen. Er will die für den Flug im leeren Raum erforderlichen Vorarbeiten leisten und gegebenenfalls so weit fördern, daß Fahrten zu benachbarten Himmelskörpern unternommen werden können."

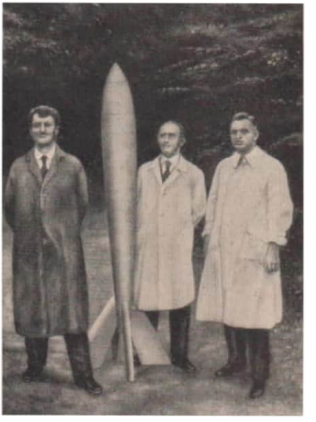
Die Gründung eines Vereins, der nichts weniger als die Raumfahrt verwirklichen

Ein Titelblatt der Zeitschrift „Die Rakete" aus dem Jahre 1927

Hermann Oberth, die „UFA-Rakete", Rudolf Nebel und Klaus Riedel, der Erbauer des ersten Repulsors



Die „Kegeldüse" des Vereins für Raumschiffahrt



will, beweist nicht nur die unrealistische Einschätzung der Raumfahrtprobleme, sondern auch, wie sehr die Gründer und Mitglieder die wirkliche Lage in Deutschland verkennen. Sie wiegen sich in der Hoffnung, die eingetretene Festigung des Kapitalismus und die Konjunktur seien dauerhaft.

Der doppelte Irrtum macht sich bereits zwei Jahre nach der Gründung des Vereins bemerkbar. Einerseits zeigt sich nach den ersten bescheidenen Versuchen, wie schwierig und teuer es ist, auch nur ein kleines Raketentriebwerk für flüssige Treibstoffe zu entwickeln. Das ernüchtert viele, die sich von Oberths Kostenanschlag berauschen ließen. Zum anderen ist die wirtschaftliche Scheinblüte in Deutschland auch die Scheinblüte des VfR. Die Krise, die 1929 spürbar wird, trägt auch zur Krise des Vereins und schließlich zu seinem Zusammenbruch bei.

Zunächst geht es mit dem VfR gut voran. Nach kurzer Zeit gehören ihm alle Wissenschaftler und Ingenieure Deutschlands an, die sich mit Raumfahrt- und Raketenproblemen beschäftigen. Die Zeitschrift „Die Rakete" bringt ihre Arbeiten. Ende 1929 zählt der Verein siebenhundert Mitglieder. Doch dann gehen die Mitgliedsbeiträge immer schleppender ein. „Die Rakete" kann nicht mehr erscheinen. Ein großer Teil der Mitglieder springt ab.

Mit seinen letzten Mitteln kauft der VfR die Teile der Oberth-Rakete, die immer noch bei den einzelnen Firmen herumliegen, und erbettelt sich von der UFA das große Startgestell. Es wird später als Raketenprüfstand gute Dienste leisten. Einige Veranstaltungen in Berlin bringen einen vorübergehenden Aufschwung. Oberth kommt noch einmal aus Mediasch nach Berlin, um zu sehen, ob nicht doch noch etwas zu retten ist.

Verschiedene Anträge und Bitten bei wissenschaftlichen Organisationen und Insti-

Rudolf Nebel und Wernher von Braun unterstützten den militärischen Mißbrauch der Raketen durch die deutschen Faschisten. Das Bild wurde 1930 auf dem Raketenflugplatz Berlin aufgenommen.
Nebel und der achtzehnjährige v. Braun mit Raketenmodellen

tuten bringen zwar kein Geld, aber doch eine, wenn auch bescheidene Möglichkeit zur praktischen Arbeit. Die Chemisch-Technische Reichsanstalt in Berlin ist bereit, ein Flüssigkeitstriebwerk der VfR zu prüfen und zu begutachten, und stellt dem Verein für die Vorarbeiten ihre Werkstätten zur Verfügung.
Ein solches Angebot lassen sich die VfR-Leute nicht entgehen. Unter der Leitung von Oberth bereiten einige neue Mitglieder des Vereins die Prüfstandversuche mit der Kegeldüse vor. Es ist ein recht einfaches Gebilde. Zur gleichen Zeit baut in der UdSSR der Ingenieur Zander sein Raketentriebwerk OR 1. Goddard, der heute von seinen Landsleuten vergessene Erfinder, jagt ein Jahr zuvor den Bewohnern der Stadt Auburn einen gewaltigen Schreck ein, als eine Flüssigkeitsrakete mit Getöse in eine Höhe von 30 m steigt. Davon erfahren Oberth und seine Mitarbeiter aber erst viel später.
Ihre Arbeit hat Erfolg. Am 23. Juli 1930 kann der Leiter der Chemisch-Technischen Reichsanstalt bescheinigen, daß die Kegeldüse anderthalb Minuten lang brannte, einen nahezu konstanten Schub von 7 kp lieferte und dabei 1 kg Benzin und 6½ kg flüssigen Sauerstoff verbrauchte. Eigentlich benötigt man zur Verbrennung der Benzinmenge nur 3½ kg Sauerstoff. Der Überschuß an Sauerstoff diente jedoch dazu, die Temperatur in der Brennkammer herabzusetzen und ihr vorzeitiges Schmelzen zu verhindern. Natürlich sank dadurch auch die Gasgeschwindigkeit. Bei der Kegeldüse betrug sie weniger als 800 m/s. Das ist etwa dasselbe, was eine einfache Feuerwerksrakete erreicht, die Hälfte von dem, was die besten Pulverraketen jener Zeit schaffen. Dennoch beweist der Versuch, was viele deutsche Fachleute für ausgeschlossen hielten. Immer wieder wurde bis dahin bestritten, daß ein Flüssigkeitstriebwerk überhaupt brennen könne. Jetzt kann der VfR ein amtliches Papier vorweisen, mit Unterschrift und Stempel. Nun wird – so hoffen manche – die Rakete bald den Weg zu den Sternen erschließen.
Es scheint nur so. Die neuen und aktiven Vereinsmitglieder verstärken nicht nur seine politische Labilität. Sie nehmen auch in zunehmendem Maße Einfluß auf Richtung und Charakter der Arbeit. Da ist zum Beispiel der Diplomingenieur Rudolf Nebel, bei den UFA-Versuchen Assistent Oberths. Nebel vergißt nie, sich als Kriegspilot

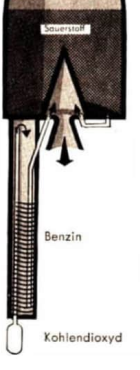
mit elf Abschüssen vorzustellen. Dann der achtzehnjährige Student Baron Wernher von Braun, der Sohn des Rittergutsbesitzers Freiherr Magnus von Braun. Magnus von Braun war einst königlich-preußischer Landrat, später wird er in der Regierung Papens Reichsminister für Ernährung und Landwirtschaft und Leiter des Ostkommissariates. Weiter der Major a. D. Hanns Wolf von Dickhuth-Harrach, der 1931 als Nachfolger von Winkler und Oberth neuer Vereinsvorsitzender wird.

Nach dem Gastspiel in der Reichsanstalt sucht man einen neuen Platz für weitere Arbeiten. Im Norden Berlins, in Reinickendorf-West, entdeckt Nebel ein Gelände, so recht geschaffen für die nicht ungefährlichen Versuche. Früher lagerte Munition in den Betongebäuden. Aber sie stören nicht. Das vier Quadratkilometer große Gelände wird mit seinen Einrichtungen noch nicht wieder gebraucht, denn man schreibt erst das Jahr 1930. Für zehn Mark Jahresmiete darf der VfR das Gelände und zwei der Gebäude benutzen, nachdem Nebel versprochen hat, gegebenenfalls innerhalb von drei Tagen den Munitionslagerplatz zu räumen ...

Mit Unterstützung verschiedener Firmen bauen die jungen Leute des Vereins unter Leitung Nebels den „Raketenflugplatz Berlin" auf. Werkstatt, Büro und Prüfstand werden eingerichtet. Einige Unternehmer stellen aus Beständen, die ihnen jetzt während der Krise sowieso niemand abkauft, Material zur Verfügung, die Royal Dutch zum Beispiel Petroleum und Öl. Man hofft auf neue Absatzmöglichkeiten.

Einige Zuwendungen von Vereinsmitgliedern helfen ebenso weiter wie die Eintrittsgelder, die man von technischen Vereinen für die Vorführung von Flüssigkeitstriebwerken und später von Raketen kassiert. Kostenloses Essen für die Mitarbeiter des

Die erste „Mirak" (Minimumrakete) des VfR (Schnitt)

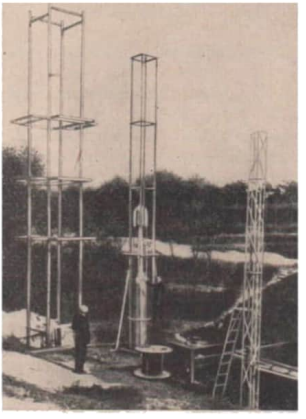


Schnitt durch den von Klaus Riedel gebauten Repulsor

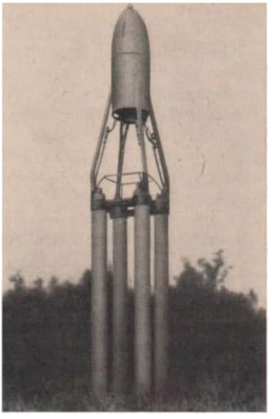
Aufbau eines „Einstabrepulsors": 1 – Wassergekühlte Brennkammer, 2 – Sauerstoffbehälter, 3 – Manometer, 4 – Brennstoffbehälter, 5 – Fallschirmbehälter
Rechts oben das Schema einer landenden Rakete. Der Pfeil weist auf Meßgeräte hin, die durch Trennung vom Repulsor vor Schaden bewahrt werden sollen (Zeichnung nach W. Leyl

Raketenflugplatzes liefert eine benachbarte Küche der öffentlichen Wohlfahrt. Viele der jungen Leute sind arbeitslos – in Deutschland gibt es über vier Millionen Arbeitslose – und leben von Unterstützung. Nachdem die erste „Mirak" des VfR, eine **Mi**nimum**rakete** mit minimalen Kosten, explodiert ist, versuchen sie es auf andere Weise. Ihr Ziel? „Unser Programm war einfach. Flüssigkeitsraketen, ganz einfach Raketen!" Wofür, danach wird jetzt nicht gefragt. Als man erfährt, daß Winklers HW 1 ihren ersten Flug vollführt hat, begrüßt man den Erfolg des „Konkurrenten" mit sehr geteilten Gefühlen. Die Kegeldüse wird verbessert und mit einer Wasserkühlung versehen. Die Ziolkowskische Umlaufkühlung erfindet man später noch einmal. Der junge Ingenieur Klaus Riedel baut den „Repulsor", der im Mai 1931 die ersten kurzen Flüge vollführt. Mit der Zeit gelingt es, die Geräte einigermaßen betriebssicher zu bauen. Etwas größere Modelle erreichen 1500 Meter Höhe und Flugweiten von vier Kilometern. Der Vereinsvorsitzende erklärt später dazu: „Trotz jahrelanger Forschung ist von Erfolg noch kaum etwas zu merken."

Welche Entwicklung der Raketenflugplatz der VfR einzuschlagen beginnt, erfahren wir aus einem Bericht der amerikanischen Journalistin Drummont-Hay, die dem Flugplatz einen Besuch abstattet. Sie schreibt: „Die jungen Männer auf diesem Raketenflugplatz arbeiten wie eine eingeübte Mannschaft. Zuerst wurde eine Zündpatrone in Betrieb gesetzt. Jemand, der die Rakete aus sicherer Entfernung beobachten konnte, gab den Befehl: Benzin, und irgendwer hinter der hohen Schutzwehr drehte an einer Kurbel. Die Ventile knirschten, und ein Strom leuchtenden Feuers fiel plötzlich aus der Rakete. Sehr schnell kam dann der nächste Befehl: Sauerstoff. Wir



Raketenflugplatz Berlin: Startgestelle für Repulsoren



Vierstabrepulsor

hielten alle für einen Augenblick den Atem an. Es gab einen lauten Knall, und die gelbe Flamme wurde unversehens bläulich-weiß. Sie donnerte nun wie ein großer Wasserfall mit einem nervenzerrüttenden, magenverkrämpfenden Getöse, vor dem ich mich – wie alle anderen auch – aus unerfindlichen Gründen entsetzlich fürchtete. Als ich den Raketenflugplatz Berlin wieder verließ, da wußte ich, daß diese jungen Enthusiasten die Waffen vorbereiteten, mit denen sie uns in Amerika eines Tages über den Atlantik hinweg treffen werden."

Tatsächlich arbeitet zwölf Jahre später Oberth in Peenemünde an der „Amerika-Rakete". Die vernichtenden Schläge der Roten Armee verhinderten, daß diese Rakete Amerika erreichen konnte. Mit sicherem Instinkt fühlte die Amerikanerin schon damals, in welcher verhängnisvollen Richtung sich die Vereinsarbeit entwickelt hatte – Ergebnis der nationalistischen Verhetzung und des Einflusses von Militaristen auf die unrealistischen und anfälligen Schwärmer.

Der Raketenflugplatz Berlin des Vereins für Raumschiffahrt, der den Raumfahrtgedanken zu verwirklichen versprach, erweist sich rückblickend als eine Ausbildungsstätte für jene Leute, die kurze Zeit später im Dienste der deutschen Militaristen Terrorwaffen entwickeln. Hier sammeln die Konstrukteure von Hitlers Wunderwaffen in jungen Jahren ihre ersten Erfahrungen, mit denen sie später den Imperialisten helfen, jene erhabene Aufgabe zu verraten, die zu erfüllen sie vorgegeben hatten: Die Rakete zu den Planetenräumen.

Der Vereinsvorsitzende, von Dickhut-Harrach, verrät seinen Verein: „Es wird Zeit, daß der Parlamentarismus der Raketenforschung zerschlagen wird. Es ist Zeit, daß ein Mächtiger auftritt..."

Hermann Oberth, der in Rumänien darauf wartet, daß man ihn nach Berlin hole, bietet sich immer deutlicher an. Er schlägt vor:

Raketen, die „im Kriegsfall die feindlichen Stellungen photographieren"; der Steuerapparat sei bereits erfunden.
Raketen, die „im Kriegsfall" gegen feindliche Flugzeuge losgelassen werden; das Steuerverfahren sei bereits erfunden.
Raketen „mit einer Treffgenauigkeit von beiläufig 0,0001 der Schußweite, das heißt: wenn wir von Berlin nach New York schießen wollten, so würden wir noch keine 700 Meter danebentreffen. Das gibt geradezu unheimliche Aussichten für einen zukünftigen Krieg. Es wird möglich sein, mit einem einzigen riesigen Raketengeschoß ganze feindliche Städte zu zerstören, und all unsere heutigen Verteidigungsmittel werden dagegen machtlos sein".

Das Raumschiff jedoch? Oberth nennt dieses Thema „nicht zeitgemäß"!
Solange Oberth noch davon sprach, den Kosmos zu erforschen, hatte der Staat der Kapitalisten keinen Pfennig dafür übrig. Erst als sich herausstellt, daß die Rakete auch geeignet ist, die Eroberungspläne des deutschen Imperialismus zu unterstützen, wird sie interessant. Schuld an allem hat nicht die Rakete.

Das Heereswaffenamt

Auf Befehl des Reichswehrministers Groener beginnt 1929 das Heereswaffenamt der „Reichswehr" mit der Raketenforschung. Oberths Propaganda beginnt ihre Früchte zu tragen.
Nach den Bestimmungen des Friedensvertrages von Versailles ist Deutschland der Besitz schwerer Waffen untersagt. Ohne Bedenken setzt sich die Reichswehr darüber hinweg und entwickelt eine Waffe, die weitaus größere Sprengstoffmengen über weitere Entfernungen zu tragen vermag als jedes beliebige Geschütz. Interessant ist die „Begründung", mit der heute die damals Verantwortlichen die Verletzung der Versailler Bestimmungen nachträglich zu rechtfertigen versuchen: „Um das Verbot schwerer Waffen nicht zu verletzen", wurden überschwere Waffen entwickelt!
Das ist nicht der einzige Verstoß. Der Artikel 177 des Versailler Vertrages sagt ausdrücklich: „Vereine dürfen in keiner Verbindung mit dem Kriegsministerium oder irgendeiner anderen militärischen Behörde stehen." Doch die Verbindung, die das Heereswaffenamt zum Verein für Raumschiffahrt herstellt, ist recht eng. Die Offiziere des Amtes erscheinen oft auf dem Raketenflugplatz des VfR und beobachten – natürlich inkognito – die Entwicklungsarbeiten und die Prüfstandversuche. Sie unterstützen durch finanzielle Zuwendungen die Versuche und räumen Hindernisse aus dem Wege. Die Besucher, Dr. Becker und Dipl.-Ingenieur Dornberger, können sich auf die Verschwiegenheit des „Kriegspiloten mit elf Abschüssen" verlassen.
Im Augenblick konzentriert sich die eigene Arbeit des Heereswaffenamtes (HWA) auf die Pulverrakete. Die Wissenschaftler des Todes wollen „eine leichte, billige, mit

geringen Mitteln herzustellende Waffe" entwickeln, die „mit möglichst großer Nutzlast auf nicht zu große Flächenziele bis zu Entfernungen von sechs bis sieben Kilometern im Feuerüberfall" eingesetzt werden kann. Auch das ist ein verbrecherischer Verstoß gegen den Versailler Vertrag, Artikel 160, der besagt: „Das Heer ist nur für die Erhaltung der Ordnung innerhalb des deutschen Gebietes und zur Grenzpolizei bestimmt." Dazu braucht man keine Waffen, mit denen man Feuerüberfälle auf Flächenziele durchführen kann. Aber wie sagte doch 1914 der deutsche Reichskanzler? „Verträge sind Fetzen Papier, wenn es sich um Sein und Nichtsein eines Volkes handelt."

Allerdings geht es in jenen Jahren ebensowenig wie 1914 um das Volk, sondern um fette Beute für den deutschen Imperialismus. Während Dornberger und andere Offiziere des Heereswaffenamtes für diesen Zweck zunächst Pulverraketen entwickeln, beobachten die Mitarbeiter des ballistischen Referates beim HWA die Arbeit der privaten Raketenforscher. Besonders angetan hat es ihnen die Berliner Gruppe des VfR, in der sich die Militaristen eine zuverlässige Agentur geschaffen haben.

Die uns bereits bekannte Firma Heylandt erhält außerdem vom Heereswaffenamt den Auftrag, eine Forschungsbrennkammer für flüssige Treibstoffe zu entwickeln. Man schreibt das Jahr 1931, in dem nach wie vor Artikel 168 des Versailler Vertrages gelten sollte: „Die Anfertigung von Waffen, Munition und Kriegsgerät aller Art darf nur in Werkstätten und Fabriken stattfinden, deren Lage den Regierungen der alliierten Hauptmächte zur Kenntnisnahme mitgeteilt und von ihnen genehmigt worden ist." Das Heereswaffenamt sorgt dafür, daß niemand erfährt, welche Rolle eine Fabrik für Sauerstoffanlagen in der Rüstung der Reichswehr spielt. Und wenn schon – es gibt da noch andere Verstöße.

Die Entwicklung von Raketenwaffen in Deutschland ist nur eines von vielen Beispielen, wie die Militaristen schon in der Zeit der Weimarer Republik in aller Stille den neuen Raubzug des deutschen Finanzkapitals und Junkertums vorbereiten. Mit stillschweigender Duldung der alliierten Überwachungskommissionen wird die Kaderarmee des deutschen Imperialismus aufgebaut und ihre Ausrüstung mit modernen Waffen in die Wege geleitet.

Trotz der umfangreichen militärischen Beschränkungen, die der Versailler Vertrag nach dem ersten Weltkrieg Deutschland auferlegte, haben die Völker Europas die bittere Erfahrung machen müssen, daß die Begrenzungen der Armee und ihre Ausrüstung keine Garantien für einen „festen, gerechten und dauerhaften Frieden" boten. In den 440 Artikeln des Friedensvertrages war keine einzige Bestimmung enthalten, die die ökonomischen und politischen Grundlagen des deutschen Imperialismus zerstört oder auch nur entscheidend geschwächt hätte. Die Schuldigen am Kriege – Finanzkapital und Junkertum – blieben in ihren Machtpositionen und erhielten die Möglichkeit, sich am Volke schadlos zu halten und mit der Vorbereitung eines neuen Weltkrieges zu beginnen. Freikorps, Baltikumsverbände und Schwarze Reichswehr sind dafür ebenso Beispiele wie Revanchehetze und die Einsetzung von Kriegsverbrechern wie Hindenburg in führende Positionen des Staates und der Armee. Diese Entwicklung wird von den Westmächten geduldet und sogar begünstigt in der Absicht, den deutschen Militarismus als Sturmbock gegen den Sowjetstaat zu benutzen, ohne dabei eigenes Blut zu vergießen. –

Vor den Toren Berlins, in Kummersdorf, liegt die Heeresversuchsstelle West des Heereswaffenamtes. Dort soll Nebel vom VfR im August 1932 eines der Geräte des Raketenflugplatzes vorführen. Tausend Mark wird er bekommen, wenn der Aufstieg gelingt. Aber der Einstabrepulsor steigt nur etwa 70 m in die Höhe, biegt dann in die Waagerechte ab und kracht, weil sich der Fallschirm nicht öffnet, gegen die Bäume, die das Gelände der Heeresversuchsstelle vor den Blicken Neugieriger schützen.

Auch sonst ist man mit den Vorarbeiten Nebels nicht sehr zufrieden. Der Raketenflugplatz, der die von den restlichen Mitgliedern des VfR aufgebrachten Mittel nicht für die Entwicklung des Raumschiffes verwendet, sondern in den Dienst der Kriegsvorbereitung und des technisch perfektionierten Massenmordes stellt, zeigt zwar, daß Raketen nicht ungeeignet sind. Er arbeitet aber nach Meinung der uniformierten Wissenschaftler nicht gründlich und wissenschaftlich genug.

Außerdem fürchtet man jetzt mehr denn je, daß Nachrichten durchsickern und die künftigen Gegner erfahren, was sich über ihren Köpfen zusammenbraut, oder der „Feind im Inneren" ein neues Argument erhält. Man hat Angst vor der Kommunistischen Partei Deutschlands, die unter der Losung „Wer Hindenburg und Hitler wählt, wählt den Krieg!" als einzige deutsche Partei einen konsequenten Kampf gegen den deutschen Imperialismus führt. Es muß alles vermieden werden, was die heuchlerischen Friedensbeteuerungen der Vertreter der deutschen Schwerindustrie als Lüge entlarven könnte.

Auch gegenüber dem Ausland muß man vorsichtiger sein. Zwar wird man Oberths entartete „Rakete zu den Planetenräumen", seine Fernraketenprojektile, im Ausland nicht besonders ernst nehmen. Schließlich ist Oberth Rumäne und immer noch in Mediasch. Gefährlich für die Pläne der Militaristen wird es aber, wenn ein qualifizierter Sachverständiger wie der General a. D. Artur Baumgarten-Crusius voller Begeisterung über das neue Mittel zum Völkermord die Katze beinahe aus dem Sacke läßt. In seinem Buch „Die Rakete als Weltfriedenstaube", das 1931 in Leipzig erscheint, stellt er händereibend fest, daß man mit solchen Raketen schnell und gründlich eine Art Kirchhofsfrieden herstellen kann. Das Buch ist deshalb so gefährlich, weil der pensionierte General mit seiner „Friedensrakete" nach Westen droht und nicht nach Osten, der durch den Locarno-Vertrag von den Westmächten erlaubten und unterstützten künftigen Marschrichtung des deutschen Militarismus. Die wohlwollenden Förderer des deutschen Imperialismus, der sich als „Verteidiger des Abendlandes gegen die bolschewistischen Untermenschen" gebärdet, brauchen nicht zu wissen, daß diese Beute allein nicht der unersättlichen Raubgier der deutschen Schwerindustrie und des Junkertums genügen wird.

Aus diesen Gründen nimmt das Heereswaffenamt der Reichswehr im Jahre 1932 die Entwicklung von Flüssigkeitsraketen völlig in seine Hand und verzichtet auf die Arbeit der nicht vereidigten Zivilisten, auch wenn diese unverbesserliche Militaristen reinsten Wassers geblieben sind. Vorher holt man sich selbstverständlich die besten Kräfte der „Privaten". Als erster tritt am 1. Oktober 1932 der zwanzigjährige Baron von Braun in den Dienst des Heereswaffenamtes. Zu diesem „Vertreter eines alten deutschen Adelsgeschlechtes" fühlen sich die Militaristen besonders hingezogen.

Außerdem hat er sich als Vorstandsmitglied des Vereins für Raumschiffahrt und durch seine Arbeit auf dem Raketenflugplatz einen vollständigen Überblick über den

Stand der praktischen Raketenarbeiten verschaffen können, der dem Heereswaffenamt zustatten kommt. Der Baron arbeitet in der Heeresversuchsstelle Kummersdorf und schließt gleichzeitig sein Studium ab. In Kummersdorf kann er seine Doktorarbeit vorbereiten; alle technischen Anlagen stehen ihm zur Verfügung. 1934 promoviert von Braun in Berlin. Aber seine Dissertation „Konstruktive, theoretische und experimentelle Beiträge zu dem Problem der Flüssigkeitsrakete" wird weder im Jahresverzeichnis erwähnt, noch bei der Universität hinterlegt. Das Netz der Geheimhaltung wird immer feinmaschiger.

Einen Monat nach von Brauns Eintritt in die Dienste der Reichswehr kommt der Ingenieur Walter Riedel hinzu, bald auch sein Kollege Rudolph vom Heylandtwerk und eine ganze Reihe von Mitgliedern des VfR vom Raketenflugplatz Berlin. Sie alle helfen emsig mit, den Traum ihrer Jugend in einen Alptraum für die Menschheit zu verwandeln. Nach den Jahren der Arbeitslosigkeit sind sie willige Helfer der kommenden Aggressoren.

Dem Raketenflugplatz Berlin, der nur noch ein Torso ist, bläst man auf „elegante" Art das Lebenslicht aus. Ihm wird eine Wasserrechnung für die verflossenen Jahre präsentiert, die so gepfeffert ist, daß die Summe nicht bezahlt werden kann. Das ist das Ende des Unternehmens. Doch dem Militaristen Rudolf Nebel gibt man ein Pflaster auf die brennende Wunde und zahlt dem Gekränkten 75 000 Mark Abfindung.

Aber noch gibt es Mitglieder des VfR, die auf eigene Faust Raketenversuche durchführen. Einige von ihnen sperrt die Geheime Staatspolizei ein, weil sie mit ausländischen Raumfahrtforschern in Verbindung stehen. Ihre Aufzeichnungen und Forschungsergebnisse werden natürlich beschlagnahmt. Erst nachdem das geschehen ist, macht von Braun der Gestapo klar, daß sie keine Staatsfeinde vor sich hat.

In Deutschland hat für friedliche Raketenversuche die letzte Stunde geschlagen. Das Heereswaffenamt verschafft sich das Monopol der Raketenforschung und setzt einen „Führerbefehl" durch, der jedem anderen als den staatlichen Technikern des Todes die Beschäftigung mit Raketen verbietet.

Der Verein für Raumschiffahrt, der längst nur noch auf dem Papier besteht, löst sich auf. Noch vor kurzem hatte sein Vorsitzender, der Major a. D. von Dickhuth-Harrach, gefordert: „Die Gleichschaltung ist hier nötiger als sonst irgendwo. Dann werden die Grüppchen entweder mitarbeiten müssen – oder verschwinden." Die meisten arbeiten nun „mit", doch nicht an der Rakete zu den Planetenräumen.

So endete ein Verein, der den Raumfahrtgedanken in einem kapitalistischen Lande verwirklichen wollte. So endete eine Bestrebung, die einen Menschheitstraum erfüllen wollte, aber mit ihrer oft von großer Begeisterung und erheblichem Opfermut getragenen Arbeit objektiv den deutschen Imperialismus und seine Pläne unterstützte.

Anfang 1935 wird der Presse in Deutschland verboten, das Wort „Rakete" irgendwie zu verwenden. Die offene faschistische Diktatur der Monopolkapitalisten zerstört vollends die unrealistischen Illusionen der Schwärmer.

In der Zeit der Weimarer Republik führte der deutsche Imperialismus seine Vorbereitungen zu einem neuen Raubkrieg noch heimlich durch, weil er den Widerstand der Volksmassen fürchtete. Nachdem die faschistische Diktatur errichtet ist, betreibt er sie offen und unumschränkt und steigert das Tempo der Rüstung unerhört. Auch den offiziellen Bruch des Versailler Vertrages dulden die Westmächte, weil Hitler immer wieder betont: „Der Drang nach Osten geht weiter, Rußland muß von der Liste der europäischen Staaten gestrichen werden."

Als der faschistische Krieg seinen Höhepunkt erreicht, treten die ersten Raketenwaffen in Erscheinung. Gegen Ende des Krieges, fünf Minuten vor zwölf, setzen die deutschen Faschisten Flüssigkeitsraketen ein. Als Wunderwaffen sollen sie den Ausgang des Krieges entscheiden. Doch ihr Einsatz ist ohne nachhaltige Wirkung.

Dennoch umgibt eine reaktionäre Geschichtsschreibung besonders die sogenannte V 2 mit einem Nimbus und macht sie zum Mittelpunkt einer Reihe von Legenden, aus denen sie politisches Kapital zu schlagen versucht. Ihre Fälschungen spielen in der Geschichte der Raketentechnik eine zweifelhafte und anrüchige Rolle, und da sie besonders gegenwärtig nicht ohne Bedeutung sind, wollen wir auf sie eingehen.

Weit verbreitet ist das Märchen, die Niederlage des deutschen Imperialismus sei nur der Unfähigkeit und Unentschlossenheit Hitlers zuzuschreiben, der die Entwicklung der V 2-Raketen nicht genügend gefördert habe. Tatsächlich war Hitler 1940 so sehr vom „Endsieg" überzeugt, daß er die Entwicklung von Großraketen vorübergehend von der Dringlichkeitsliste strich. Dennoch wirkte sich die Entscheidung Hitlers gar nicht aus, weil der damalige Oberbefehlshaber des faschistischen Heeres, von Brauchitsch, ohne Wissen und entgegen dem Befehl seines „Führers" viertausend Mann Fronttruppen mit Spezialerfahrung nach Peenemünde, dem Zentrum der faschistischen Raketenentwicklung, abkommandierte, so daß die Arbeiten ungestört weitergeführt werden konnten. Die Generäle waren also durchaus in der Lage, entscheidend in den Lauf der Dinge einzugreifen.

Warum wird dennoch das Gegenteil behauptet und Hitler die Schuld für den Ausgang des Krieges in die Schuhe geschoben? Auf diese Weise versuchen die übriggebliebenen und unbelehrbaren Militaristen in Westdeutschland, ihren durch den letzten Ostlandritt reichlich beschädigten Ruf als hervorragende Militärstrategen wiederherzustellen. Damit wollen sie das Vertrauen sowohl ihrer neuen Verbündeten, der amerikanischen Imperialisten, als auch das ihres geplanten Kanonenfutters, der Bundesbürger, gewinnen.

Eine andere Lüge dient ebenfalls der ideologischen Vorbereitung eines dritten Weltkrieges. Westliche Strategen behaupten, der Wendepunkt des zweiten Weltkrieges und die Ursache für die Niederlage der Faschisten sei die Bombardierung Peenemündes durch die Royal Air Force gewesen. Am 17. August 1943 griffen 600 britische Bomber, begleitet von 45 Nachtjägern und Pfadfinderflugzeugen, das Wespennest Peenemünde an. Der Angriff erfolgte übrigens erst, nachdem es den Engländern klargeworden war, daß der dort vorbereitete Schlag sich gegen England richten sollte. Zu dieser Zeit befanden sich jedoch bereits alle Bauzeichnungen in den Fer-

tigungswerken, so daß die Fabrikation der „Wunderwaffe" ungestört weitergehen konnte. Auch die Massenanfertigung und der Einsatz der V 2 vermochten die gesetzmäßige Niederlage der deutschen Faschisten nicht abzuwenden. Das aber wollen die Vorbereiter einer neuen Aggression verschleiern.

Übrigens befanden sich unter den 800 Opfern des britischen Luftangriffes zur Hälfte sowjetische Kriegsgefangene, die von den Faschisten zu Eisenbahnarbeiten eingesetzt worden waren.

Ebenso aufschlußreich wie die Lügen sind aber auch die Tatsachen, die man verschweigt. In Westdeutschland gibt es heute eine umfangreiche Rechtfertigungs-, Verklärungs- und Schulungsliteratur zum Thema „faschistische Wunderwaffen". Dort finden wir keinen einzigen Hinweis auf die Tätigkeit der Widerstandskämpfer.

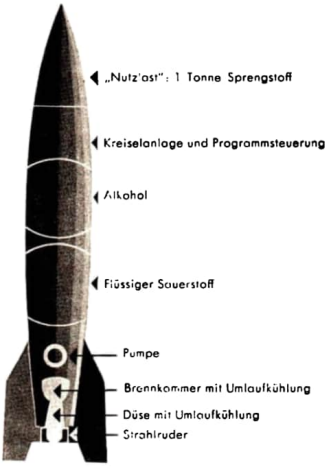
Die Faschisten hatten in der Nähe von Nordhausen eine riesige unterirdische Fabrik errichten lassen. Hier wurden in über 50 Stollen mit 25 000 Werkzeugmaschinen die V 2-Raketen hergestellt. Tag und Nacht schufteten Häftlinge und „Fremdarbeiter" aus fast allen europäischen Ländern, angetrieben von Aufsehern, die ständig ausgewechselt wurden, und gepeinigt von der SS.

Das Werk „Dora" war, wie alle Rüstungsfabriken, eine Goldgrube für die Aktionäre der deutschen Kriegsindustrie. Wie Sklaven oder Vieh kauften sich die Rüstungsbetriebe für billiges Geld ihre Arbeitskräfte aus den Konzentrationslagern oder von den Sklavenfängern in den geraubten Gebieten, ließen sie hungern und dürsten und hetzten sie zu Tode.

Aber trotz der barbarischen Unterdrückung lebte in den Arbeitern der Widerstands-

Startvorbereitungen einer V 2-Eisenbahnbatterie. Auch die V 2, die letzte Hoffnung der deutschen Faschisten, vermochte nicht die gesetzmäßige Niederlage abzuwenden

Aufbau des Aggregats 4 (V 2)



wille gegen ihre Ausbeuter und Mörder. Sie sabotierten die Herstellung der V 2-Raketen und retteten damit englischen Frauen und Kindern das Leben. Zweifellos ist ein großer Teil der Versager beim Einsatz der Kriegsrakete auf die Widerstandsarbeit der Antifaschisten zurückzuführen. Dutzendweise wurden sie dafür von ihren Peinigern ermordet. Die Taten, die die internationale Arbeiterklasse trotz schärfsten Terrors im Werk „Dora" und in den Zubringerwerken vollbrachte, werden heute absichtlich von den Publizisten des Imperialismus verschwiegen, weil sie das Beispiel fürchten, das hier die besten Arbeiter aller Länder im Kampfe gegen die Kräfte des Krieges gaben.

Jede V 2-Rakete benötigte als Brennstoff etwa drei Tonnen Alkohol, zu deren Herstellung dreißig Tonnen Kartoffeln verbraucht wurden. Dieselbe Menge erhielten die fünfzehntausend KZ-Häftlinge des Werkes „Dora" in einer Woche als „Verpflegung". Monatlich starben mehr als fünfzehnhundert Häftlinge unter den unmenschlichen Lebens- und Arbeitsbedingungen. Der Chefkonstrukteur der V 2, Pg. Wernher v. Braun, der häufig das Werk „Dora" in SS-Uniform besuchte, ging kaltschnäuzig an den Leichenbergen, an sterbenden Häftlingen vorbei, ohne auch nur den Kopf zu wenden.

Jeden zweiten Tag fuhren Lastkraftwagen mit über hundert Leichen vom KZ-Lager „Dora" zu den Verbrennungsöfen des Stammlagers Buchenwald bei Weimar.

Unter ähnlichen Bedingungen mußten die Arbeitssklaven des Faschismus auch in den Zubringerbetrieben der Wunderwaffenproduktion schuften. Noch im Jahre 1958 wurde in der Grube „Richard" bei Litomerice in der ČSR ein Massengrab mit den

Überresten von mehr als 3100 verbrannten Leichen entdeckt. Französische, polnische, sowjetische und jugoslawische Zwangsarbeiter, die in einer unterirdischen Fabrik Einzelteile für die Wunderwaffen herstellten, wurden von den faschistischen Bewachungsmannschaften ermordet und verbrannt. Die Verantwortlichen dafür bereiten heute wieder einen neuen Völkermord vor. Es ist kein Wunder, wenn sie sich bemühen, ihre Verbrechen nicht zu erwähnen.

Auch bei der Erprobung der V 2 gaben die Faschisten Proben ihrer Bestialität ab. Ein Mitglied des VfR, das 1935 aus Deutschland emigrierte, berichtet, daß man im März 1943 „in der den Nazis üblichen Weise" begann, „die Wirksamkeit der Fernrakete am lebenden Ziel zu erproben. Zu diesem Zweck ging man nach Polen, wo die SS den kleinen Ort Blizna vollkommen evakuierte, um die Geheimhaltung sicherzustellen". Hier starteten die Raketen. „Das Ziel war die 240 Kilometer nördlich von Blizna gelegene Ortschaft Sarnaki, die etwa eintausend Einwohner zählte. Die SS zwang die Bewohner von Sarnaki unter Androhung schwerster Strafen, in ihrer Ortschaft zu verbleiben, wo sie während eines Probeschusses und einige Stunden danach ihre Häuser nicht verlassen durften. Während der sechs Wochen vom 15. Mai bis Ende Juni 1944 wurden auf Sarnaki über hundert V 2-Raketen mit voller kriegsmäßiger Armierung abgefeuert."

Der militärische Kommandant der Wunderwaffenversuche, Hitlergeneral Dornberger (wir kennen ihn bereits vom Heereswaffenamt her), versucht heute, sich für dieses scheußliche Verbrechen zu rechtfertigen. „Die Zielgebiete waren vom Reichsführer SS genehmigt worden." „Außerhalb der Feuerstellung trägt für alle Vorkommnisse der Reichsführer SS die volle Verantwortung." Schuld hat also nur (der tote) Himmler, nicht aber der unverbesserliche Militarist Dornberger, von dem wir später noch hören werden.

Zu den bemerkenswertesten und verbreitetsten Fälschungen müssen wir die Behauptung rechnen, die Flüssigkeitsraketen seien eine rein deutsche Erfindung. Betrachen wir daraufhin einmal die V 2, die letzte Hoffnung der Faschisten.

Diese Rakete wurde durch ein Flüssigkeitstriebwerk (nach Ziolkowski) angetrieben, in dem Alkohol mit flüssigem Sauerstoff (nach Ziolkowski) verbrannt wurde. Die Treibstoffe wurden mit Pumpen (nach Ziolkowski) in die Brennkammer gefördert. Eine Umlaufkühlung (nach Ziolkowski) schützte nicht nur die Brennkammer, sondern auch die Düse vor thermischer Überbeanspruchung. Die Lenkbarkeit wurde durch Strahlruder (nach Ziolkowski) gewährleistet, und für die Einhaltung einer bestimmten Aufstiegsbahn sorgte eine Programmlenkung (nach Ziolkowski), bei der Steuerkreisel (nach Ziolkowski) benutzt wurden.

Die Aufgabenstellung hingegen geht nicht auf den Vater der Raumfahrt zurück, sondern stammt von den deutschen Imperialisten, die ihre Anregungen hierzu von Oberth empfingen.

Mit der gleichen Unverfrorenheit wird behauptet, Wernher von Braun sei der Erfinder der Flüssigkeitsrakete. Wir wissen, wer die Grundlagen der praktischen Raketentechnik entwickelte, als an den Liebling Hitlers (und später der amerikanischen Imperialisten) noch nicht zu denken war. Jetzt soll von Braun zu dem „großen Erfinder" gestempelt werden, dem „rocket genius" und einzigartigen Konstrukteur, dem allein die Ideen nur so zuflogen. Tatsächlich waren aber außer Wernher von Braun noch über 12 000 Menschen in Peenemünde mit der Konstruktion, dem

Bau und der Erprobung der Großrakete beschäftigt, erstklassige Spezialisten, darunter 36 Professoren, etwa 1500 Wissenschaftler und 8000 qualifizierte Facharbeiter. Außerdem wurden verschiedene Institute der Technischen Hochschulen und Universitäten mit der Lösung von Detailfragen beauftragt, um die komplizierten Probleme zu bearbeiten, die sich bei der Verwirklichung der Ziolkowskischen Gedanken ergaben.

Die Wurzeln dieser Lüge finden wir in der Auffassung, die Entwicklung würde ausschließlich von den „großen Männern", nicht aber den werktätigen Massen vorangetrieben. Die Erkenntnisse, die Ziolkowski und andere Wissenschaftler durch ihre hingebungsvolle Arbeit erzielten, konnten aber nicht durch einen einzelnen, sondern nur durch die Zusammenarbeit vieler Menschen in die Praxis umgesetzt werden.

Aus der vorigen Lüge leitet sich die nächste ab. Eine weitverbreitete Legende umgibt von Braun mit der Gloriole, er hätte das Tor zum Weltraum aufgestoßen. Zweifellos darf man sagen, daß dieses Tor durch die Sputniks und Raumschiffe der Sowjetunion geöffnet wurde. Der Chefkonstrukteur der V 2, Wernher von Braun, hat dagegen mit seiner Arbeit dazu beigetragen, daß dem Gespenst des Massenmordes ein neues Tor zum Überfall auf friedliebende Menschen aufgestoßen wurde.

Der Rittergutsbesitzersohn hat bis jetzt seine Kräfte stets unermüdlich für die Interessen seiner Klasse eingesetzt. Seine Interessen, die Interessen der Ausbeuter, haben immer in einem unversöhnlichen Widerspruch zu einer friedlichen Erschließung des Weltraumes gestanden. Sie waren und sind gerichtet auf das eine Ziel: Maximalprofite durch Ausbeutung ihrer eigenen und Unterdrückung anderer Völker.

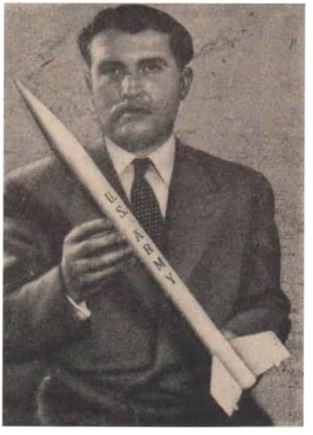
Er schuf zusammen mit seinen Mitarbeitern die Mordwaffen Hitlers, die diesen Klasseninteressen dienen sollten. Dafür verlieh ihm Hitler persönlich im Juli 1943 den Professorentitel, dafür erhielt er das Ritterkreuz zum Kriegsverdienstkreuz.

Nach 1945 behauptete von Braun zwar: „Wir hatten die Rakete für den Flug nach den Planeten erdacht – und nicht dazu, unseren eigenen zu zerstören." Dennoch übernahm er unmittelbar nach dem Kriege die Aufgabe, Angehörige der USA-Armee im Gebrauch der V 2 zu unterweisen, um schließlich als Direktor des Army Ordnance Guided Missile Center der US-Armee mit der gleichen Hingabe, wie er es vorher für Hitler tat, Kriegsraketen für die amerikanischen Imperialisten zu entwickeln. Für solche Menschen ist Raumfahrt identisch mit dem, was wir Mißbrauch der Raumfahrt für imperialistische Eroberungspolitik nennen. W. v. Braun ist nicht der „unpolitische Weltraumforscher", als den ihn der westdeutsche Film „Ich greife nach den Sternen" ausgeben wollte, um ihn von seiner Schuld reinzuwaschen. Die Bevölkerung Englands, Belgiens und der Niederlande erzwang durch Protestdemonstrationen das Verbot dieses Filmes, denn sie weiß: „Diese Raketen greifen nicht nach den Sternen, sondern nach unserem Leben".

Niemand vermag zu sagen, wieviel Schweiß, Blut und Menschenleben die Entwicklung der V 2-Rakete kostete. Für Forschungsraketen hatte das kapitalistische Deutschland keinen Pfennig übrig, für die „Wunderwaffe V 2" aber sollen zwei Milliarden Mark ausgegeben worden sein.

Diese Angabe stammt von dem schweizerischen Wissenschaftler Stettbacher. Er schreibt, das sei „neben der Atombombe ein Beweis mehr für die paradoxe Tatsache, wie unbedenklich der Mensch für den Krieg Opfer zu bringen bereit ist, die er im Frieden als irrsinnig und unmöglich verweigerte".

Wernher v. Braun mit dem Modell einer Rakete



Stettbacher meint, der Krieg sei der Vater aller Dinge. „Wäre der Krieg, wie ihn gewisse Moralisten wahrhaben möchten, ein negatives, lebensfeindliches, von Grund auf verdammenswertes Element, würde er niemals die größten Leistungen vollbracht haben, Leistungen, zu denen die Segnungen des Friedens nie und nimmer den Aufschwung gegeben hätten." Wir zitieren diese Worte, weil sie den Geisteszustand vieler westlicher Politiker widerspiegeln. Zu ihren größten Leistungen zählen sie die Schaffung der Atombombe, mit der man am schnellsten in den Himmel des Bischofs Dibelius gelangt, aber nicht den Bau von Atomkraftwerken, der in den USA von den allmächtigen Öl- und Kohletrusts jahrelang verhindert wurde. Zu ihren größten Leistungen zählen sie die Entwicklung der V 2-Raketen, aber nicht den Bau von Forschungsraketen, für den die Kapitalisten erst Geld übrig hatten, seitdem sie sich davon eine Hilfe für Aggressionen erhoffen.

Der Schweizer Sprengstoffwissenschaftler schrieb, der Mensch sei unbedenklich bereit, für den Krieg Opfer zu bringen. Doch die Menschen, die Kriege vorbereiten und anzetteln, begehen dieses Verbrechen nicht, um Opfer zu bringen, sondern um am Kriege zu verdienen. Das Opferbringen überlassen die Kapitalisten lieber den Arbeitern, im Frieden wie im Kriege. Deshalb ist ihnen auch „der Krieg der Vater aller Dinge", nämlich des höchsten Profits.

Sie verdienten am zweiten Weltkrieg, nicht die 55 Millionen Menschen, die getötet, und nicht die 35 Millionen, die verwundet wurden.

Fast die Hälfte der Toten des zweiten Weltkrieges waren Zivilisten. Und gegen Zivilisten setzten die deutschen Faschisten die V 2 ein. Man konnte mit ihr nicht Rüstungswerke, Kasernen, wichtige Bahnhöfe oder Befestigungen vernichten, weil ihre Treffgenauigkeit viel zu gering war. Zwar flog die Rakete 250 bis 350 km weit,

aber sie hatte eine Streuung von mehreren Kilometern. Als Ziel kamen deshalb nur ausgedehnte Wohngebiete in Frage. Die V 2 war in erster Linie eine Waffe gegen die Zivilbevölkerung, eine Schreckenswaffe, mit der Frauen, Kinder und Greise terrorisiert wurden. Klaffende Wunden schlug sie in englische Städte, Trichter von dreißig Meter Durchmesser und zehn Meter Tiefe. Den Konstrukteuren des Massenvernichtungsmittels sitzt die Angst vor dem Haß der Engländer noch heute in den Gliedern. Wernher von Braun und seine Mitarbeiter wagten es weder 1951 noch 1959, an den Londoner Kongressen der Internationalen Astronautischen Föderation teilzunehmen.

Glaubten die Faschisten wirklich, mit täglich zwanzig oder dreißig Tonnen Sprengstoff ihre gesetzmäßige Niederlage abwenden zu können? Ihr Gerede von den Wunderwaffen war nichts als eine Lüge, ein letztes, verzweifeltes Mittel, den Deutschen noch in letzter Stunde die Stärke der Faschisten vorzugaukeln und die Bestrafung der Kriegsverbrecher hinauszuzögern.

So mißbrauchten die deutschen Imperialisten die Ideen Ziolkowskis, des Vaters der Raumfahrt.

Es ist nicht wichtig, dem Leser die technischen Einzelheiten der Rakete bis ins kleinste mitzuteilen. Wichtig ist vielmehr, den Lügenschleier zu zerreißen. Alle die Legenden um die V 2 sind Zwecklügen, erdacht und verbreitet, um die Menschen irrezuführen, die man in einen dritten Weltkrieg stürzen möchte.

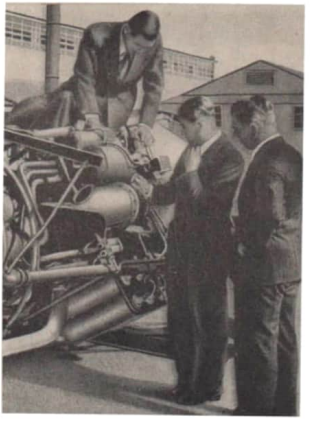
Durchkreuzte Pläne

Gegen Ende des zweiten Weltkrieges erbeutete die US-Armee in der unterirdischen Fabrik bei Nordhausen eine große Anzahl Einzelteile der V 2-Raketen. Es waren dreihundert Lastkraftwagen voll.

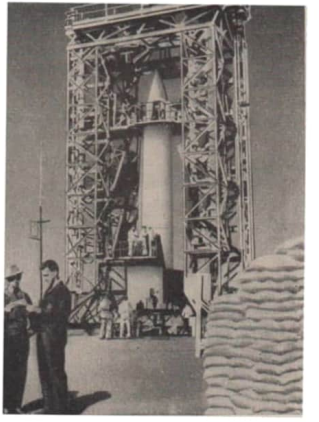
Eine wertvollere Beute bot sich den Amerikanern auf dem Oberjoch in Bayern, wohin noch Anfang April 1945 der Kern der Heeresversuchsanstalt Peenemünde verlagert worden war. Alle Forschungsergebnisse, das Archiv, die gesamten wissenschaftlichen Unterlagen der faschistischen Raketenentwicklung wurden von Wernher von Braun und seinen Mitarbeitern, den leitenden Forschern und Ingenieuren aus Peenemünde, im Mai 1945 den Amerikanern übergeben. Über 180 deutsche Wissenschaftler, die führenden Köpfe, traten die Reise über das große Wasser an. Nur für kurze Zeit wurde ihre Tätigkeit unterbrochen, Raketenwaffen für einen imperialistischen Staat zu bauen. In den USA setzten sie das fort, was ihnen in Deutschland die Rote Armee unmöglich gemacht hatte.

Heute stehen in Westdeutschland und in anderen Nato-Staaten Kriegsraketen vom Typ „Redstone", entwickelt von der Gruppe um Wernher von Braun. Sie sind mit Atomsprengköpfen ausgerüstet. In Wackernheim bei Mainz, am Rheingrafenstein bei Kreuznach und an anderen Stellen warten Spezialeinheiten der US-Armee auf den Einsatzbefehl, und Leipzig, Karl-Marx-Stadt und Magdeburg liegen im Zielbereich ihrer Raketen.

Diese Einheiten gehören zu dem Stützpunktsystem, das die USA in 49 Staaten angelegt haben. Trotz des Protestes der Bevölkerung bauten sie die Atomraketen-



Bei der Kontrolle eines V 2-Triebwerkes in den USA: Triebwerksfachmann Dr. Schilling, W. v. Braun, rechts der Spezialist für Fernlenkung Dr. Steinhoff



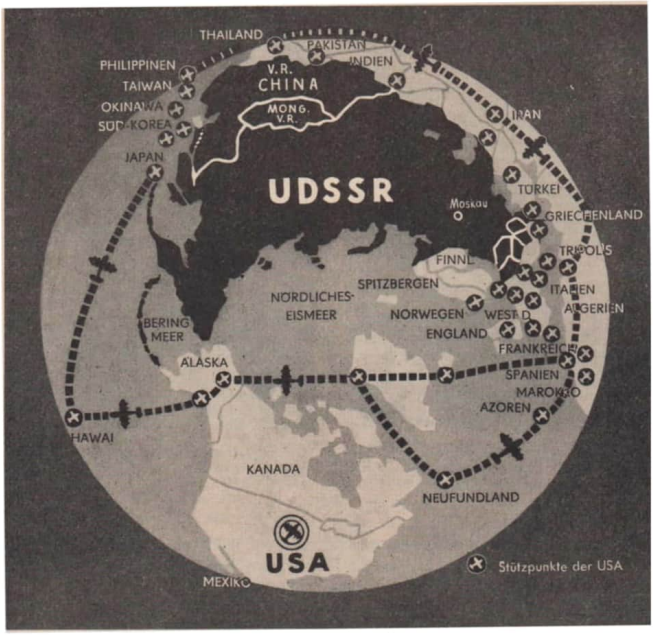
Eine der von den USA erbeuteten V 2-Raketen wird zum Start vorbereitet

festungen. Jetzt bilden 950 Aggressionsbasen mit mehr als zwei Millionen Besatzungssoldaten einen Gürtel um die Staaten des Sozialismus. Allein auf westdeutschem Territorium befinden sich 250 Militärstützpunkte. Im laufenden Haushaltsjahr geben die USA achtundvierzig Milliarden Dollar für die Verstärkung ihrer Rüstung aus. Die sowjetischen Abrüstungsvorschläge aber wurden jahrelang von reaktionären Kräften sabotiert.

Doch seit dem 26. August 1957 weiß die Menschheit, daß die Sowjetunion eine Waffe besitzt, die nicht nur alle Militärstützpunkte, sondern auch die fernsten Schlupfwinkel treffen könnte, wenn es die Imperialisten wagen sollten, einen dritten Weltkrieg vom Zaune zu brechen. Inzwischen wurde es auch jedermann klar, wie töricht die Behauptung des Bonner Ministers Strauß war, die historische TASS-Meldung sei nur ein Bluff gewesen. Angesichts der Sputniks und kosmischen Raketen wagt niemand mehr, die Existenz der sowjetischen interkontinentalen Rakete zu bestreiten, und die friedliebenden Menschen wissen sich sicherer denn je vor Angriffsabsichten der Imperialisten.

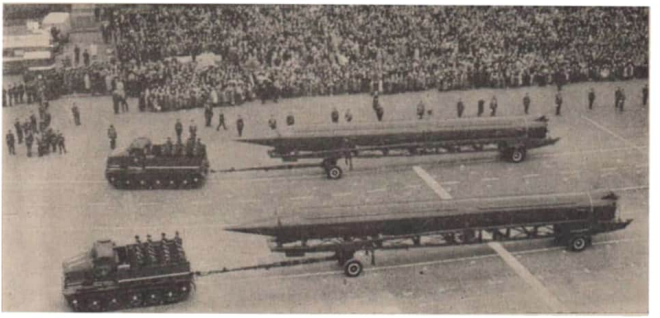
Im System der sozialistischen Verteidigungskräfte nehmen die strategischen Raketentruppen der Sowjetunion den ersten Platz ein. Sie verfügen u. a. über interkontinentale Raketen, die Kernladungen mit einer Stärke bis zu 100 Millionen Trotyl (Trinitrotoluol-Sprengstoff) an jeden beliebigen Punkt der Erde tragen können.

Wenn eine interkontinentale Rakete startet, so arbeiten ihre Raketentriebwerke nur während einer kurzen Zeit. In wenigen Minuten erhält sie eine Geschwindigkeit von



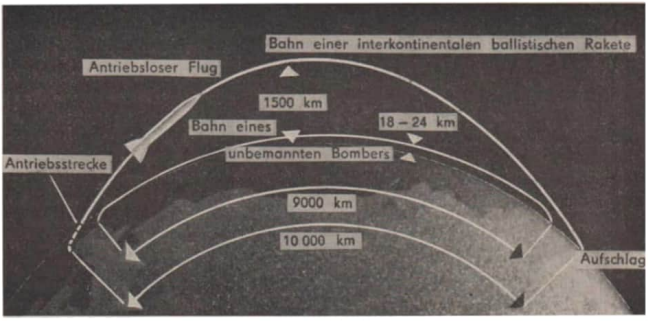
15 000 bis 22 000 km/h, und nur während dieser Zeit wird ihre Bahn beeinflußt und korrigiert. Dann aber bewegt sie sich völlig antriebslos auf der vorberechneten Bahn weiter. Sie durcheilt die oberen Schichten der Atmosphäre und steigt auf einem Ellipsenbogen bis in eine Höhe von etwa 1500 km. Ihre Bahn ist die eines geworfenen Körpers. Deshalb nennt man solche Raketen auch ballistische Raketen, denn die Ballistik ist die Wissenschaft von der Bewegung eines geworfenen Körpers.

In etwa 30 Minuten überwindet sie eine Entfernung von 8000 bis 13 000 km. Ihre Treffsicherheit ist so groß, daß die geringen Abweichungen vollkommen durch die Flächenwirkung ihres Gefechtskopfes ausgeglichen werden. Dutzende von Kilometern beträgt der Radius des Vernichtungskreises ihrer thermonuklearen Ladung. Wenige Minuten, nachdem die Radargeräte am Ziel den herannahenden Wurfkörper geortet haben, detoniert die Sprengladung. Die imperialistischen Staaten besitzen keine Abwehrwaffe, die den mit ungeheurer Geschwindigkeit heransausenden Körper aufzuhalten vermag.



1.Mai 1961 in Moskau – traditionelle Truppenparade auf dem Roten Platz. Ein eindrucksvoller Beweis für die Verteidigungskraft der Sowjetarmee und eine Warnung an alle Kriegstreiber war der Vorbeimarsch von sowjetischen Raketentruppen, die verschiedene Typen von Raketen mit sich führten.

Eine grauenhafte Waffe! Doch in den Händen von Arbeitern und Bauern ein wichtiges Mittel, jeden Kriegsbrandstifter zu zügeln und in die Schranken zu weisen. Diese Waffe würde einen erneuten Überfall auf die Sowjetunion, eine Wiederholung der Abenteuer von 1918 bis 1920 und 1941, zu einem Selbstmord für die Angreifer machen. Im November des Jahres 1959 berichtete Nikita Chruschtschow, daß allein in einem einzigen sowjetischen Werk im Fließbandverfahren jährlich 250 Raketen mit Wasserstoffladung hergestellt werden. Er stellte fest, die Sowjetunion verfüge über so viel Vorräte, daß „wir bei einem Überfall alle unsere wahrscheinlichen Gegner vom Antlitz der Erde tilgen können".
Die sowjetischen Raketen sind keine Gefahr für den Frieden, denn in der Sowjetunion gibt es keine Klasse, die an einem Eroberungskrieg und an der Unterjochung und Ausbeutung fremder Länder interessiert wäre. Die sowjetischen Menschen brauchen den Frieden, um ihr gewaltiges Aufbauwerk weiterzuführen. Selbst der amerikanische Kriegshetzer Schlamm mußte eingestehen, daß der Kommunismus den Frieden will und im Frieden gedeiht.
Die sowjetischen interkontinentalen Raketen tragen dazu bei, daß die herrschenden Klassen in den Staaten des Kapitalismus die Lage realistischer beurteilen. Offenbar rechnen sie sich aus, welche Chance sie bei einer neuen Aggression gegen die sozialistischen Länder hätten. Das Ergebnis ist wenig verlockend. Sollten sie es wagen, so würde der Gegenschlag nicht auf sich warten lassen. Von den Raketen, die dann in Richtung England starteten, würden 93% ihr Ziel erreichen – das errechneten englische Militärexperten.
USA-Fachleute vertreten die Ansicht, im Falle eines dritten Weltkrieges werde schon in der Anfangsperiode durch 263 Kernwaffenschläge mit einer durchschnittlichen Stärke von 5 Millionen Tonnen Trotyl etwa die Hälfte der amerikanischen Bevölkerung unmittelbar in Mitleidenschaft gezogen. Sie rechnen dabei mit dem Tode von



Vergleich der Bahnen eines unbemannten Bombers und einer interkontinentalen Rakete

53 Millionen Amerikanern, mit der sofortigen Zerstörung von 132 großen militärischen Objekten und 71 Großstädten sowie mit der radioaktiven Verseuchung von fast 50% des USA-Territoriums. Diese Berechnungen gehen jedoch von Annahmen aus, die bereits überholt sind. Die Sowjetunion besitzt Kernladungen, die zwanzigmal stärker sind, und die Anzahl ihrer interkontinentalen Raketen ist weit größer, als die USA-Experten glaubten.

Die imperialistischen Staaten haben dem nichts Gleichwertiges entgegenzusetzen. Ihre Fernraketen sind unzuverlässig (30–40% Versager), und die verwendeten Lenksysteme arbeiten nicht präzis (20 km Streuung). Die amerikanischen Fachleute müssen zugeben, daß die Anzahl, die Reichweite und die Einsatzbereitschaft ihrer Fernkampfraketen, aber auch deren Nutzlast und damit die Stärke ihrer Kernladungen bei weitem von den entsprechenden Werten der sowjetischen Raketen übertroffen werden. Sie müssen eingestehen, daß die Sowjetunion für die Entwicklung eines neuen Waffensystems im Durchschnitt nur die Hälfte der Zeit braucht, die dazu in den USA benötigt wird. Diese Überlegenheit ist kein Zufall, und sie beschränkt sich auch nicht auf die Entwicklung von Waffen. Über die Ursache der sowjetischen Überlegenheit sagte Wernher von Braun: „Auf der Grundlage ihrer Philosophie haben die Russen ein System geschaffen, das ihnen diese Erfolge auch sichert. Leider ermöglicht es unser System nicht, die Erfolge Rußlands zu erzielen."

Offizielle amerikanische Kreise sprechen von einer „Raketenlücke". Zahlreiche ausländische Stützpunkte der USA – ursprünglich als Basis für die strategische Luftwaffe geschaffen – wurden schon vor Jahren in Raketenbasen umgewandelt. Auf diese Weise sollte nach der Zauberformel „Mittelstreckenrakete plus NATO gleich Langstreckenrakete" die mangelnde Reichweite der einsatzfähigen amerikanischen Raketen ausgeglichen werden.

Angesichts der Mängel ihrer Fernraketen betrachten die USA nach wie vor ihre strategischen Luftstreitkräfte notgedrungen als ihre „entscheidende Waffe". Aber weder die unbemannten US-Bomber vom Typ B 52 noch die vielgerühmten unbe-

Sowjetische Kurzstreckenraketen bei der Parade der Truppen der Moskauer Garnison auf dem Roten Platz

mannten Flugzeuge Mace, Matador und „Snark" können dem Pentagon jene militärische Überlegenheit geben, von der sie träumen und mit der sie zu prahlen versuchen. Der unbemannte Bomber Matador („Schlächter") ist schon seit 1954 einsatzbereit. Inzwischen wurde dieser Typ weiterentwickelt und trägt den Namen Mace („Streitkolben"). Mace kann einen Atomsprengkopf mit einer Geschwindigkeit von 1050 km h etwa 1000 km weit befördern. Snark schafft mit fast der gleichen Geschwindigkeit ungefähr 8000 bis 10 000 km. Damit ist Snark die erste verfügbare interkontinentale Fernwaffe der USA.

Aber Snark und Matador sind keine Wurfkörper wie die ballistischen Raketen, sondern Flugkörper, die sich in Höhen zwischen 14 und 24 km bewegen. Ihr Turbinenstrahltriebwerk ist auf Luft angewiesen und benötigt sie als Sauerstoffträger, als Kühlmittel und als Hauptteil der ausgestrahlten Beschleunigungsmasse. Es arbeitet während des gesamten Fluges. Der Auftrieb wird durch Tragflächen erzeugt, und Höhen- und Seitenleitwerk können nur innerhalb der Lufthülle wirken. Deshalb können sie die dichten Schichten der Erdatmosphäre nicht verlassen. Snark und Matador sind mit einer Fern- oder Selbstlenkung ausgerüstet. Doch hat es sich wiederholt gezeigt, wie anfällig die amerikanischen Lenksysteme gegenüber Störungen sind. Eine ganze Reihe von Irrläufern und Versagern bereitete schon den Konstrukteuren Kummer. Zudem können derartige Lenksysteme unter Umständen durch die Abwehr beeinflußt und außer Aktion gesetzt werden.

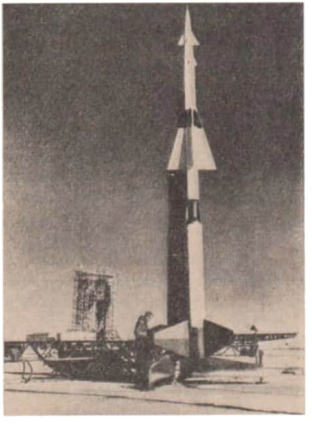
Es gab schon einmal einen solchen unbemannten Bombertyp – die V 1 der deutschen Faschisten. Dieser Flugkörper bewegte sich mit einer Geschwindigkeit von etwa 160 m s in 3 km Höhe und trug einen Sprengkopf von einer Tonne Gewicht. Angetrieben wurde sie durch ein pulsierendes Strahltriebwerk. Ihre Teile wurden in dem „Volkswagenwerk" in Fallersleben hergestellt, das mit den Mitteln der Volkswagensparer errichtet worden war. Diese hatten ebensowenig Einfluß auf die Verwendung ihrer Spargroschen wie heute die Masse der „Volks"-Aktienbesitzer in Westdeutschland.

Die V 1 war die erste der „Wunderwaffen", die die historisch gesetzmäßige Niederlage der deutschen Faschisten aufhalten sollten. Doch nachdem sich die Luftabwehr auf die Terrorwaffe eingestellt hatte, fiel sie zum größten Teil den Jägern und der Flak zum Opfer und erreichte den Zielraum nicht.

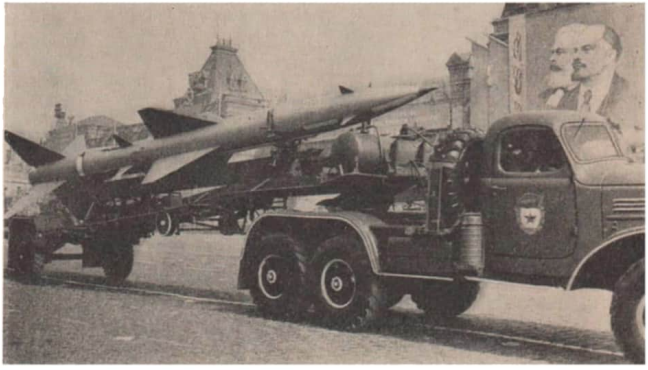
In der Zwischenzeit wurden die Abwehrmittel verbessert. Auch wenn die unbemannten Bomber der USA doppelt so schnell und in der fünf- bis achtfachen Höhe fliegen, bliebe ihnen das gleiche Ende nicht erspart. Sie bewegen sich sehr lange, zum Teil mehrere Stunden, im Abwehrbereich und könnten deshalb mit Radargeräten gut geortet und mit Überschalljägern bekämpft werden. Das gleiche gilt auch für die fliegenden Superfestungen der amerikanischen Luftflotte.

Außerdem wurden Fliegerabwehr-Raketen entwickelt, deren vernichtende Wirkung die faschistischen Flieger schon im zweiten Weltkrieg zu spüren bekamen. Damals setzte die Sowjetunion im Raum von Moskau ortsfeste Startlafetten für Katjuscha-Raketen ein, die auch mit großem Erfolg im Erdkampf gegen die Aggressoren verwendet wurden. Je Lafette konnten bis zu 96 Raketen gleichzeitig in den herannahenden Bomberpulk abgefeuert werden. Ihre Wirkung war vernichtend. So wurden zum Beispiel bei einem faschistischen Fliegerangriff auf Moskau sämtliche in drei Wellen anfliegenden Bomber abgeschossen.

Nach dem zweiten Weltkrieg gelang es, die Leistungen der Abwehrraketen beträchtlich zu verbessern. Nicht nur Flughöhe, Reichweite und Geschwindigkeit, sondern auch das Gewicht des Gefechtskopfes wurden vervielfacht. Zudem sind heute Abwehrraketen mit Sucheinrichtungen ausgerüstet, die auf verschiedenartigsten Prinzipien beruhen. Es gibt Raketen, die ihr Ziel selbständig orten, ihre Flugbahn ändern, wenn das Ziel Ausweichbewegungen unternimmt, und es verfolgen, als



USA-Rakete vom Typ „Nike" in Startstellung



Fliegerabwehrraketen der Sowjetunion

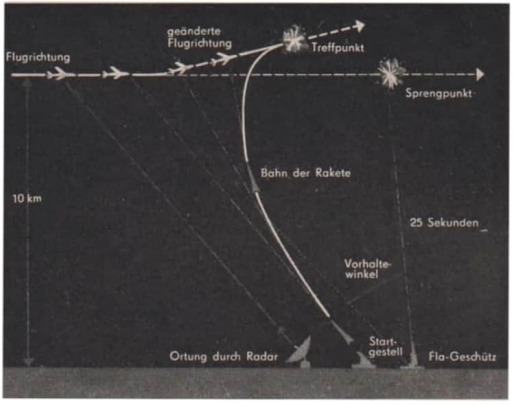
wären sie denkende Wesen. Sie sind schneller als alle bemannten und unbemannten Bomber und können dort eingesetzt werden, wo Fliegerabwehrkanonen nicht mehr ausreichen.

Ein Flakgeschoß braucht etwa 25 Sekunden, um bis auf 10 km Höhe zu steigen. Der Vorhaltewinkel ist entsprechend groß und die Treffsicherheit gering. Im zweiten Weltkrieg waren zum Abschuß eines feindlichen Flugzeuges durchschnittlich 400 bis 600 Granaten erforderlich. Die zielverfolgenden Abwehrraketen besitzen diese Nachteile nicht. Obgleich sich inzwischen Steighöhe und Geschwindigkeit der Flugzeuge mehr als verdoppelt haben, genügt heute eine einzige Rakete zur Vernichtung eines Flugzeuges.

Von dieser Tatsache und von der Wachsamkeit der sowjetischen Raketentruppen mußte sich der amerikanische Spionageflieger Francis Powers überzeugen, als er ausgerechnet am 1. Mai 1960, am Feiertag der internationalen Arbeiterklasse, in den Luftraum der UdSSR eindrang. Er fühlte sich in seinem U-2-Flugzeug sicher, denn es flog in einer Höhe von 20 700 m und war mit speziellen Schutzeinrichtungen versehen, die die Ortung verhindern sollten. Aber die sowjetische Luftabwehr belehrte ihn eines besseren und legte ihm sein schmutziges Handwerk mit einer einzigen Rakete.

Die Entwicklung der sowjetischen Abwehrwaffen geht weiter. Im Oktober 1961 konnte Marschall Malinowski den Delegierten des XXII. Parteitages der KPdSU mitteilen, daß die Sowjetunion nunmehr auch das schwierige Problem der Vernichtung fliegender Raketen erfolgreich gelöst hat.

Die sowjetischen interkontinentalen Raketen, Überschalljäger, Fliegerabwehrraketen und Antiraketen durchkreuzen alle Pläne, die Sowjetunion „auszuradieren".



Bei der Abwehr hoch fliegender Bomber sind zielsuchende Raketen den Fla-Geschossen überlegen

Wer denkt bei dieser Feststellung nicht an die prahlerischen Worte des Bonner Kriegsministers Strauß? Im November 1956 erklärte er auf einer CDU-Kundgebung in Hollfeld: „Wir leben in einem technischen Zeitalter, in dem die vereinigte Stärke unserer Bundesgenossen ausreicht, um das Reich der Sowjetunion von der Landkarte zu streichen."
Viele Hunderte Milliarden Dollar kostete der „Radiergummi", und jetzt kann man ihn nicht gebrauchen.
An dieser Tatsache können auch die NATO-Generale nichts ändern, die sich der ständigen Gefechtsbereitschaft ihrer Bomberverbände rühmen. Ihnen rief Chruschtschow zu: „Wir haben auch Bomber, aber sie sind nicht gefechtsbereit. Dafür haben wir diensttuende Raketen."

Gefahrenherd Westdeutschland

Die sozialistischen Länder haben allen Grund, wachsam zu sein. Wir kennen zu viele Beispiele für die Hinterlist, die Raubgier und Menschenfeindlichkeit der deutschen Imperialisten. Viermal in den letzten hundert Jahren haben Deutsche einen Krieg begonnen. Heute besteht wieder die Gefahr, daß die gleichen Kräfte die Welt blindlings in einen Krieg stürzen, denn sie sammeln sich und bereiten den fünften Krieg vor.
Ein Beispiel, welche Rolle wiederum deutsche Raketenforscher spielen sollen, bietet die Arbeit der Advisory Group for Aeronautical Research and Development (AGARD) des Luftfahrt-Forschungsbeirates der NATO. Schon im April 1956 kamen

in München über dreihundert Forscher und Ingenieure zu einer „Lenkwaffentagung" zusammen. Fast vollzählig versammelten sich die einst verantwortlichen Leiter und Mitarbeiter der faschistischen Wunderwaffen-Entwicklungen, und aus allen NATO-Staaten waren Forscher und offizielle Vertreter erschienen. Die Tagung hatte die Aufgabe, die Erfahrungen, die die Raketenforscher im Dienste des Faschismus gewonnen hatten, zu sammeln, auszuwerten und zu übernehmen. Zum anderen sollte sie „den zur Fortführung der Arbeit dringend erforderlichen menschlichen Kontakt herstellen". Fortführung der Arbeit!

Welchen Wert die Bonner Regierung darauf legt, die Arbeit der Wunderwaffenleute zu rechtfertigen, geht aus einer Erklärung hervor, die ein Dr. Theodor Beneke auf dieser Tagung abgab. Er war früher Fliegeroberstabsingenieur und Abteilungschef im faschistischen Reichsluftfahrtministerium, heute ist er Regierungsdirektor und Leiter der Unterabteilung Luftwaffentechnik im sogenannten Bundesministerium für Verteidigung. In seinem zusammenfassenden Referat über die faschistischen Wunderwaffen erklärte er, bereits bei Kriegsbeginn habe das Technische Amt des Reichsluftfahrtministeriums die Entwicklung eines unbemannten Bombers vorgeschlagen. „Der Generalstab lehnte diesen Vorschlag jedoch ab, weil diese Waffe nur gegen ausgedehnte Flächenziele, folglich unvermeidlich gegen die Zivilbevölkerung, verwendet werden könnte. Nur nach dem bedauerlichen Beginn der Luftüberfälle auf offene Städte wurde das Projekt wieder aufgenommen und erhielt – bemerkenswert für die Absicht – den Decknamen Kirschkern, weil man mit einem Kirschkern wieder zurückspucken kann."

Daraus erkennen wir erstens die „Menschenfreundlichkeit" des faschistischen Generalstabes und zweitens, daß es sich nur um ein „Zurückspucken" handelte. Allerdings vergaß Dr. Beneke zufällig, daß der jetzige Chef der Bonner Luftstreitkräfte, Nazigeneral Kammhuber, den deutschen Faschisten den Vorwand für die Bombardierung offener Städte lieferte, indem er vor dem Angriff auf Frankreich die deutsche Stadt Freiburg von getarnten deutschen Maschinen bombardieren ließ. Nun konnte der menschenfreundliche Generalstab sagen, das waren die bösen Feinde, und jetzt dürfen wir auch. – Wenn man auf neue Abenteuer aus ist, vergißt man solche Kleinigkeiten leicht.

Immer offenkundiger werden die Bemühungen der revanchelüsternen deutschen Militaristen, die deutschen Raketenforscher in ihre Pläne einzubeziehen, für die Entwicklung und den Bau von Raketen einzusetzen und selbst Massenvernichtungsmittel herzustellen. Gefördert wird dieses Bestreben durch Industrie- und Finanzherren, die aus Erfahrung wissen, wie einträglich die militärische Raketenproduktion ist. Noch mehr Profit erhoffen sie sich vom Einsatz. Die Richtung ist klar: „Dort in Rußland wartet der Boden auf uns. Dort müssen wir Wurzeln fassen." (Kriegsverbrecher Oberländer, Bundesminister a. D.)

Offenbar genügen ihnen dazu noch nicht die Waffen, mit denen die USA die Bonner NATO-Armee ausrüsten. Das Heer erhält vierzig Raketenbataillone, die Luftwaffe achtundzwanzig mit je 48 Startrampen je Bataillon. Daß nach Meinung des sachverständigen Generals B. Schriever die Hälfte der Operationsraketen voraussichtlich versagen wird, kümmert die Bonner Strategen nicht, um so mehr aber die Bevölkerung in der Nähe der Startrampen.

Hinzu kommen noch hundert Startrampen für unbemannte Bomber vom Typ Mace.

Auch wenn die Mace-Bomber nicht dem neuesten Stand der Technik entsprechen, darf nicht die Rolle unterschätzt werden, die sie in den Händen revanchelüsterner Militaristen spielen können. Mace-Bomber mit Atomsprengköpfen setzen sie in die Lage, auf eigene Faust einen dritten Weltkrieg auszulösen. Massenvernichtungsmittel in den Händen von Menschen, die wiederholt bedenkenlos Millionen von Menschen ihren Eroberungsplänen geopfert haben, verstärken die Kriegsgefahr außerordentlich. Jederzeit können sich die Verbrechen Kammhubers und der anderen Nazigenerale und ihrer Helfer wiederholen. Die Verbündeten Bonns leisten dem Vorschub. Sie liefern nicht nur Raketen- und Atomwaffen, sondern bilden auch das Personal aus und ermöglichen es der westdeutschen Industrie und den westdeutschen Raketentechnikern, den Anschluß an die internationale Entwicklung wiederzugewinnen. Westdeutsche Firmen erhielten die Lizenz zum Bau der in den USA entwickelten Kriegsraketen „Hawk" und „Sidewinder".

Jahrelang haben die alten Rüstungsfirmen auf den Startschuß gewartet. „Die meisten Werke haben sich einen Stamm qualifizierter Ingenieure und Facharbeiter erhalten können – eine sehr wichtige Voraussetzung für das Neubeginnen." Diese Worte stammen von Franz Walter, jetzt Direktor der Ernst Heinkel Fahrzeugbau GmbH, die sich unter anderem mit der Entwicklung von Raketen befaßt. Die Westmächte duldeten, daß sich der „Stamm" erhalten konnte, und sorgten zusammen mit dem Kriegsminister Strauß bereits für das „Neubeginnen". Der Konzern Flugzeug-Union-Süd GmbH, zu dem sich die Firmen Heinkel und Messerschmitt zusammengeschlossen haben, erhielt einen fetten Auftrag zum Lizenzbau der Fouga „Magister" und des amerikanischen Kriegsflugzeuges F-104 A „Starfighter" zugeschanzt. Mehr als zwei Milliarden Mark werden die westdeutschen Steuerzahler für diesen Teil des „Neubeginnens" zahlen dürfen. Zur gleichen Zeit verweigert man das Geld zum Bau der fehlenden 65 000 Klassenräume und 15 300 Turnhallen für die westdeutsche Jugend.

Die westlichen Alliierten erlaubten der Bonner Regierung erst 1959 die Entwicklung und den Bau von Kurzstreckenraketen. Aber bereits sechs Jahre zuvor befaßte sich der westdeutsche General Aldinger mit Kriegsraketen. Die Adenauer-Regierung duldete diesen Vertragsbruch nicht nur, sondern förderte ihn. Unter dem unverfänglichen Namen „Ausschuß für Funkortung" organisierte der Staatssekretär Leo Brandt ein Gremium aus Vertretern ehemaliger faschistischer Rüstungsfirmen, dessen Aufgabe darin bestand, die technischen Erfahrungen des zweiten Weltkrieges für die Vorbereitung eines dritten zu sammeln und auszuwerten. Seine Anregungen veranlaßten unter anderem den früheren Messerschmitt-Ingenieur Ludwig Bölkow, schon Anfang 1955 mit der Entwicklung einer ferngelenkten Kriegsrakete zu beginnen.

Bölkow und seine Mitarbeiter brauchten sich nicht irgendwo in der Heide oder auf einer einsamen Insel zu verstecken, sie konnten ihr verbotenes Handwerk ungestört auf dem Flugplatzgelände von Echterdingen bei München betreiben. Lediglich die Flugerprobung mußte man ins „neutrale" Ausland verlegen. Die Schweizer Firmen Oerlikon und Contraves leisteten dabei Hilfestellung. Im Oktober 1956 führte die Kommanditgesellschaft Bölkow-Entwicklungen den Vertretern westdeutscher und ausländischer Regierungsdienststellen ihre erste Kriegsrakete „Cobra" vor. Strauß war mit ihr zufrieden, und sein Ministerium erteilte sofort den ersten größeren Auftrag. Bölkow konnte innerhalb von fünf Jahren seinen Betrieb von sieben auf

tausend Mann vergrößern. In Ottobrunn bei München und in Nabern an der Teck entwickeln und bauen sie nun schon seit Jahren Raketen verschiedenen Typs für die westdeutsche Armee.

Dieser grobe Verstoß der Bonner Regierung gegen ihre Vertragspflichten geschah unter stillschweigender Duldung durch die Westmächte. Niemand kann behaupten, Bonns NATO-Verbündete hätten nicht gewußt, daß westdeutsche Firmen trotz ausdrücklichen Verbotes an militärischen Raketen arbeiteten. Die Schweizer Zeitschrift „Interavia" brachte schon im August 1957 eine Abbildung der „Cobra" Bölkows und bezeichnete sie als „Fernlenkwaffe" mit „Drahtkommandosteuerung". Zu diesem Zeitpunkt galt in Westdeutschland als verbindliches Gesetz: „Die Bundesregierung verpflichtet sich, keine gelenkten Geschosse herzustellen, die so beschaffen sind, daß die Geschwindigkeit oder die Bewegungsrichtung nach dem Augenblick des Abschusses... beeinflußt werden kann" (Bundesgesetzblatt, 25. 3. 1955). Diese Verpflichtung war zugleich ein Bestandteil des Brüsseler Vertrages von 1954 und unterlag der Überwachung durch das Rüstungskontrollamt der westeuropäischen Union. Aber die Bonner Regierung setzte sich über ihre eigenen Gesetze und Verpflichtungen genauso hinweg, wie das Rüstungskontrollamt über offizielle internationale Verträge – ganz zu schweigen von dem schreienden Verstoß gegen das Potsdamer Abkommen! Abermals wiederholte sich das schändliche Spiel, das schon in den Jahren der Weimarer Republik unter den Augen der alliierten Überwachungskommissionen vonstatten ging, und wiederum erfolgten diese Verstöße aus den gleichen Gründen wie damals.

Noch vor der Aufhebung des Verbotes stiegen auch andere Firmen wieder ins Raketengeschäft ein. Helmut Graf von Zborowski, der einst für Hitler Triebwerke für Raketenflugzeuge konstruierte, leitet seit Jahren die Entwicklungsabteilung für Raketen beim BMW-Triebwerkbau in München. Seine Raketen sollen auf den gleichen Versuchsfeldern in der Sahara erprobt werden, auf denen er nach 1945 seine Neuentwicklungen im Dienste der Franzosen einsatzfertig machte. Der uns nicht mehr unbekannte Rudolf Nebel hat sich in Immekeppel bei Bensberg niedergelassen und arbeitet mit einem früheren Konstrukteur der Firma Focke-Wulff zusammen.

In Sonthofen im Allgäu leitet der Diplom-Ingenieur H. G. Mebus eine Firma mit dem harmlosen Namen „Mebus Holz- und Metallbau, oHG". Vor 1945 entwickelte sie für Hitler die Rakete „Enzian", während sie jetzt an Panzerraketen arbeitet. Übrigens schrieb Mebus 1957 ein Buch „Berechnungen von Raketenantrieben" in der Absicht, „einem großen Kreis (!) von Fachkollegen Anregung zu geben, um auf diesem zukunftsreichen (!) Gebiet erfolgreich arbeiten zu können".

Zu diesem „großen Kreis von Fachkollegen" gehören heute Männer, die sich schon in der Nazizeit Riesenprofite erwarben – Rüstungshyänen wie Abs, Pferdmenges, Flick, Reusch, Stinnes, Krupp und Mannesmann. Ihre Firmen und Konzerne – AEG, Telefunken, DEMAG, MAN, BMW, Henschel, Siemens, Daimler-Benz, IG-Farben, Weser-AG, Atlas-Werke, Vereinigte Aluminium-Werke usw. – haben die Tätigkeit auf dem „zukunftsreichen Gebiet" der Raketenentwicklung und -produktion aufgenommen und sichern sich einen entscheidenden Einfluß auf die Verteilung der Bonner Rüstungsaufträge durch die „Ausschüsse für verteidigungswirtschaftliche Aufgaben" innerhalb des „Bundesverbandes der Deutschen Industrie", durch die enge Verfilzung zwischen ihren Monopolen und der Bonner Regierungspartei und

nicht zuletzt auch durch ihre guten Beziehungen zur amerikanischen Rüstungsindustrie.

Allein für die Raketenforschung gibt die Bonner Regierung bereits jährlich über hundert Millionen Mark aus. Sie beteiligt sich mit jährlich 30 Millionen Mark am „Blue-Streak"-Projekt, einem Programm zur Schaffung einer kleineuropäischen Trägerrakete, und sorgt auf diese Weise dafür, daß die langjährige Arbeit englischer Wissenschaftler an einer Rakete für 4000 bis 6000 km Reichweite und zwei Tonnen Nutzlast (Wasserstoffbombe!) nunmehr unter westdeutschem Einfluß und mit westdeutscher Beteiligung weitergeführt wird, obwohl das britische Parlament im April 1960 nach heftigen Debatten beschlossen hatte, die Entwicklung des „Blauen Blitzstrahls" wegen der erheblichen Kosten einzustellen. Offenkundig erfolgt die westdeutsche Teilnahme am „Blue-Streak"-Projekt in der Absicht, sich die umfangreichen Erfahrungen englischer und französischer Raketenforscher anzueignen, denn westdeutsche Publizisten betonen ausdrücklich, *alle* Teile der geplanten Trägerrakete müßten *gemeinsam* zu Ende entwickelt werden, unabhängig davon, daß die Engländer ihre „Blue-Streak" als erste Stufe und die Franzosen ihre „Super-Veronique" als zweite Stufe der geplanten Dreistufenrakete beisteuern.

Auch auf die Arbeiten des französischen „Ballistischen Instituts St. Louis" nimmt die westdeutsche Regierung Einfluß. Ein einmaliger Zuschuß von 7 Millionen Mark, ein Jahresbeitrag von 5 Millionen Mark und außerdem die Mitarbeit von hundert westdeutschen Raketentechnikern gewährleisten, daß Westdeutschland auch hier Anschluß an die militärische Raketenforschung des Auslandes erhält.

Gleichzeitig verstärkt die Bonner Regierung die eigene westdeutsche Raketenforschung. Sie finanziert Organisationen, die zwar – wie in der Nazizeit – zum Teil recht unverfängliche Namen tragen und sich Versuchsanstalt, Forschungsanstalt oder Studiengesellschaft nennen, aber – ebenso wie in der Nazizeit – eindeutig militärische Zweckforschung mit dem Ziel betreiben, Westdeutschland zur führenden Raketenmacht Europas zu entwickeln und selbständig Atomraketen zu bauen.

Im Juli 1959 legte der Bonner Kriegsminister Strauß auf dem Köln-Bonner-Flughafen Wahn den Grundstein zum Bau eines neuen Forschungs- und Versuchszentrums für Überschallkriegsflugzeuge und Raketen. Im Hardthäuser Wald, in der Nähe von Lampoldshausen bei Heilbronn, wurde Gelände für den Bau von Raketenprüfständen beschlagnahmt. Dort werden die Triebwerke erprobt, die das Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe e. V. in Stuttgart entwickelt.

Dieses Institut wurde schon 1954 gegründet. Zu seinen Förderern gehören das Air Research and Development Command der US-Air Force, Expositur Brüssel, und das Bonner Kriegsministerium. Wer sind die Mitglieder des „Vereins"? Wir wollen nur einige nennen: BMW-Triebwerksbau GmbH, München; Bölkow KG; Robert Bosch GmbH; Brown, Boverie und Cie. AG; Daimler-Benz AG; Deutsche Edelstahlwerke AG; Dornierwerke GmbH; Ernst Heinkel AG; Maybach Motorenbau GmbH; Messerschmitt AG, ferner eine Reihe amerikanischer, französischer, italienischer und Schweizer Firmen, z. B. General Motors, General Electric, Contraves AG und Fiat. Diese Namen sind unseren Lesern sicher so gut bekannt, daß sich jeder Kommentar erübrigt.

Langjähriger Leiter dieses Raketeninstitutes war Prof. Eugen Sänger. Neben Oberth gehört er zu den bedeutendsten Raketenforschern der westlichen Welt. In den

PATENTSCHRIFT

№ 716 175

KLASSE 46g GRUPPE I

S 117530 I a/46g

Dr.-Ing. Eugen Sänger in Wien

Raketenmotor

Patentiert im Deutschen Reich vom 15. März 1938 an

Patenterteilung bekanntgemacht am 11. Dezember 1941

Jahren 1931 bis 1936 arbeitete er an der Technischen Hochschule in Wien an den Grundlagen der Triebwerkstechnik für Raketen. Es gelang ihm schließlich, mit winzigen Brennkammern Ausströmgeschwindigkeiten von 3000 m/s zu erzielen. 1936 luden ihn die deutschen Faschisten ein, für die Nazi-Luftwaffe ein großes Raketen-Forschungslaboratorium zu entwickeln und zu leiten. Der Name Sänger war ihnen nicht verborgen geblieben, denn schon 1933 war in München ein Buch über „Raketenflugtechnik" erschienen, ein Jahr später in Wien eine Arbeit über „Neuere Ergebnisse der Raketenflugtechnik", in dem er die Prinzipien eines Raketen-Jagdflugzeuges und eines Rakentenbombers darstellt.

Um seine Arbeit weiterführen zu können, verkaufte sich Sänger an die Faschisten. In der Lüneburger Heide bauten sie ihm mit einem Kostenaufwand von 8 Millionen Mark die „Flugzeugprüfstelle Trauen". Das Ergebnis seiner Forschungen war der Geheimbericht „Über einen Raketenantrieb für Fernbomber", eine „Programmschrift", die er 1941 seinen Auftraggebern übergab.

Daraus einige Zitate:

„Mit dem einzelnen Raketenbomber können im Punktangriff, z. B. von Mitteleuropa aus, sehr fern liegende Punktziele, etwa ein Schlachtschiff auf hoher See, eine Kanalschleuse, ja sogar ein einzelner Mensch auf der anderen Erdhälfte beschossen werden.

Mit der weiterhin untersuchten Einheit von hundert Raketenbombern können im Verlauf von wenigen Tagen Flächen bis zur Ausdehnung von Großstädten an beliebigen Orten der Erdoberfläche völlig zerstört werden."

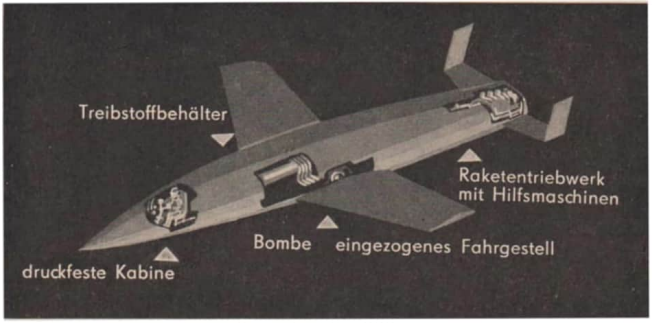
„$z = 1{,}4 \cdot 10^9$ kcal/km² zerstört Städte so, daß auch die Keller eingedrückt werden, also alle innerhalb der angegriffenen Fläche vorhandenen Menschen verloren sind und nurmehr Grundmauern stehen bleiben. (Zerstörungsgrad III)

$z = 7 \cdot 10^9$ kcal/km² macht Städte dem Erdboden gleich, daß ihr Standort nurmehr durch Bodenfärbung erkennbar ist. (Zerstörungsgrad IV)"

Für „das Studium des Einschlages der Bombe auf festem Land" empfahl Sänger Versuche „in eigenen Schutzgebieten".

Man wagt nicht, sich das Unheil vorzustellen, das die deutschen Faschisten mit dieser Waffe angerichtet hätten, wenn ihnen nicht durch die Schläge der Roten Armee die Ausführung des Sängerschen Planes verwehrt worden wäre.

Heute kann man in den Arbeiten Eugen Sängers zuweilen den Wunsch nach Frieden spüren. Er schrieb sogar ein Buch, „Raumfahrt – technische Überwindung des



Sängers Raketenbomber

Krieges", in dem er die Ansicht vertritt, allein durch technische Entwicklung ließe sich der Krieg überwinden. Zu solchen falschen Schlußfolgerungen kommt Professor Sänger, weil ihm die Gesetze der gesellschaftlichen Entwicklung unbekannt sind. Mit seiner wissenschaftlichen Arbeit möchte er der Entwicklung der Raumfahrt dienen, tatsächlich half er aber viele Jahre mit, die reaktionären Kräfte der Gesellschaft, die seine Arbeit bezahlen, zu stützen und ihre Machtmittel zu verbessern.

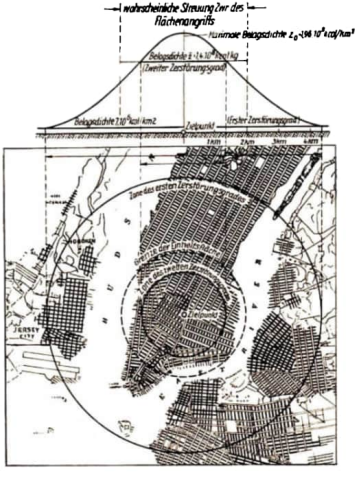
Trotz dieser zweifelhaften Verdienste erhielt Prof. Sänger, der das Stuttgarter Institut für Physik der Strahltantriebe seit seiner Gründung leitete, im November 1961 auf Betreiben des Bonner „Verkehrs"ministers Seebohm die Kündigung, als er sich den Plänen der Bonner Ultras widersetzte, seinem Institut ausschließlich militärische Aufgaben zu stellen.

Dieselben kapitalistischen Kräfte wie einst machen sich auch in den heutigen westdeutschen Gesellschaften für Raketenforschung wieder bemerkbar. Alte Nazi-Industrielle sind wieder in Ehren aufgenommen. Heinkel stiftete schon 1950 ein „Ehrenbuch der Astronautik", 1953 den „Ernst Heinkel-Preis für Raumfahrtforschung", und festigte so seinen Entschluß.

Zu den Scharfmachern zählt der Bonner Minister Seebohm. Er gibt sich die größte Mühe, die Nato-Ideologie unter den Mitgliedern der (West-)Deutschen Gesellschaft für Raketentechnik und Raumfahrt e. V. zu verbreiten. Auf der Jahreshauptversammlung 1958 erklärte Seebohm: „Die der Rakete aufgebürdeten militärischen Zwecke sind ebensowenig vermeidbar wie die Verwendung zum Beispiel des Diesel-Motors zum Antrieb von Panzerfahrzeugen ..."

Um die westdeutschen Raketenforscher zu beruhigen, behauptete er in seiner „bedeutungsvollen Ansprache": „Man wird die Konstrukteure von Raketen für die militärische Anwendung der Raketen ebensowenig verantwortlich machen können wie die Automobilfabriken für die Unfälle, die leichtsinnige Fahrer ihrer Wagen verursachen mögen." Damit erteilt Seebohm die Absolution für die Verbrechen, die unverbesserliche Kriegstreiber heute planen und vorbereiten.

Ebenso deutlich proklamiert Seebohm die Ziele der Bonner Kriegspolitik: „Wir müssen vorangehen im Kampf gegen den Bolschewismus." (August 1959, Ansprache auf einem Revanchisten-Treffen.)
Die „Gesellschaft für Weltraumforschung e. V." setzte sich 1948 die „friedliche Weltraumfahrt" zum Ziel – heute findet man in den Zeitschriften der westdeutschen Gesellschaften Inserate von Rüstungsfirmen, die qualifizierte Wissenschaftler und Ingenieure für „neuzeitliche Entwicklungsaufgaben" suchen („Erfahrungen auf wehrtechnischem Gebiet sind erwünscht"). Auch der Verein für Raumschiffahrt wollte einst dem Raumfahrtgedanken dienen, doch er half, den zweiten Weltkrieg vorzubereiten. Den westdeutschen Gesellschaften für Raketentechnik und Raumfahrt droht heute die gleiche Gefahr, die den Verein für Raumschiffahrt und den Raketenflugplatz Berlin verschlang.
Ungeachtet dieser Erfahrungen bieten sie sich den Bonner Ultras zur Mitarbeit an. Werner Büdeler, Vorstandsmitglied der (West-)Deutschen Gesellschaft für Raketentechnik und Raumfahrt e. V., forderte im Oktober 1961, „daß man jene Gesellschaften und Organisationen entsprechend berücksichtigt, die sich bereits vor zehn, zwölf Jahren nicht scheuten, den Raumfluggedanken zu vertreten – also zu einer Zeit, da die Raumfahrtidee von vielen Seiten noch als bloße Utopie angesehen wurde. Wollte man diese Organisationen jetzt aus der Entwicklung ausschalten nach dem Motto: Der Mohr hat seine Schuldigkeit getan, der Mohr kann geh'n, so wäre dies nicht nur unfair, sondern könnte der ganzen Raumfahrtidee zum Nachteil geraten." Die so oft mißbrauchte „Raumfahrtidee" ist nur das Mäntelchen, mit dem die Bonner Ultras


wahrscheinliche Streuung der Flächenangriffs
Belagsdichte 7,10⁶ kcal/km²
Zweiter Zerstörungsgrad
Erster Zerstörungsgrad
Zeitpunkt
Zone des ersten Zerstörungsgrades
Zone des zweiten Zerstörungsgrades
Zone des dritten Zerstörungsgrades
Zone des vierten Zerstörungsgrades
Zone des fünften Zerstörungsgrades
Zone des sechsten Zerstörungsgrades
Zone des siebten Zerstörungsgrades
Zone des achten Zerstörungsgrades
Zone des neunten Zerstörungsgrades
Zone des zehnten Zerstörungsgrades
Zone des elften Zerstörungsgrades
Zone des zwölften Zerstörungsgrades
Zone des dreizehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfzehnten Zerstörungsgrades
Zone des sechzehnten Zerstörungsgrades
Zone des siebzehnten Zerstörungsgrades
Zone des achtzehnten Zerstörungsgrades
Zone des neunzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des neununddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des sechsundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des siebenundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des achtundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des neunundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des hundertsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundersten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddritten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünften Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundelften Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzwölften Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreizehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierzehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfzehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechzehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebzehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtzehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunzehnten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneununddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundeinundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundzweiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertunddreiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundvierundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundfünfundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsechsundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundsiebenundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundachtundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des einhundertundneunundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundersten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertunddritten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünften Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundelften Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzwölften Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertunddreizehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunzehnten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertunddreiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihunderdreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertunddreiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneununddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertunddreiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertunddreiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertunddreiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihunderdreiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihunderdreiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundeinundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundzweiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihunderdreiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundvierundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundfünfundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsechsundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundsiebenundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundachtundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des zweihundertundneunundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundersten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdritten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünften Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundelften Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzwölften Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreizehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierzehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfzehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechzehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebzehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtzehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunzehnten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneununddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundeinundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundzweiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihunderdreiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundvierundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundfünfundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsechsundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundsiebenundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundachtundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des dreihundertundneunundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundersten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdritten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünften Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundelften Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzwölften Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreizehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierzehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfzehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechzehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebzehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtzehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunzehnten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneununddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunundvierzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunundfünfzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunundsechzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunundsiebzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunundachtzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundeinundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundzweiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhunderdreiundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundvierundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundfünfundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsechsundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundsiebenundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundachtundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des vierhundertundneunundneunzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundersten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundzweiten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhunderdritten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundvierten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundfünften Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundsechsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundsiebten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundachten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundneunten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundelften Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundzwölften Zerstörungsgrades
Zone des fünfhunderdreizehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundvierzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundfünfzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundsechzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundsiebzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundachtzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundneunzehnten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundeinundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundzweiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhunderdreiundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundvierundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundfünfundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundsechsundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundsiebenundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundachtundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundneunundzwanzigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhunderdreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundeinunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundzweiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhunderdreiunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundvierunddreißigsten Zerstörungsgrades
Zone des fünfhundertundfünfunddreißigsten Zerst

ihre Führungsansprüche in Westeuropa und ihre Aggressionsabsichten tarnen wollen. Wer sich ihren Plänen widersetzt, wird hinweggefegt – wie Prof. Sänger, den Strauß und Seebohm zum „Mohren" machten, weil er sagte: „Ich habe mein ganzes Leben im militärischen Bereich gearbeitet. Jetzt wollte ich mich auf zivile Gebiete zurückziehen."

In Westdeutschland wiederholt sich auch auf dem Gebiet der Raketentechnik jene gefahrvolle Entwicklung, die wir aus der Vergangenheit nur zu gut kennen.

Als im Oktober 1959 verschiedene Beschränkungen, die der Entwicklung und dem Bau von Raketen in Westdeutschland offiziell noch auferlegt waren, durch Beschluß des Rates der Westeuropäischen Union aufgehoben und der Bau von Kurzstreckenraketen gesetzlich erlaubt wurde, begrüßte ein Sprecher des Bonner Kriegsministeriums den Beschluß „aus tiefem Herzen" und dankte dem NATO-Oberkommandierenden Norstad für dessen „warmes Verständnis für unsere Wünsche".

Die Wünsche der Bonner Revanchisten sind uns gut bekannt.

Um so notwendiger ist es, die Konsequenzen zu ziehen. Deshalb finden wir auch in dem Vorschlag der Sowjetunion für einen Friedensvertrag mit Deutschland den Artikel 28, Angriffswaffen: Deutschland darf nicht besitzen, produzieren, erwerben oder experimentell erproben ... jegliche Art von Raketen und gelenkten Geschossen sowie Apparate und Vorrichtungen, die zu ihrem Abschuß und ihrer Lenkung dienen.

In Bonn jedoch stoßen alle Vorschläge, die der Abrüstung und Entspannung dienen, auf Ablehnung. Die Gegner der Bonner Kriegspolitik werden zu hohen Freiheitsstrafen verurteilt, und ihre Richter sind dieselben, die schon einmal Zehntausende von Kämpfern gegen den imperialistischen Krieg dem Henker auslieferten.

Im Bonner Bundestag aber erklärt der „christliche" Abgeordnete und Vizepräsident Jaeger von der CDU auf die Frage, ob er bereit sei, mit Atomwaffen auf Leipzig zu schießen, unter dem Beifall der Abgeordneten der Bonner Regierungspartei: „Ja, auch auf Leipzig und Dresden!"

Diese wildgewordenen Revanchisten sollten sich stets die Warnung vor Augen halten, die ihnen Marschall Malinowski von der Tribüne des XXII. Parteitages der KPdSU zurief, „... daß nicht mehr als acht Kernladungen mit einer Stärke von je fünf Millionen Tonnen genügen, um Westdeutschland außer Gefecht zu setzen."

Flüssige oder feste Treibstoffe?

Es wird den Leser vielleicht überraschen, diese Überschrift zu lesen, nachdem wir in früheren Kapiteln die Mängel der Pulverrakete dargelegt haben. Dabei beschränkten wir uns jedoch nur auf die alten Schwarzpulverraketen.

Ziolkowski schuf die Grundlagen der Raketentechnik in der Überzeugung, daß nur mit Flüssigkeitsraketen Höchstleistungen erzielt werden können, wie sie für astronautische Zwecke notwendig sind. Goddard, Zander, Oberth, Sänger und andere Raketenforscher gelangten nach ihm zu der gleichen Schlußfolgerung. So kam es, daß bis in unsere Tage hinein den Raumfahrtplänen die Verwendung flüssiger Treib-

Im Kampf gegen die faschistischen Eindringlinge teilten die sowjetischen Raketenwerfer vernichtende Schläge aus – Garde-Minenwerfer, bekannt unter dem Namen „Katjuscha"

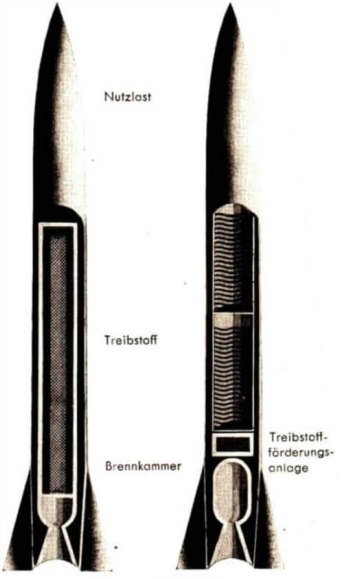
stoffe zugrunde gelegt wurde. Auf das Zeitalter der Pulverraketen folgt das Zeitalter der Flüssigkeitsraketen – das schien der Weisheit letzter Schluß.
Aber wie so oft zeigt sich auch hier, daß die Entwicklung nicht so einfach und harmonisch verläuft. Beide Antriebsverfahren haben ihre positiven und ihre negativen Seiten, und die Widersprüche, die ihnen eigen sind, haben besonders in den letzten Jahren zu einem Wettkampf geführt, dessen Ausgang durchaus unentschieden ist, wenn man die Ergebnisse untersucht, die uns bekannt wurden.
Schon während des zweiten Weltkrieges deuteten bestimmte Anzeichen auf Fortschritte hin, die bei der Entwicklung von Pulverraketen erzielt worden waren. Denken wir zum Beispiel an den erfolgreichen Einsatz der Katjuscha-Raketenartillerie, die sich im Kampf um Stalingrad und in den anderen Schlachten gegen die faschistischen Armeen als eine wirksame Waffe erwies. Der Masseneinsatz von Raketen großen Kalibers war nur möglich, nachdem die Schwierigkeiten bei der Herstellung gemeistert, die Betriebsunsicherheit der Raketen vermindert und eine gleichbleibende Leistung gesichert worden waren. Die gefürchtete „Katjuscha" stellte also auch raketentechnisch bereits einen wesentlichen Fortschritt gegenüber den alten Schwarzpulverraketen dar. Zum Unterschied dazu nennen wir die modernen Raketen nicht Pulver-, sondern Feststoffraketen. Mit den Feststoffraketen werden heute Leistungen erreicht, die zu der Frage berechtigen, ob in der künftigen interplanetaren Raumfahrt diese oder die Flüssigkeitsraketen die Hauptrolle spielen werden.
Vergleichen wir einmal beide Antriebsverfahren miteinander! Die Vorteile der Flüssigkeitsraketen sind uns bekannt. Mit ihnen lassen sich recht hohe Ausströmgeschwindigkeiten erreichen, die Treibstoffbehälter können dünnwandig und leicht

gebaut werden. Außerdem kann man in gewissen Grenzen den Schub regeln und bei einer bestimmten Geschwindigkeit den Antrieb einstellen. Der letzte Vorteil ist durchaus nicht nebensächlich, denn sowohl bei Forschungs- als auch bei Kampfraketen kommt es häufig darauf an, daß die Schubkraft der Rakete schlagartig aufhört, wenn eine vorberechnete Geschwindigkeit erreicht ist. Nur jene Satellitenrakete ist geeignet, einen Meßsatelliten in eine bestimmte Umlaufbahn zu bringen, nur jene interkontinentale ballistische Rakete vermag einen aktiv gewordenen Atomstützpunkt mit der notwendigen Genauigkeit zu treffen und zu vernichten, die ein Brennschlußkommando exakt ausführen kann. Demgegenüber besitzen Flüssigkeitsraketen auch einige Nachteile. Ihr mechanischer Aufbau ist sehr kompliziert. Sie sind anfällig gegenüber Störungen zum Beispiel des Treibstoff-Fördersystems, besonders der Ventile. Die Startvorbereitungen dauern lange und erfordern eine zahlreiche, gut eingeübte Bedienungsmannschaft. Einige der Treibstoffe erschweren wegen ihrer tiefen Temperatur oder ihrer chemischen Aggressivität den Umgang. Die geringe Betriebsbereitschaft ist besonders bei Kampfraketen ein schwerwiegender Nachteil, kann sich aber auch bei Raumraketen negativ auswirken.

Umgekehrt zeichnet sich die Pulver- und auch die Feststoffrakete durch ihren einfachen, unkomplizierten Aufbau aus. (Das besagt aber nicht, daß auch die Herstellung einfach und unkompliziert ist!) Das Triebwerk besitzt keine oder nur wenige komplizierte Teile. Die Startvorbereitungen erfordern geringe Zeit, und unter bestimmten Bedingungen – gleichbleibende Temperatur und Luftfeuchtigkeit – bereitet es keine Schwierigkeiten, solche Raketen zu lagern.

Andererseits bildet der Treibstoffbehälter gleichzeitig die Brennkammer. Er muß den Brennkammertemperaturen und -drücken standhalten und kann deshalb nicht so dünn gehalten werden, wie es bei Flüssigkeitsraketen mit Pumpenförderung möglich ist. Hinzu kommen das Problem der Kühlung und die Explosionsgefahr, weiter der Nachteil, daß man eine brennende Pulverrakete nicht einfach „abstellen" kann, indem man das brennende Pulver löscht.

Die Werfereinheiten der Sowjetarmee sind mit modernsten Waffen ausgerüstet



Diese Gegensätze wurden zum Ansporn der weiteren Entwicklung. Die Experten der beiden Raketenarten bemühten und bemühen sich, die Nachteile „ihres" Antriebsverfahrens zu verringern und die Vorteile auszubauen. Offenbar sind ihnen schon wesentliche Fortschritte gelungen. Gelegentlich werden trotz der Geheimhaltungsmaßnahmen Einzelheiten bekannt, die zum Allgemeingut der Raketentechnik in den verschiedenen Ländern gehören.

Es ist verständlich, daß besonders die Sowjetunion kaum über die speziellen Fortschritte ihrer Raketentechniker berichtet. Wollte man die bekanntgewordenen Einzelheiten aufzählen, so würden die meisten aus westlichen Quellen stammen. Heute gibt es eine Reihe von Büchern über Raketentechnik, die auf Hunderten von Seiten westliche Raketen mit ihren technischen Details beschreiben, während sie den sowjetischen Raketen nur wenige Seiten widmen. Daraus schließen manche Leute, daß die verwendete Seitenzahl proportional dem Entwicklungsstand in den verschiedenen Ländern sei.

Tatsächlich ist der erreichte Stand aber nur an den Erfolgen erkennbar, die die Hochleistungsraketen bei der Erschließung des Weltraumes erreichen. Hier zeigen aber

die praktischen Ergebnisse, daß die Sowjetunion alle anderen Länder weit hinter sich gelassen und einen Vorsprung von mehreren Jahren gewonnen hat. Deshalb ihre Zurückhaltung, deshalb auch die „Großzügigkeit" der USA! Auf Grund der Situation brauchen sich die USA nicht die gleiche strikte Geheimhaltung wie die Sowjetunion aufzuerlegen und geben von Zeit zu Zeit Nachrichten frei, von denen man annehmen muß, daß sie von einem Entwicklungsstand der Raketentechnik künden, der in der UdSSR schon vor Jahren erreicht wurde. Das heißt aber nicht, daß in beiden Ländern die Entwicklung völlig den gleichen Weg geht.

Es ist nicht die Aufgabe dieses Buches, den Leser über alle bekannten Details zu unterrichten. Auch wegen des raschen Entwicklungstempos wäre das eine recht undankbare Aufgabe, ganz abgesehen davon, daß wir in vieler Hinsicht auf Vermutungen angewiesen sind. Wir wollen uns deshalb auf einige wesentliche Angaben beschränken.

Die Entwicklung der Flüssigkeitsraketen zielt ab auf extrem leichte und zuverlässige, mithin einfache Triebwerke mit „papierdünnen" Treibstoffbehältern, auf Bauweisen und Förderverfahren, mit denen möglichst hohe Ziolkowskizahlen erreicht werden, und auf verbesserte Treibstoffe.

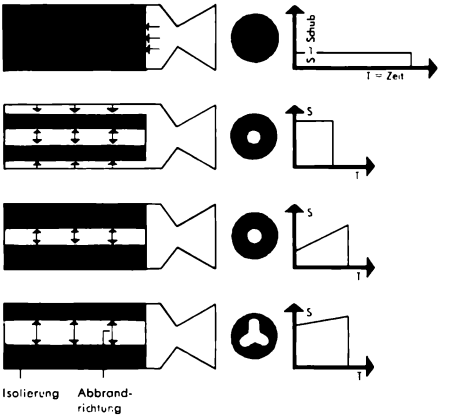
Günstige Massenverhältnisse konnte man dadurch verwirklichen, daß man zu den von Ziolkowski angegebenen Bauprinzipien zurückkehrte. Bei den V 2-Raketen wurden die Treibstoffbehälter gesondert hergestellt und in die Raketenzelle eingesetzt. Im Gegensatz dazu bilden bei vielen modernen Raketen die Wände der Treibstoffbehälter gleichzeitig die Außenhülle der Rakete, wie es einst Ziolkowski vorschlug.

Für die Treibstoffe gelten nach wie vor die Anforderungen, die Ziolkowski an einen Raketentreibstoff stellte: möglichst große Energie je Masseneinheit, große Dichte und damit geringer Raumbedarf, chemische Beständigkeit, Billigkeit und schließlich eine Verbrennungstemperatur, die die vorhandenen Brennkammern nicht überfordert. Wir brauchen nicht hervorzuheben, daß die Verbrennungsprodukte hauptsächlich Gase sein müssen. Weiterhin sollen sich die Treibstoffkomponenten in der Brennkammer schnell vereinigen und miteinander verbrennen, und die Verbrennung soll leicht eingeleitet werden können. Gelingt die Zündung nicht sofort, wenn die Treibstoffkomponenten in die Brennkammer einströmen, so gibt es „Zündverzug". Innerhalb eine Sekunde fördern die Pumpen so viel flüssige Treibstoffe in die Brennkammer, daß diese etwa gefüllt ist. Wie gefährlich die Mischung der beiden Stoffe ist, wissen wir durch das Mißgeschick Valiers.

In den vergangenen Jahrzehnten haben Treibstoffchemiker viele Tausende von Stoffen untersucht und eine große Anzahl brauchbarer Treibstoffe gefunden. Die Liste wird ständig durch neue Treibstoffe bereichert, die von den Chemikern systematisch entwickelt wurden.

Schon vor zwanzig Jahren entdeckte man in verschiedenen Ländern Treibstoffe, die man allgemein als Hypergole bezeichnet. Dazu gehört zum Beispiel die Treibstoffkombination Salpetersäure und Anilin. Wenn diese beiden Stoffe zusammenkommen, beginnt der Verbrennungsprozeß sofort von selbst. Zündverzug, Spätzündung und damit verbundene Explosionen sind dadurch ausgeschlossen. Hypergole Raketentriebwerke verwendet man oft in Überschallflugzeugen als Zusatzantrieb, der nach Bedarf an- und abgestellt werden kann.

In den letzten Jahren wurden besonders die „exotischen" Treibstoffe erforscht. Das sind Treibstoffe, die den Chemiker vor Jahren noch als „fremdartig" erschienen.
Zu den exotischen Treibstoffen gehören Cyanverbindungen, Boran und Boranverbindungen. Sie gestatten höhere Ausströmgeschwindigkeiten, geben aber den Chemikern und den Konstrukteuren manche harte Nuß zu knacken. Ihre Herstellung ist nicht einfach und erfordert meist besondere Anlagen. Zudem sind viele der exotischen Treibstoffe oder ihre Verbrennungsprodukte giftig.
Unter den neuen Oxydationsmitteln finden wir Ozon und Fluor. Schon F. A. Zander und J. W. Kondratjuk hatten diese Stoffe in Erwägung gezogen. Ihre praktische Verwendung stellt die Forscher vor neue Probleme. So neigt Ozon dazu, unter Energieabgabe plötzlich zu zweiatomigen Sauerstoff zu zerfallen, während Fluor sehr giftig ist und die meisten Stoffe chemisch angreift.
Schritt für Schritt werden die Leistungen der Flüssigkeitsraketen verbessert. In zunehmendem Maße finden beim Bau der Raketen Kunststoffe Verwendung, z. B. zu Leitungen, Ventilen und als Schmiermittel für hochbeanspruchte Lager.
Unseren kleinen Überblick über die Flüssigkeitsraketen wollen wir mit der Erwähnung eines Kuriosums schließen. Vor einigen Jahren ergänzte der Amerikaner Dr. Clark von der American Rocket Society, der amerikanischen Raketengesellschaft, die Forderungen, die von Ziolkowski an einen Treibstoff gestellt wurden. Clark verlangte von dem idealen Raketentreibstoff: Er soll nicht teurer als Straßenschmutz und so wohlfeil wie die Luft sein, aber nur in den Vereinigten Staaten von Amerika erhältlich...
Bei den Feststoffraketen dient die Brennkammer gleichzeitig als Aufbewahrungsraum für den Treibstoff. In dieser Hinsicht unterscheiden sie sich nicht von den alten Schwarzpulverraketen. Wie bei den Flüssigkeits- und den Schwarzpulverraketen werden die Treibgase auch bei einer Feststoffrakete durch einen chemischen Vorgang erzeugt. Deshalb nennt man solche Raketen auch chemische Raketen.
Die Treibstoffkomponenten – Brennstoff und Sauerstoffträger – sind bei den Feststoffraketen feste Stoffe. Wir unterscheiden zwei Arten von Treibsätzen. Die „heterogenen" Festtreibstoffe bestehen aus einer Mischung beider Treibstoffkomponenten. Dagegen handelt es sich bei den „homogenen" Festtreibstoffen um sogenannte Einstoff-Systeme. Hier sind die Treibstoffkomponenten nicht gemischt, sondern gleichzeitig in ein und demselben Stoff enthalten.
Zu den homogenen Festtreibstoffen gehören Nitroglyzerin und Nitrozellulose. Jedes einzelne Molekül dieser Stoffe enthält Sauerstoff und „Brennstoff", in diesem Falle Kohlenstoff und Wasserstoff, chemisch gebunden. Bei der Verbrennung zerfallen die großen und komplizierten Moleküle zu einfacheren, die einen wesentlich größeren Raum beanspruchen. Außerdem erfolgt der Zerfall unter Wärmeabgabe, wodurch sich die Gase enorm ausdehnen. Weil der Zerfall außerordentlich schnell vor sich gehen kann, verwendet man Nitroglyzerin und Nitrozellulose als Sprengstoffe.
Raketentreibstoffe dürfen aber auf keinen Fall detonieren; sie sollen ihre Kraft allmählich freigeben. Während sich bei einer Detonation der Zerfall mit einer Geschwindigkeit von mehreren km/s durch die Masse ausbreitet und in einem Augenblick gewaltige Energiemengen auslöst, soll die Abbrandgeschwindigkeit bei Raketentreibsätzen nur einige Millimeter je Sekunde betragen.
Im allgemeinen erreicht man ein langsames Abbrennen, indem man verschiedene



Einige Landungsformen moderner Feststoffraketen und Schubverlauf
2–4: Stirnflächen sind isoliert. Die Pfeile geben die Abbrandrichtung an.
S – Schub, T – Zeit

Einstoffe miteinander mischt und Stoffe zufügt, die den Ablauf der Reaktion verzögern. Die Mischung wird dann in die gewünschte Form gepreßt.
Im zweiten Weltkrieg wurden auf verschiedenen Kriegsschauplätzen Kampfraketen eingesetzt, deren Treibsätze aus Nitroglyzerin und Nitrozellulose hergestellt wurden, indem man die Mischung durch Düsen preßte. Später lernte man es, die Treibsätze in Formen zu gießen. Moderne Fabrikationsanlagen erzeugen die Treibstoffmischungen in einem kontinuierlichen Verfahren.
Das Gießverfahren gestattet es, Feststofftreibsätze von erstaunlichen Ausmaßen herzustellen. Natürlich muß dafür gesorgt werden, daß die Treibsatzmasse keine Luft- oder Gaseinschlüsse enthält. Diese hätten etwa die gleiche Wirkung wie die Haarrisse bei den Schwarzpulverraketen. Darum bedient man sich mannigfacher technischer Hilfsmittel. So werden große Treibsätze oft im Vakuum gegossen, damit keine Luftblasen entstehen. Die fertigen Treibsätze werden mit durchdringender Strahlung auf ihre gleichmäßige Beschaffenheit untersucht.
Nun einige Worte über die heterogenen Festtreibstoffe! Wir kennen bereits einen Vertreter dieser Gattung – das Schwarzpulver. An Stelle des Salpeters werden für moderne Festtreibstoffe oft andere sauerstoffreiche anorganische Salze benutzt, z. B. Ammoniumnitrat oder Ammonium- und Kaliumperchlorat. Selbst das teure Lithiumperchlorat wird herangezogen, weil es 30–70 Prozent mehr Sauerstoff enthält. Als Brennstoff verwendet man nicht mehr Schwefel und Holzkohle, sondern Asphalt, Harze, synthetischen Gummi und überhaupt die verschiedensten Kunststoffe. Sie dienen aber nicht nur als Brennstoff, sondern gleichzeitig auch als Bindemittel für die Treibsatzmasse, und umschließen die winzigen Teilchen der Sauerstoffträger. Bei der Auswahl der Brennstoffe wird besonders darauf geachtet, daß sie dem Treibsatz eine elastische Beschaffenheit geben, die ihn unempfindlich gegen-

über Erschütterungen macht. Die gummiartigen „gefederten" Treibsätze müssen nicht nur den Belastungen beim Transport, sondern auch bei der Verbrennung widerstehen, denn diese geht nicht ganz gleichmäßig vor sich, sondern verläuft pulsierend.

Außer den beiden Hauptbestandteilen enthalten die Treibsätze verschiedene Zusätze, die das Gießen erleichtern, den Verbrennungsablauf gleichmäßiger gestalten, die Detonationsgefahr ausschließen und die Abbrandgeschwindigkeit regulieren. Gegenwärtig beträgt diese etwa 5–20 mm/s. Andere Zusätze wieder erhöhen die Leistungen. Auch bei Feststoffraketen wendet man den Vorschlag Zanders an. Einige moderne Treibsätze sollen 10–15 Prozent Aluminium in fein verteilter Form enthalten.

Von großem Einfluß auf den Schubverlauf ist die Form des Treibsatzes. Von den Schwarzpulverraketen her kennen wir die Brander- und die Seelenraketen. Abb. auf Seite 142 oben zeigt uns einige moderne Formen. Je nachdem, ob die Fläche der abbrennenden Treibsatzschicht zu- oder abnimmt, wächst oder sinkt der Schub während der Verbrennungszeit.

Besonders vorteilhaft sind die Innenbrenner oder Hohlbrenner. Das sind Treibsätze, die von innen nach außen abbrennen. Bei ihnen bleibt die Brennkammerwand bis zum Schluß vor der Hitze bewahrt. Weil kalte Werkstoffe eine höhere Festigkeit besitzen, kommt man bei den Hohlbrennern mit dünneren Wandungen aus. An Stelle der Metalle kann man sogar Glasfasern und Kunststoffe einsetzen und dadurch ebenfalls das Gewicht der Brennkammer vermindern. Die Stirnflächen des Treibsatzes werden isoliert, damit die Verbrennung nur von der oft sternförmigen Höhlung aus nach außen fortschreiten kann. Sonst würde der Treibsatz unmittelbar an der hitzeempfindlichen Brennkammerwand verbrennen, solange sie noch nicht beansprucht werden darf.

Wie dick eine Brennkammerwand sein muß, hängt auch von dem Gasdruck ab. Je höher der Druck, um so dicker die Wandung und um so ungünstiger das Massenverhältnis. Mit steigendem Gasdruck wächst zwar die Gasgeschwindigkeit, doch wird dieser Vorteil durch das vergrößerte Gewicht der Wandung wieder aufgehoben. Deshalb bevorzugt man Brennkammerdrücke von 15–70 Atmosphären. Viele homogene Treibstoffe brennen aber nur bei höheren Drücken gleichmäßig und vollständig ab. Darum verwendet man häufiger die heterogenen Festtreibstoffe.

Besonders schwierig ist das Problem der Kühlung. Man versucht, auch bei länger brennenden Feststoffraketen mit kapazitiver Kühlung auszukommen. Dabei stützt man sich besonders auf Treibsätze mit nicht allzu hohen Verbrennungstemperaturen, wie sie besonders die heterogenen Festtreibstoffe besitzen. Die hitzebeanspruchten Teile stellt man aus Stoffen mit möglichst hohen Schmelzpunkten her, z. B. Tantal, Wolfram oder Beryllium, und überzieht sie auf der Feuerseite mit widerstandsfähigen Isolierschichten aus bestimmten Karbiden, Boriden und Oxyden, z. B. Thoroxyd, Zirkoniumborid und Tantalkarbid. Dadurch können die Düsenbaustoffe vor der direkten Hitzeeinwirkung und vor chemischen Einflüssen geschützt werden. Sind die Schutzschichten genügend dünn, so wirkt sich ihre geringe Wärmeleitfähigkeit nicht nachteilig auf die Widerstandsfähigkeit der Brennkammerwand aus. Außer den genannten werden auch keramische Stoffe verwendet.

Zur Kühlung des besonders beanspruchten Düsenhalses lassen sich überdies auch die

bei Flüssigkeitsraketen verwendeten wirksamen Verfahren (Schwitzkühlung oder Schleierkühlung z. B. durch Kohlenwasserstoffe) einsetzen, ferner eine Verdampfungskühlung, bei der leicht schmelzbare Metalle wie Lithium oder Magnesium den Düsenhals von außen umgeben und ihm bei ihrer Verdampfung Wärme entziehen, sowie eine Kühlung mit Hilfe chemischer Reaktionen (Zersetzung von Alkali-Salz). Schließlich sei noch auf einige Neuerungen hingewiesen, die eine breite Verwendung der Feststoffraketen begünstigen. Einmal lassen sich diese Raketen nach dem Baukastenprinzip zu größeren Einheiten zusammenfassen und gestatten es auch, die verbrauchten Raketen leicht abzutrennen. Zum anderen kann der Schubverlauf jetzt auch bei Feststoffraketen in gewissen Grenzen noch während der Verbrennung beeinflußt werden, indem man eine Flüssigkeit in die Brennkammer einspritzt. Ferner gelingt es sogar, eine Art Brennschluß herbeizuführen. Das geschieht natürlich nicht durch Abstellen der Treibstoffzufuhr, sondern durch schlagartiges Öffnen der Brennkammerwand oder durch Abtrennen des Triebwerkes von der seitlich angebrachten Nutzlast. Ein weiteres Verfahren stellt die Schubumkehr oder der Gegenschub dar. Bei „Brennschluß" werden Sprengmembrane geöffnet und zusätzliche Ausströmdüsen freigegeben, die einen Teil der Gase in entgegengesetzter Richtung entweichen lassen. Dadurch wird der Schub aufgehoben oder umgekehrt. Gleichzeitig wird die Nutzlast abgetrennt und fliegt mit der gewünschten Geschwindigkeit zum Beispiel als Satellit weiter.

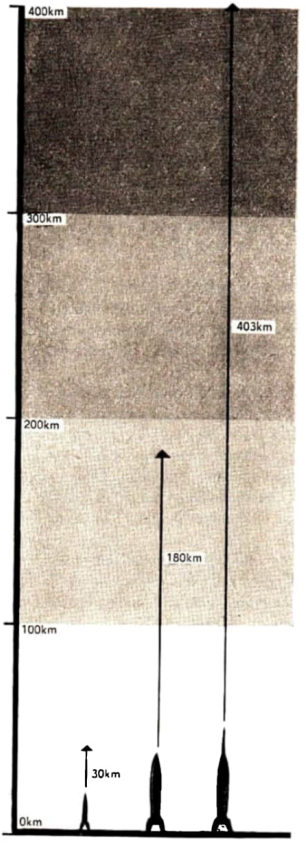
Die Entwicklung der Feststoffraketen soll heute bereits so weit vorangeschritten sein, daß Schübe von 100 Tonnen, Brennzeiten von mehreren Minuten. Ausströmgeschwindigkeiten von über 2500 m/s und Ziolkowskizahlen von 30 (ohne Nutzlast) erreicht werden. Das Triebwerkgewicht setzt sich aus 97% Treibstoff und 3% Leergewicht zusammen. Sehr große Feststoffraketen können auch aus einzelnen Teilen (Bausteinen) zusammengefügt werden. Auf diese Weise wäre sogar der Bau von Feststoffraketen möglich, die über zwanzig Meter lang sind und mehrere hundert Tonnen wiegen.

Diese Fortschritte auf dem Gebiet der Feststoffantriebe übertreffen alles, was man bis vor kurzem noch zu erhoffen wagte. Damit tritt der Flüssigkeitsrakete ein Antrieb zur Seite, der für viele astronautische Aufgaben seine besonderen Vorzüge besitzt.

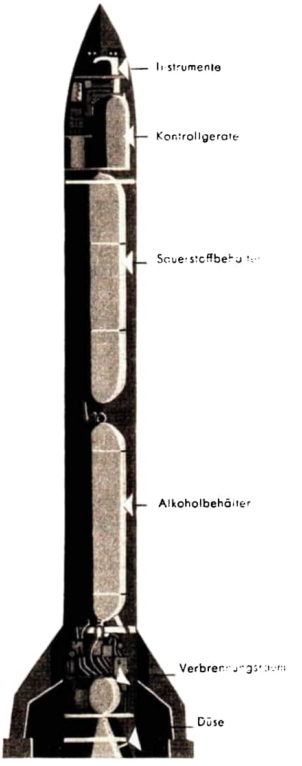
Der Wettbewerb zwischen den beiden Antriebsverfahren ist noch keineswegs abgeschlossen. In den letzten Jahren wurde zudem versucht, beide Verfahren zu kombinieren. Ein „kombiniertes Triebwerk" arbeitet mit einer flüssigen und einer festen Treibstoffkomponente. Da die Zufuhr der flüssigen Komponente verändert oder unterbrochen werden kann, läßt sich die Schubkraft nach Bedarf regeln. Kombinierte Systeme sollen außerdem zuverlässiger, ungefährlicher und unempfindlicher gegenüber Stößen und Temperaturschwankungen sein.

Diese vielseitigen Forschungsarbeiten auf dem Gebiet des Raketenantriebes bilden jedoch nur einen Teil der Vorbereitungen, die dem Aufstieg der Sputniks, Luniks und bemannten Raumschiffe vorangingen. Die Erfolge der sowjetischen Raumfahrtforschung gründen sich deshalb nicht allein auf eine hochentwickelte Antriebstechnik, sondern auch auf Spitzenleistungen nahezu aller Zweige der Naturwissenschaften, der Technik und der Wirtschaft.

Wer zu den Sternen fliegen will, muß den Weg genau kennen. Zunächst gilt es, die Lufthülle der Erde zu durchdringen. Wie dürftig und ungenau waren noch vor wenigen Jahrzehnte die Angaben über den Aufbau der Erdatmosphäre!
Die Forschungen mit Flugzeugen, mit bemannten und unbemannten Ballonen haben zwar unser Wissen außerordentlich bereichert. Doch alle diese Forschungsmittel sind auf die Luft als das tragende Element angewiesen, und höher als 40 km gelangt auch der leistungsfähigste Ballon kaum. Man beobachtete Meteore und Nordlichter; man stellte fest, wie sich die Radiowellen ausbreiten, und konnte so verschiedene wertvolle Angaben gewinnen. Doch was ist das alles gegenüber den Möglichkeiten, die sich bieten, wenn man Raketen einsetzt, um die Lufthülle unserer Erde zu erforschen.
Ein langer Weg führt von der ersten meteorologischen Rakete, die 1933 von Tichonrawow gestartet wurde, zu den modernen Höhenforschungsraketen – ein Weg, der durch den zweiten Weltkrieg jäh unterbrochen wurde. Wenige Jahre nach dem Ende des imperialistischen Abenteuers starten erneut Höhenforschungsraketen.
In den USA werden die erbeuteten Raketen der deutschen Faschisten zu einer Reihe von Versuchen benutzt, die der Höhenforschung dienen, gleichzeitig aber den amerikanischen Forschern, die selbst noch nicht über die recht kleine Forschungsrakete WAC Corporal hinausgelangt sind, neue Erkenntnise vermitteln. Diese kommen den amerikanischen Raketenexperten später beim Bau von Kampfraketen zustatten. Mit einer zweistufigen Kombination, bestehend aus einer V2-Rakete und einer WAC Corporal, gelingt es am 24. Februar 1949, eine Nutzlast von etwa 10 kg in eine Höhe von 403 km zu bringen.
1946 beginnt die Entwicklung der amerikanischen Viking-Raketen. Den größten Erfolg unter den Forschungsraketen vom Typ Viking erreicht die Viking 11. Am 24. Mai 1954 steigt sie mit 374 kg Nutzlast bis in 225 km Höhe. Von der Viking-Entwicklung stammt die amerikanische Satellitenrakete „Vanguard" ab.
Die etwas kleinere Höhenrakete Aerobee dient in verschiedenen Versionen der amerikanischen Marine und Luftwaffe zu Forschungszwecken. Die Höchstleistung wurde mit einer Aerobee-Hi erreicht, die 55 kg Nutzlast in eine Höhe von 325 km tragen konnte. Daneben gibt es noch eine ganze Reihe von Raketentypen, die in erster Linie zur militärischen Zweckforschung eingesetzt werden.
In der Sowjetunion, die die Hauptlast des faschistischen Raubkrieges zu tragen hatte, stehen trotz der Anstrengungen, die der Wiederaufbau erfordert, den Meteorologen schon 1949 Höhenforschungsraketen zur Verfügung. Sie starten aus einem Startturm und können bis in eine Höhe von 90–110 km steigen. Raketenkörper und Meßgerätesatz werden nahe dem Gipfelpunkt der Flugbahn voneinander getrennt, und beide landen an rechteckigen Fallschirmen. Von Anfang an legen die sowjetischen Konstrukteure besonderen Wert auf die einwandfreie Landung und Bergung der Instrumente. Der Meßgerätesatz landet trotz seines hohen Gewichts von 120–130 kp mit der sehr geringen Geschwindigkeit von etwa 4 m/s.
Größere Forschungsraketen enthalten bis zu fünf Behälter mit wissenschaftlichen Geräten und Versuchstieren, die ebenfalls mit Fallschirmen sicher zur Erde zurück-



Ein Beispiel für die Wirkung des Stufenprinzips: Mit der zweistufigen Kombination von A 4 (V 2) und WAC Corporal konnte eine Höhe erreicht werden, die größer ist als die Summe der einzelnen Steighöhen



Aufbau der Viking-Rakete

Länge 12,8 m
Durchmesser 1,14 m

gebracht werden. Im Mai 1957 erreicht eine Rakete mit Versuchstieren eine Höhe von 212 km. Besondere Überraschung löst das Gewicht aus – 2200 kp Nutzlast! Noch nie zuvor wurde eine so große Nutzlast in eine solche Höhe transportiert. Dieser Erfolg wird bald darauf durch die sowjetischen Höhenraketen in den Schatten gestellt, die im Rahmen des Forschungsprogramms zum Internationalen Geophysikalischen Jahr starten.

Am 1. Juli 1957 beginnt das bisher größte internationale Forschungsunternehmen. Mehr als zehntausend Wissenschaftler aus über fünfzig Ländern bearbeiten gemeinsam ein vielseitiges Forschungsprogramm, das nicht nur dem Studium der physikalischen Vorgänge und Zusammenhänge im Bereich der Erde, sondern auch der Erforschung der Lufthülle und der Umgebung unseres Planeten dient. Das Internationale Geophysikalische Jahr sollte ursprünglich am 31. Dezember 1958 enden. Doch die internationale Zusammenarbeit im IGJ bewährt sich so gut, daß die Generalversammlung für das IGJ auf Vorschlag der sowjetischen Delegierten beschließt, die Dauer des Forschungsunternehmens um zwölf Monate zu verlängern.

Ein wichtiger Teil des sowjetischen Forschungsprogramms im IGJ ist die Untersuchung der Vorgänge in den oberen Schichten der Lufthülle mit Forschungsraketen. Welche Erscheinungen sollen erforscht werden?

1. Druck, Temperatur und Zusammensetzung der Luft in verschiedenen Höhen
2. Optische Eigenschaften der Atmosphäre
3. Ultraviolett- und Röntgenstrahlung der Sonne, die Rolle dieser Strahlungen bei der Bildung der Ionosphäre, Absorption in den verschiedenen Schichten der oberen Atmosphäre
4. Korpuskularstrahlung der Sonne und ihre Wirkung
5. Kosmische Strahlung
6. Erscheinungen in der Ionosphäre
7. Magnetfeld der Erde
8. Meteore und Mikrometeore
9. Physikalisch-chemische Prozesse in den oberen Atmosphärenschichten.

Es wäre ein Irrtum, zu glauben, an diesen Forschungen wären nur die Wissenschaftler interessiert. Auch praktische Aufgaben können dadurch besser gelöst werden. Die Forschungen helfen, die Wettervorhersagen zu verbessern. Sie liefern genaue Unterlagen für die Bewegungsbedingungen aller Arten von Flugzeugen und Flugkörpern und erleichtern die Vorhersage der Einflüsse auf die Ausbreitung von Radiowellen. Alle diese Fragen haben auch für die Astronautik eine grundlegende Bedeutung.

In drei Zonen starten die sowjetischen Forschungsraketen:

1. Zone – Arktis, Franz-Joseph-Land
2. Zone – Mittlere Breiten der UdSSR
3. Zone – Antarktis, hauptsächlich das Gebiet des Südpolobservatoriums Mirny.

Ein Teil der Raketen der dritten Zone startet von dem Diesel-Motorschiff „Ob". Auch andere Staaten beteiligen sich mit einer erheblichen Anzahl von Raketenaufstiegen. Die USA setzen 200 Raketen ein, Frankreich stellt 12 Raketen vom Typ Veronique für die Forschungen zur Verfügung, und England verwendet verschiedene Typen von Höhenraketen.

Eine einzelne Rakete kann selbstverständlich nur einem Teil des umfangreichen Programms dienen. Mit der Größe der Nutzlast wächst auch die Zahl der im Gerätekopf untergebrachten Meßgeräte und der wissenschaftliche Wert der Rakete. Wir müssen es uns versagen, auf die verschiedenen Arten der Meßgeräte einzugehen. Aufbau und Wirkungsweise sind oft so kompliziert, daß eine gründliche Besprechung den Rahmen dieses Buches sprengen würde.
Die Ergebnisse der Messungen gelangen im wesentlichen auf zwei Arten zur Erde. Einmal werden sie während des gesamten Fluges sofort durch Funk den Bodenstationen übermittelt, zum anderen werden sie im Instrumententeil der Rakete gespeichert. Die Film- und Bandaufnahmen werden dann nach der Landung ausgewertet.
Mit der Zahl der Meßgeräte steigen die Schwierigkeiten der Registrierung und Übertragung. Erschütterungen und starke Beschleunigungskräfte stellen höchste Anforderungen an die Widerstandsfähigkeit der Meß- und Übertragungsanlagen. Hinzu kommt die Forderung nach möglichst geringem Gewicht, die von der Technik erst in den letzten Jahren ausreichend befriedigt werden konnte. Alles in allem eine Fülle von Problemen, die man zuweilen vor Staunen über die raketentechnischen Leistungen zu würdigen versäumt.
Von den Hunderten von Raketenaufstiegen verdienen drei eine besondere Erwähnung. Am 21. Februar 1958 erreicht eine sowjetische Rakete die Rekordhöhe von 473 km. Ihr Nutzlastgewicht ist so hoch, daß es von westlichen Publizisten zum Teil mit dem Startgewicht der gesamten Rakete verwechselt wird. Doch die Gewichtsangabe von 1520 kp bezieht sich nur auf die Apparaturen des Meßgerätesatzes mitsamt ihren Energiequellen und dem zugehörigen Gerätebehälter. Neben einer Fülle von Meßgeräten enthält die Rakete besondere Vorrichtungen, die während des gesamten Fluges jede Drehung um die Achsen der Rakete verhindern. Dadurch gelingen genauere Messungen.
Wenige Monate später transportiert eine Einstufenrakete der UdSSR eine Nutzlast von 1690 kp in eine Höhe von 450 km. Die Nutzlast besteht aus Meßgeräten, ferner aus einer Kabine mit zwei Hunden und einem Kontrollsystem, mit dem die Lebensfunktionen der Tiere untersucht werden. Wiederum ist die Rakete stabilisiert, und es gelingt, die wissenschaftlichen Anlagen und die Tiere unbeschädigt auf dem vorgesehenen Gelände landen zu lassen.
Die beiden Hunde, Beljanka und Pjostraja, sind nicht die ersten Passagiere der sowjetischen Höhenraketen. Seit 1949 hat eine ganze Reihe von Tierversuchen stattgefunden.
In allen Fällen zeigte es sich, daß die Geräte eine sichere Landung der Tiere gewährleisten. Auch während des Startes und während des Aufenthaltes in den oberen Schichten der Erdatmosphäre treten keine Schädigungen des Gesundheitszustandes der Tiere auf.
Mit diesen Versuchen werden in der Sowjetunion die Grundlagen für den Raumflug der Menschen geschaffen. Einen weiteren Schritt in dieser Richtung unternehmen die Wissenschaftler am 2. Juli 1959. Wiederum trägt eine Einstufenrakete Versuchstiere und Meßgeräte in den Weltraum. Diesmal sind es zwei Hunde und ein Kaninchen, ferner Meßgeräte mit einem Gesamtgewicht von über 2000 Kilopond. Auch bei diesem Versuch gelingt die Bergung. Wenige Tage später übertreffen die sowjeti-

schen Gelehrten ihren Erfolg abermals und beweisen, daß es sich bei ihren Erfolgen nicht um Zufallsergebnisse handelt.
So wertvoll aber auch alle Versuche mit Höhenraketen sind – einen Mangel zeigen sie gemeinsam. Die Dauer der Untersuchungen ist auf wenige Minuten beschränkt. Nachdem die Rakete den Gipfelpunkt ihrer Bahn erreicht hat, fällt sie unweigerlich zur Erde zurück. In den wenigen kostbaren Minuten gelingen zwar Einblicke in Naturvorgänge und Naturgesetzmäßigkeiten, die uns sonst verschlossen blieben. Doch damit sind die Forderungen der Wissenschaft und auch der Praxis längst nicht befriedigt. Zur möglichst allseitigen Erforschung der Erscheinungen braucht man Messungen während längerer Zeiten und über verschiedenen Gebieten unserer Erde in wechselnden Höhen. Dazu genügen Höhenraketen nicht, auch wenn man sie in sehr großer Zahl einsetzen wollte.
Erst ein Forschungsmittel neuer, höherer Qualität ist dieser Aufgabe gewachsen, ein Gerät, das lange Zeit in den oberen Schichten der Lufthülle und im Weltraum verweilen kann. Am 4. Oktober 1957 trägt eine mehrstufige Rakete zum ersten Male ein solches Gerät in den Raum.

Die Sputniks

Vor sechzig Jahren schlug Ziolkowski den Bau künstlicher Satelliten vor, und immer wieder erneuerten die Pioniere der Raumfahrt den Vorschlag. Der Gedanke überschritt das geistige Fassungsvermögen vieler Menschen derart, daß noch 1949 die intenationale Luftfahrtzeitschrift „Interavia" schrieb: „Sie kreisen schon, die künstlichen Erdsatelliten. Zwar kreisen sie noch nicht in jenen Räumen zwischen Erde und Mond, wo sich Schwer- und Fliehkraft die Waage halten, dagegen kreisen sie in den Köpfen ..."
Um so höher müssen wir den Mut einschätzen, mit dem im Herbst 1954 ein Ausschuß zur Vorbereitung des Internationalen Geophysikalischen Jahres den teilnehmenden Staaten vorschlägt, im IGJ künstliche Erdsatelliten zu verwenden.
Wenige Monate später, am 15. April 1955, gibt der Moskauer Rundfunk eine Meldung bekannt, die bei vielen heftiges Kopfschütteln auslöst: Das Präsidium der Akademie der Wissenschaften der UdSSR hat eine ständige Kommission für den interplanetaren Verkehr gebildet. Eine der Hauptaufgaben der Kommission ist die Einrichtung eines wissenschaftlichen Laboratoriums, das lange Zeit auf einem künstlichen Satelliten um die Erde kreisen soll. In dem Raumlaboratorium sollen Beobachtungen angestellt werden, die von der Erdoberfläche aus nicht möglich sind. Das kosmische Laboratorium werde es den sowjetischen Gelehrten erlauben, tiefer in die Geheimnisse des Universums einzudringen und damit den ersten Schritt zur Lösung der Probleme des interplanetaren Verkehrs zu tun. Die Kommission wird sich auch mit der Koordinierung der Arbeiten bei der Erschließung des Weltaumes befassen.
Diese Meldung wird auf dem sechsten Internationalen Astronautischen Kongreß in Kopenhagen von Prof. Leonid Sedow bestätigt. Ende Juli 1955 genehmigt auch der Präsident der USA den Start amerikanischer Erdsatelliten im Rahmen des IGJ. Die Satellitenrakete „Vanguard" (Vorhut) soll den Weg in den Weltraum öffnen.

In den westlichen Ländern mischt sich ehrliche Begeisterung mit politischen und wirtschaftlichen Interessen zu einem Reklamerummel. Die schlagzeilenwütige Sensationspresse, aber auch die seriösen Zeitungen rühmen mehr als zwei Jahre lang die amerikanischen „Vorhut"-Raketen, die einen zehn Kilo schweren Satelliten in die Umlaufbahn tragen sollen. Die schlanke Rakete wird drei Stufen besitzen – die erste ist ein Abkömmling der Viking, die zweite stammt von der Aerobee ab, und als dritte dient eine Feststoffrakete. Und jede Stufe wird ein Wunderwerk sein – Spitzenleistung der amerikanischen Technik und Wissenschaft!

„Vanguard" wird zum Symbol der amerikanischen Überlegenheit und Stärke – so etwas können natürlich nur die USA, nicht aber die armen, versklavten Muschiks! Doch die Ruhmeskränze werden nicht nur aus politischen Gründen geflochten. „Vanguard" ist die beste Reklame für die Firmen, die daran bauen: Martin Company, General Electric, Aerojet General, Grand Central Rocket Comp., Alleghany Ballistics Lab.! Auch die hohen Offiziere der US-Navy, der amerikanischen Marine, sonnen sich im Glanze der bevorstehenden Leistung. Sie sind die Auftraggeber.

Wir brauchen kaum zu erwähnen, daß man die sowjetische Ankündigung in den USA nicht ernst nimmt. Im Juni 1957 geben die sowjetischen Fachzeitschriften die Sendefrequenzen bekannt. Doch niemand hält es für notwendig, die Zeitschriften zu übersetzen, zu lesen und auszuwerten oder gar die Aufnahmegeräte, die für die Satellitenbeobachtungen vorgesehen sind, auf die Frequenzen der angekündigten sowjetischen Satelliten einzurichten.

Im September 1957 veröffentlicht die Akademie der Wissenschaften der UdSSR in der Zeitschrift „Uspechi Fisicheskich Nauk" (Fortschritte der Physikalischen Wissenschaften) eine Fülle von grundlegenden Arbeiten über künstliche Satelliten, ihre Lebensdauer und ihre Forschungseinrichtungen. Doch was kümmert das die amerikanische Regierung und die Privatfirmen der USA – sie geben beträchtliche Summen aus, um Methoden und Geräte zu entwickeln, die in sowjetischen Fachzeitschriften schon längst beschrieben wurden, von denen man nur deshalb nichts weiß, weil diese Veröffentlichungen in den USA nicht gelesen werden. Nicht etwa, weil man sie in den USA nicht bekommen könnte – nein!

Mit Ausdauer und Eindringlichkeit haben westliche Publizisten seit Jahrzehnten „bewiesen", wie rückständig die sowjetische Wissenschaft und Technik seien, wie überlegen dagegen die Wissenschaft der „freien Welt". Das gehört zu dem Propagandafeldzug, mit dem man den Menschen der kapitalistischen Länder einredet, nur unter der Herrschaft der Kapitalisten könnten sich die Fähigkeiten der Menschen frei entfalten und Höchstleistungen hervorbringen. Von den „bösen" Kommunisten und ihren „unterdrückten Völkern" könne man nichts Gleichwertiges erwarten.

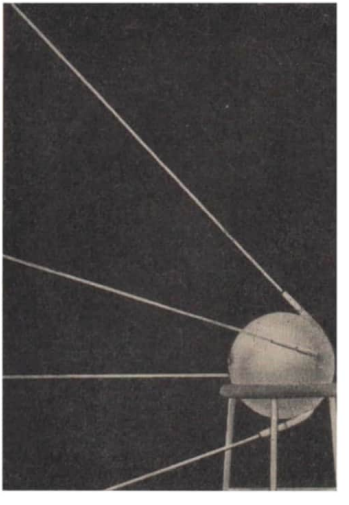
Die westliche Presse erfüllt ihre Aufgabe; sie festigt und sichert die Macht der herrschenden Klasse. Sie erfüllt ihren Klassenauftrag so ausgezeichnet, daß selbst die Herrschenden auf die eigene Propaganda hereinfallen, so daß sie am 4. Oktober 1957 aus allen Wolken fallen.

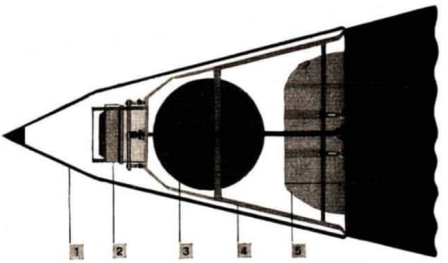
Nicht Vanguard, sondern Sputnik heißt der erste Satellit unserer Erde!

Mit Freude wird die Nachricht von den Menschen in den sozialistischen Ländern aufgenommen, mit Erstaunen und Bewunderung von jenen, die nicht auf die Propaganda der Kapitalistenschreiber hörten.

Überraschend ist das Gewicht des ersten Sputnik – mit 83,6 kg fast zehnmal so groß

wie das der geplanten USA-Satelliten, überraschend auch die Genauigkeit, mit der Sputnik 1 in seine Bahn befördert wurde.
Um so größer ist der Schock, der die Betrüger wie die Betrogenen erfaßt.
„Nachricht des Jahrhunderts" nennen ungezählte Zeitungen die Meldung vom Aufstieg des Sputniks und vergessen darüber, daß die eigentliche Nachricht des Jahrhunderts fast auf den Tag genau vierzig Jahre früher der Welt den Sieg der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution verkündete. D a s ist das wichtigste Ereignis dieses Jahrhunderts für die Menschheit. Doch erst im Oktober 1957 wird vielen Menschen bewußt, was im Oktober 1917 eigentlich geschehen war. Wie ein Kartenhaus stürzt das Gebäude der Lügen und Verleumdungen zusammen, zerbrechen die Zerrbilder und falschen Vorstellungen. So wird die Nachricht vom Start des ersten künstlichen Erdsatelliten zu einem politischen Ereignis.
„Künstliche Erdsatelliten werden dem Weltraumflug den Weg bereiten, und es hat den Anschein, als werde die gegenwärtige Generation Zeuge sein, wie die befreite und bewußte Arbeit der Menschen der neuen sozialistischen Gesellschaft selbst die kühnsten Träume der Menschheit verwirklicht." Diesen Satz der historischen TASS-Meldung unterschlagen die westlichen Presseagenturen wohlweislich ihren Lesern. Aber die Funkzeichen des Sputniks werden in aller Welt gehört.
Wenige Wochen später, am 3. November 1957, überrascht die Sowjetunion abermals die Welt. Sputnik 2, sechsmal so schwer wie sein Vorgänger, enthält außer





Aufbau des Sputnik 2: 1 – kegelförmige Schutzhülle, 2 – Meßgeräte, 3 – Behälter mit Sender und Energiequellen, 4 – Gerüst, 5 – Behälter für das Versuchstier Laika

einer Reihe von Meßgeräten eine luftdichte Kabine mit einem Versuchstier, der Eskimohündin Laika. Sieben Tage lang registrieren Meßgeräte alle Lebensfunktionen des ersten Lebewesens, das für längere Zeit den Einflüssen des Raumfluges ausgesetzt ist.

Zum ersten Male bestätigen sich die Hoffnungen der Raumfahrtpioniere. Trotz Gewichtslosigkeit und kosmischer Strahlung lebt Laika, bis ihre Nahrungsmittelvorräte und der Sauerstoff erschöpft sind. Zwar erhöhte sich ihr Gewicht während der Antriebsperiode bis auf das Zehnfache, und Herzschlag und Atmungsfrequenz verdreifachten sich. Doch nachdem der Satellit seine Bahn erreicht hat, normalisieren sich alle Körperfunktionen wieder.

Automatisch wird die Atemluft erneuert und die Temperatur der Kabine reguliert. Die Geräte, in vielen Versuchen erprobt und bewährt, messen Puls, Atmung und Blutdruck und registrieren das Elektrokardiogramm. Regelmäßig wird das Tier gefüttert. Unten auf der Erde aber erfahren die Wissenschaftler alle Einzelheiten über das Befinden Laikas. Wir brauchen nicht zu erläutern, wie wichtig gerade dieser Versuch für die Erschließung des Weltraumes durch den Menschen ist.

Zur gleichen Zeit, während Sputnik 2 mit Laika an Bord Runde auf Runde um die Erde zieht, feiern die Werktätigen der Sowjetunion und alle fortschrittlichen Menschen der Welt den 40. Jahrestag der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution. Auf der Jubiläumssitzung des Obersten Sowjets der UdSSR am 6. November 1957 spricht Chruschtschow folgende Worte: „Als die Oktoberrevolution den Ausbeutern die Produktionsmittel abnahm und sie in das Eigentum des ganzen Volkes überführte, verbreitete die Bourgeoisie die Legende von der Unfähigkeit der Werktätigen, den Staat zu lenken und die gesellschaftliche Produktion zu entwickeln. Wie eine Seifenblase ist diese schändliche Lüge geplatzt!

Seinerzeit erklärten die USA, daß sie sich vorbereiteten, einen künstlichen Erdtrabanten zu starten, den sie ‚Vanguard' nannten. Nicht irgendwie anders, sondern ausgerechnet ‚Vanguard' (Vorhut)! Offenbar spiegelte der Name ‚Vanguard' die Überzeugung der Amerikaner wider, daß ihr Trabant der erste der Welt sein werde. Aber das Leben hat gezeigt, daß sich die sowjetischen Trabanten an der Spitze, in der ‚Avantgarde' befinden. Unsere Trabanten kreisen um die Erde und warten, daß neben ihnen die amerikanischen und andere Trabanten auftauchen und einen

Freundschaftsbund der Trabanten bilden werden. Ein solcher Freundschaftsbund, ein solcher Wettbewerb wird bedeutend besser sein als ein Wettbewerb im Wettrüsten, in der Produktion todbringender Waffen."

Doch die amerikanischen Erdsatelliten lassen vorläufig noch auf sich warten. Die „Vanguard" hält nicht, was die westliche Presse versprochen hat. Inzwischen beeilt man sich, irgendwie zu beweisen, daß man dennoch überlegen sei.

Am 16. Oktober 1957 starten die Amerikaner eine „Aerobee"-Höhenrakete, die in 85 km Höhe ein paar Aluminiumkugeln abschießt. Nur wenige Gramm wiegen die Kugeln, und mit müdem Triumph wird erklärt, „voraussichtlich seien einige dem Schwerefeld der Erde entronnen". Der britische Astronautiker Dr. Shepherd nennt diesen Versuch „unwichtig und trivial".

Nach dem Kraftstück mit den Aluminiumkugeln versuchen die Amerikaner, auf andere Weise ihre Autorität wiederzugewinnen. Das Projekt „Far Side" ist dazu ausersehen. Im Auftrage des US-Air Force Office of Scientific Research baut die Firma Ford Motor Co. sechs Far-Side-Raketen. Ein Kunststoffballon befördert ein Bündel von zehn Feststoffraketen, in vier Stufen zusammengefaßt, bis in 30 km Höhe. Dann erst startet das Gerät durch den Ballon hindurch und trägt eine Nutzlast von etwa 1,6 kg in den Weltraum. Wohin die Reise gehen soll, sagt der Name. Far Side bedeutet Rückseite des Mondes, und das Gerät soll den Mond umkreisen und schließlich wieder zur Erde zurückkehren. Das ist der ursprüngliche Plan.

Nachdem das Gerät auf den vielversprechenden Namen getauft worden ist, steckt man einen Pflock zurück und will nur 6400 km Höhe erreichen. Nach mehreren Fehlstarts steigt am 22. Oktober 1957 eine Far Side in eine Höhe von ... km. Genau wird man es wohl nie erfahren können, welche Höhe erreicht wurde. Der Sender konnte nur während eines Teiles der Flugzeit empfangen werden. Immerhin vermutet man 3000 bis 4000 km. „Einen der größten Erfolge auf dem Gebiet der astronautischen Höhenforschung der amerikanischen Raketenentwicklung" nennen westliche Zeitungen diesen Versuch, das mitgenommene Selbstbewußtsein ihrer Leser zu stärken. Im Grunde handelt es sich um eine Verzweiflungstat. Es wäre zu schwierig, den wissenschaftlichen Wert des Versuches mit dem Wert der Sputniks vergleichen zu wollen.

Schließlich hält es sogar der USA-Präsident Eisenhower für notwendig, öffentlich zum Versagen der USA Stellung zu nehmen. Drei Gründe nennt er für den Vorsprung der Sowjetunion:

In der UdSSR werden mehr Wissenschaftler ausgebildet als in den USA. In der UdSSR wird die Grundlagenforschung stärker gefördert als in den USA. In der UdSSR wird zentral geplant und geleitet, während es in den USA keine Zusammenarbeit in der Raketenforschung und -entwicklung gibt.

Warum haben die USA zu wenig Wissenschaftler? Weil die herrschende Klasse, die Kapitalisten, nicht an einer allseitigen Entwicklung aller Menschen interessiert sind, sondern sie fürchten und deshalb verhindern! Welcher Kapitalist wüßte nicht, daß sich ungebildete Arbeiterkinder besser ausbeuten lassen als allseitig gebildete? Deshalb das Bildungsprivileg der herrschenden Klasse! Den Mangel an Wissenschaftlern können die USA auch nicht dadurch beseitigen, daß sie die Fachleute anderer Länder zu Dutzenden abwerben und sich eine wissenschaftliche Fremdenlegion schaffen, wie es heute noch in den USA geschieht.

Warum wird die Grundlagenforschung in den USA nicht genügend gefördert? Weil die Profitgier der Kapitalisten der Feind einer weitsichtigen Grundlagenforschung ist; weil die Kapitalisten nur an der Zweckforschung interessiert sind, sofern sie ihnen unmittelbar einen hohen Profit bringt; weil das kapitalistische Privateigentum an den Produktionsmitteln ebenso wie an den Forschungsergebnissen die Grundlagenforschung behindert.

Warum gibt es in den USA keine Zusammenarbeit in der Forschung und der Entwicklung? Weil Wissenschaft und Forschung von den Konzernen und Monopolen abhängig sind, die Kapitalisten aber im Dschungel des Konkurrenzkampfes gezwungen sind, den Konkurrenten auszustechen und ihm die besten Brocken wegzuschnappen; weil „freier Wettbewerb" und kapitalistische Privatinteressen unvereinbar sind mit umfassender Planung und Leitung im Interesse aller; weil sich die anarchische Entwicklung der Wirtschaft im Kapitalismus nicht durch Kommissionen beseitigen läßt.

Eisenhower verspricht seinen Hörern zwar Maßnahmen, die die Mängel beseitigen sollen. Aber keine dieser Maßnahmen wird ausreichen, die Widersprüche der kapitalistischen Gesellschaftsordnung aus der Welt zu schaffen. Die Widersprüche sind die Ursachen der von Eisenhower genannten Mängel; sie wirken im Kapitalismus ständig und lassen sich nur beseitigen, indem man die kapitalistische Gesellschaftsordnung beseitigt.

Und nicht zuletzt: Nur Menschen, die von der Gerechtigkeit ihrer Sache überzeugt sind, können ihr mit vollem Einsatz dienen, nicht aber Wissenschaftler, die ständig fürchten müssen, daß ihre Forschungsergebnisse zu imperialistischen Abenteuern mißbraucht werden. Diesen Mangel nennt jedoch Eisenhower nicht.

Die Illusionen, die Eisenhowers Rede wiedererweckt hat, zerrinnen sehr bald. Trotz aller Versprechungen scheitert ein Versuch nach dem anderen. Die Vanguard versagt. Unumwunden erklärt USA-Senator Anderson: „Wir haben einfach versucht anzugeben." Die englische Zeitung „Daily Sketch" verhöhnt „Ikes Kaputtnik", und an der New Yorker Börse gibt es Kursstürze bei Flugzeug- und Raketenaktien, aber auch in Erdöl- und Stahlwerten. Besonders in Mitleidenschaft gezogen werden die Aktien der Martin Company, die für die Gesamtentwicklung der „Vorhut"-Raketen verantwortlich ist.

Inzwischen hat die US-Army den Auftrag erhalten, in die Bresche zu springen. Sie kann auf ein Projekt zurückgreifen, das 1955 vom Team W. v. Brauns entwickelt wurde. Von Braun gedachte, einen Satelliten mit Hilfe einer Kombination von militärischen Raketen in eine Umlaufbahn zu bringen. Sein Projekt „Orbiter" war damals zugunsten des Vanguard-Projektes zurückgestellt worden. Man sagt, der US-Kriegsminister Wilson, der zu jener Zeit amtierte, habe den fetten Auftrag bestimmten Firmen zugeschoben, mit denen er als ehemaliger Generaldirektor des Konzerns General Motors liiert gewesen sei.

Jetzt holt man das Projekt in Windeseile wieder hervor. Eine Redstone-Rakete wird per Flugzeug nach Cape Canaveral gebracht. Dort ist mit einem Aufwand von 400 Millionen Dollar ein Raketenflugplatz errichtet worden, von dem aus die amerikanischen Satelliten starten sollen. Bis jetzt sah das Gelände auf Florida aber nur versagende und explodierende Vanguard-Raketen.

Die Redstone weist verschiedene Verbesserungen auf. Sie bildet die unterste Stufe

der vierstufigen Satellitenrakete. Die drei anderen bestehen aus Bündeln von Feststoffraketen bzw. aus einer einzelnen Rakete, die mit dem Satelliten fest verbunden ist. Diese Raketenkombination, Jupiter-C, transportiert am 31. Januar 1958 (in Europa ist es schon der 1. Februar) den ersten amerikanischen Satelliten, Explorer 1, in eine Umlaufbahn. Noch in der Woche zuvor waren vier Vanguard-Versuche gescheitert.

106 Minuten soll der Satellit für eine Umkreisung der Erde brauchen. Aber er fliegt weiter als geplant, und erst acht Minuten nach der vorgesehenen Zeit werden seine Funkzeichen in Kalifornien gehört. Nach acht bangen Minuten atmen von Braun und seine Mitarbeiter auf. Die meisten von ihnen sind erst seit knapp drei Jahren Bürger der Vereinigten Staaten. „We knew we were in business" (wir wußten, wir waren im Geschäft), meint von Braun nach dem gelungenen Aufstieg.

Knapp 5 kp wiegen die Instrumente des ersten Explorer, 3,4 kp die Instrumentenkammer. Aber die USA-Presse zählt noch das Gewicht der leergebrannten letzten Raketenstufe hinzu und kann dadurch 14 kp Satellitengewicht melden. Auf diese Weise gelingt der Nachweis, daß Sputnik 1, der kleinste der sowjetischen Erdsatelliten, nicht zehnmal so schwer, sondern nur sechsmal so schwer wie Explorer 1 ist.

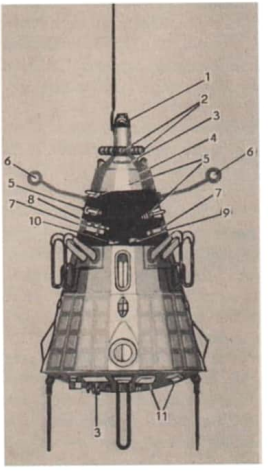
Wo bleiben die Vanguard-Raketen? Am 5. Februar 1958 bricht eine Vanguard kurz nach dem Start in der Luft auseinander. Endlich, am 17. März 1958, gelingt zum erstenmal ein Satellitenversuch mit der „Vorhut". Aber die Rakete trägt nicht den geplanten 10-kg-Satelliten, sondern einen „Test"-Satelliten von 1½ kg in eine Umlaufbahn. Der kleine Erdtrabant von 16 cm Durchmesser enthält zwei Sender und zwei Batterien, aber keine Meßinstrumente. Deshalb nennen ihn westliche Publizisten nur „ein Nebenergebnis des gelungenen Flugtestes" – die Hauptsache sei die Funktionsprüfung der Satellitenrakete, die aus 30 000 Einzelteilen besteht. Doch diesmal wurde die Prüfung nur zufällig bestanden, denn die nächsten Versuche, insgesamt drei bis zum Herbst 1958, scheitern wiederum.

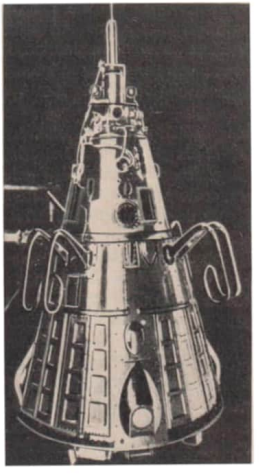
Im März 1958 versinkt der zweite Explorer im Meer. Die letzte Stufe funktionierte nicht. Explorer 3 erreicht am 27. März 1958 seine Umlaufbahn. Doch seine Lebensdauer ist recht kurz, weil die Bahn sehr stark elliptisch ist und sich bis auf 185 km der Erde nähert. Dennoch liegt sein wissenschaftlicher Wert weit über dem des ersten Vanguard-Satelliten.

Sein Nachfolger, Explorer 4, übertrifft seine amerikanischen Vorgänger an Gewicht. Mit einer Nutzlast von 11,7 kg entspricht er zum erstenmal den amerikanischen Ankündigungen für das IGJ.

Inzwischen ist am Himmelfahrtstage der dritte sowjetische Sputnik aufgelassen worden – ein wahrer Gigant, der ohne weiteres auch einen Menschen in die Satellitenbahn hätte bringen können. Ebenso bewunderswert wie sein Nutzlastgewicht ist die Fülle der wissenschaftlichen Einrichtungen. Sputnik 3 ist ein richtiges Weltraumlaboratorium, das wiederum beredtes Zeugnis ablegt, wie leistungsfähig die sowjetische Wissenschaft und Technik sind.

Schlag auf Schlag zeigt die Entwicklung, was die sozialistische Gesellschaftsordnung zu leisten vermag. In wenigen Jahrzehnten hat das einst rückständigste Land Europas trotz der feindlichen Überfälle sogar die am weitesten entwickelten kapitalistischen Länder der Erde auf vielen Gebieten eingeholt und überholt. Da ist guter Rat teuer für die Lügenfabrikanten. Die Sputniks sind handfeste Tatsachen.





Aufbau des Sputnik 3: 1 – Magnetometer, 2 – Gerät zur Messung der Korpuskularstrahlung der Sonne, 3 – Sonnenbatterien, 4 – Meßgerät für kosmische Strahlung, 5 – Spezialgeräte zur Messung des Luftdruckes, 6 – Ionenfallen, mit denen die Konzentration der positiven Ionen bestimmt wird, 7 – Spannungsmeßgerät, 8 – Massenspektrometer, 9 – Meßgerät für kosmische Strahlung, 10 – Meßgerät für kosmische Strahlung, 11 – Apparat zur Registrierung der Aufschläge von Mikrometeoriten

Schließlich fallen einigen westlichen Publizisten zwei neue Behauptungen ein. Aber auch ihnen wird schnell das Lebenslicht ausgeblasen. „Es fanden sich Neunmalkluge, die zu schreien begannen, die Russen hätten den Entwurf zur Konstruktion der Sputniks von den Amerikanern gestohlen. Aber diesen Schreihälsen wurde von den Amerikanern selbst die Frage gestellt: Wenn die Russen uns die Entwürfe entwendet und danach die Rakete gebaut und die Sputniks aufgelassen haben, weshalb können wir dann nicht selber auf der Grundlage unserer eigenen Zeichnungen und Entwürfe eine solche Rakete herstellen und solche künstlichen Trabanten starten?"
Genauso ergeht es der zweiten Lüge. „Gewisse Leute beeilten sich zu versichern, daß es die Deutschen gewesen seien, die den Russen bei der Schaffung der ballistischen Rakete geholfen hätten. Die Russen hätten deutsche Wissenschaftler und Ingenieure gefangengenommen und sich deren Kenntnisse und Erfahrungen zunutze gemacht. Doch nüchtern denkende Menschen stellten wieder die Frage: Wenn die Deutschen den Russen geholfen haben, weshalb helfen dann die Deutschen nicht den USA? Amerikanische Truppen hatten sich des Laboratoriums und des Chefkonstrukteurs der V 2 bemächtigt und ihn nach Amerika gebracht, und jetzt arbeitet er in Amerika an der Entwicklung von Raketen."

Welchen Anteil haben deutsche Wissenschaftler an der Entwicklung der sowjetischen Raketentechnik? Dazu sagt Chruschtschow: „Es ist kein Geheimnis, daß bei uns tatsächlich eine kleine Gruppe von Deutschen tätig war, die nach Ablauf der mit ihnen geschlossenen Verträge entweder bereits nach Deutschland zurückgekehrt sind oder dorthin zurückkehren. Als diese Fachleute heimkehrten und berichteten, was sie wußten, nahmen die Amerikaner an, sie hätten zuverlässige Informationen über den Stand, auf dem sich die Sowjetunion in der Entwicklung des Raketenbaues befindet. Doch nachdem wir den künstlichen Trabanten aufgelassen hatten, begannen die Amerikaner zu schreien: ‚Man hat uns wieder betrogen! Die Deutschen, die zu uns kamen, wissen nichts von dem, was die Russen tun.'"

Und A. B. Aristow erklärte auf dem XXI. Parteitag der Kommunistischen Partei der Sowjetunion: „Wir hätten keine künstlichen Erdtrabanten und keine Weltraumrakete, wenn wir nicht selbständige Wege gegangen wären. Wir stehen auf dem Gebiete der Atomenergie, des Flugzeugbaues und der Raketentechnik deshalb an der Spitze, weil wir, ohne die Leistungen der Auslandspraxis zu verwerfen, sie geschickt anwendeten und gleichzeitig einen eigenen schöpferischen Weg gingen."

Von den Altmeistern des russischen Raketenbaues, von den Pionieren der sowjetischen Raketentechnik bis zu den Kollektiven, die die modernen sowjetischen Raumraketen entwerfen und bauen, spannt sich der Bogen einer Entwicklung, die nicht den Interessen von Kriegstreibern dient, sondern den Interessen der Volksmassen. Diese Menschen brauchen den Frieden, damit sie in ihrem Lande ungestört den Kommunismus aufbauen können.

Einige unter den Kapitalisten aber können es nicht lassen, jeden wissenschaftlichen und technischen Fortschritt für imperialistische Zwecke zu mißbrauchen. Im Dezember 1958 gelingt es der US-Air Force, einen Satelliten in eine Umlaufbahn zu bringen, der alle bisherigen amerikanischen Satelliten an Größe übertrifft. Er bekommt den Namen „Score", eine Abkürzung von „Signal Communications Orbit Relay Experiment". Diese Bezeichnung „verdeutschte" eine Westberliner Zeitung mit „Weltraumfunkverkehrsübermittlungsversuch". „Score" ist ein Wortspiel und bedeutet gleichzeitig „Glück" oder besser „Dusel". Damit wird angedeutet, daß man mit der Satellitenrakete, einer Atlas, mehr „Dusel" hatte als mit Dutzenden von Atlasraketen zuvor.

Die Nutzlast des Satelliten besteht aus einer Sende- und Empfangsanlage mit Tonbandgerät. Auf dem vorher bespielten Tonband sind die Worte des USA-Präsidenten Eisenhower konserviert, die der Satellit als eine weihnachtliche Friedensbotschaft aus dem Weltraum sendet. „Ich übermittele Ihnen und allen Menschen den Wunsch Amerikas nach einem Frieden auf Erden und einem guten Willen gegenüber den Menschen in allen Teilen der Welt."

Zweifellos wünscht die Mehrheit des amerikanischen Volkes eine Minderung der internationalen Spannungen und einen dauerhaften Frieden. Doch die Strategen des Pentagon lassen sich nicht von den Wünschen der Werktätigen Amerikas, sondern von den Interessen profitgieriger Rüstungsmonopole leiten. Während die Sowjetunion ihre Sputniks ausschließlich für friedliche Forschungen einsetzt, verfolgen amerikanische Militärs das Ziel, den Weltraum in ihre strategischen Pläne einzubeziehen.

Eisenhowers kosmische Weihnachtsansprache soll die militanten Absichten der ame-

rikanischen Reaktionäre unter dem Mantel einer Friedensdeklamation verbergen. Doch schon wenige Tage danach läßt ein Mitglied des USA-Repräsentantenhauses die Katze aus dem Sack: „Dies ist der Vorläufer militärischer Erdsatelliten, die größere Bedeutung zu erlangen beginnen." Noch deutlicher kann man es am 20. Dezember 1958 in der Zeitung der westdeutschen Großbourgeoisie „Die Welt" lesen: „Der Abschuß des Atlas-Satelliten hat vor allem militärische Bedeutung. Es ist kein Satellit, der im Rahmen des Geophysikalischen Jahres abgeschossen wurde. Es ist eine militärische Rakete, ein Fernmeldesatellit mit einem militärischen Auftrag. Der kreisende Satellit ist eine militärische Stärkedemonstration des Westens und unterstreicht die in Paris gezeigte NATO-Enschlossenheit."
Frohlockend meint „Die Welt": „Die amerikanischen Kräfte haben sich bei dem entscheidenden Rennen um den Weltraum wieder gesammelt, nachdem das Raketenprogramm der Vereinigten Staaten so viele Jahre lang mißgeleitet war. Klare Entschlüsse scheinen jetzt verspielte Experimente ersetzt zu haben. Fernmeldesatelliten, Aufklärungssatelliten, Frühwarnsatelliten, Inspektionssatelliten, Bombensatelliten zum Abwurf von Wasserstoffbomben und Abfangsatelliten zum Abfangen der Bombensatelliten – all diese Möglichkeiten bietet der kreisende Weltraumkörper. Was am 19. Dezember 1958 begann, kann in fünf Jahren Wirklichkeit sein: Eine bemannte Außenstation für einen möglichen Krieg im Weltraum – dem strategischen Feld von Morgen."
Auch „Die Welt" und ihre Leser sollten sich vor Augen halten, was Chruschtschow nach seiner Amerikareise erklärte: „Mögen diejenigen, die den Zustand des kalten Krieges aufrechterhalten wollen, um ihn früher oder später in einen heißen Krieg zu verwandeln, mögen sie es wissen, daß heute nur ein Wahnsinniger einen Krieg vom Zaune brechen kann, der selber in dessen Flammen zugrunde gehen wird. Die Völker müssen diese Irrsinnigen in die Zwangsjacke stecken. Wir glauben daran, daß die Staatsklugheit, daß der gesunde Menschenverstand siegen werden."
Mit großer Aufmerksamkeit verfolgen wir die Entwicklung in den USA. Wird es den menschheitsfeindlichen Kräften gelingen, ihre Absichten durchzusetzen? Werden sie die Erdsatelliten und die Astronautik völlig in den Dienst der militärischen Zweckforschung stellen, den Weltraum zum „strategischen Feld von Morgen" machen können?
Im Jahre 1959 starten mehrere Satelliten der Discoverer-Reihe. „Discoverer" heißt nicht nur „entdecken", sondern auch „ausfindig machen". Sind die „Discoverer"-Satelliten eine Vorstufe der von der Zeitung „Die Welt" angepriesenen Aufklärungssatelliten?
„Discoverer 2", der am 13. April 1959 in seine Kreisbahn gelangt, ist ebenso wie „Vanguard 2", der am 17. Februar 1959 aufsteigt, mit Infrarotdetektoren ausgerüstet. Zur gleichen Zeit erscheinen in der westdeutschen Presse Artikel mit der Überschrift „Infrarot verrät alles!" Kreisen schon die Vorläufer von Spionagesatelliten über unseren Köpfen?
Am 7. August 1959 startet von Cape Canaveral „Explorer 6", ein „Schaufelrad"-Satellit. Diesen Beinamen erhält er, weil die Sonnenbatterien für die Stromversorgung ähnlich einem Schaufelrad angeordnet sind. Soll er mithelfen, die Versorgung von Spionagesatelliten mit elektrischer Energie vorzubereiten? Ist er bestimmt „für einen möglichen Krieg im Weltraum"?

Mitte November 1959 wird „Explorer VI" als Zielobjekt für amerikanische Kriegsraketen benutzt. Von einem Bomber B 47 startet die „Bold Orion"-Rakete in Richtung Satellit. Der Zweck des Versuches besteht darin, die Genauigkeit des Lenksystems zu erproben. Sind das Zielübungen „für einen möglichen Krieg im Weltraum"?

Die internationalen Vereinbarungen sehen vor, Informationen über die künstlichen Erdsatelliten und die Weltraumraketen gegenseitig auszutauschen. Die USA starteten mehrere „Discoverer"- Satelliten, halten sich jedoch nicht an die Vereinbarungen und verweigern Informationen mit der Begründung, diese Satelliten gehörten nicht zum Forschungsprogramm im Rahmen des Internationalen Geophysikalischen Jahres. Warum diese einseitige Geheimniskrämerei?

Am 1. April 1960 trägt eine Thor-Able-Rakete den Satelliten „Tiros 1" in eine Umlaufbahn. Aus 650 km Höhe soll er die Oberfläche der Erde fotografieren. Zu diesem Zweck ist der 122,5 kp schwere Satellit mit zwei Fernsehkameras ausgerüstet. Mit der einen Kamera kann jeweils ein Gebiet von 1,6 Millionen Quadratkilometern aufgenommen werden, mit der anderen ein Gebiet von 2200 Quadratkilometern. Ein Bandgerät speichert die Bilder, solange sich der Satellit außerhalb der Reichweite der Bodenstationen befindet, und übermittelt sodann auf Abruf die aufgenommenen Bilder, die aneinandergereiht eine Panoramaansicht der überflogenen Gebiete ergeben.

Dieses „elektronische Meisterwerk und Nonplusultra delikatester Präzisionstechnik mit unerhörten Leistungsfähigkeiten" („Der Tag", 7. 4. 60) ist offiziell für die Erforschung der Großwetterlage bestimmt und soll Aufschlüsse über die Bildung von Wirbelstürmen liefern. Der „Wettersatellit" erweist sich jedoch als „sehr scharfsichtiger Spion"; er kann „auf der Erde Objekte von etwa 300 Meter Länge oder Breite deutlich ausmachen", so daß ihm „kaum ein Flugplatz oder eine Raketenbasis verborgen bleiben" kann. So jedenfalls berichtet die Zeitung „Die Welt" am 7. 4. 1960, und sie fügt hinzu: „Die Kreisbahn des Satelliten verläuft über der südlichen Sowjetunion und China."

Am 4. 4. 1960 fotografiert der angebliche Wettersatellit „über der Mongolei, der Mandschurei und der Sowjetunion nördlich Wladiwostok" und funkt die Bilder anschließend an die amerikanische Empfangsstation auf Hawai. Diese Meldungen strafen die Behauptung Lüge, das Tiros-Projekt sei „nicht mit dem Programm für militärische Beobachtungssatelliten verbunden", es diene „lediglich zur Verbesserung der Wettervorhersagemöglichkeiten" (UPI, 3. 4. 1960).

Auch die „Lockheed U-2", die am 1. Mai 1960 weit in das Gebiet der UdSSR eindringt, soll offiziell nur meteorologische Forschungen durchführen. Eine sowjetische Abwehrrakete holt die Maschine aus 20 km Höhe herunter, und das „harmlose Wetterflugzeug" entpuppt sich als gefährliches Spionageflugzeug mit eindeutig militärischem Auftrag.

Unter dem Deckmantel friedlicher Forschung versuchen die hartnäckigen Verfechter des kalten Krieges, Unterlagen für die militärische Planung eines heißen Krieges zu gewinnen. Jedes Mittel, auch das der vorsätzlichen Verletzung des Völkerrechtes, ist ihnen dazu recht. Eisenhower gab gleich zu Beginn seiner Amtstätigkeit als USA-Präsident die allgemeine Direktive, „mit allen erdenklichen Mitteln militärische Informationen über andere Staaten zusammenzutragen", auch „auf dem Wege des Ein-

dringens" in das Territorium anderer Staaten. Werden die Warnungen genügen, die die Regierung der Sowjetunion an die Adresse der Friedensstörer richtete?
Es ist noch nicht an der Zeit, auf diese Fragen eine klare Antwort zu geben. Die Dinge sind im Fluß, und der Kehricht des kalten Krieges kann nicht mit einem Schlage aus der Welt geschafft werden. Sicherlich ist es nicht übertrieben, wenn wir feststellen, daß auch die Sputniks einen Anteil daran haben, viele unter der Herrschaft des Kapitalismus lebende Menschen – und auch manchen der Kapitalisten selbst – zu einer realistischen Auffassung der Lage zu bringen und ihnen vor Augen zu führen, wie aussichtslos es ist, auf der Position des kalten Krieges zu verharren und mit dem heißen Krieg zu liebäugeln. Die Sputniks bewiesen die Leistungsfähigkeit des sozialistischen Lagers und haben damit viel für die Sache des Friedens getan.
Die mannigfaltigen Mißerfolge der USA dürfen uns nicht dazu verleiten, die wissenschaftlichen und technischen Möglichkeiten zu unterschätzen, über die das am höchsten entwickelte kapitalistische Land verfügt. Aufschlußreich jedoch ist, wie die Situation auf dem Gebiete der Raumfahrt von hervorragenden amerikanischen Fachleuten eingeschätzt wird. Im August 1959 – also noch vor dem Aufstieg von Lunik 2 und 3 – erklärt der Direktor der amerikanischen Behörde für Raumfahrtforschung NASA (National Aeronautics and Space Administration): „Die von den Vereinigten Staaten auf dem Gebiet der Raum- und Raketenforschung erzielten Fortschritte sind wenig zufriedenstellend. Man muß offen zugeben, daß keiner unserer bisherigen Versuche vollkommen erfolgreich war. Ein Start der Raketen mit möglichst geringen oder gar keinen Abweichungen und Fehlern wird nicht erreicht. Es ist Tatsache, daß wir keine Rakete nach Belieben starten können und auch nicht in der Lage sind, in jedem Fall die Ursachen für ein Versagen stichhaltig zu erklären."

Ein Triumph der Wissenschaft

Jeder Raketenstart ist eine harte Prüfung. Wenn irgendein kleines Teilchen im Wert von wenigen Cents oder Kopeken versagt, kann ein ganzes Forschungsunternehmen scheitern, und Millionen Dollar oder Rubel sind nutzlos vertan. Meistens weiß man nicht einmal, welcher Widerstand, welches Ventil oder welcher andere Teil seinen Dienst nicht erfüllt hat, denn das Gerät mit seinen abertausend Einzelteilen explodiert, verbrennt, zerschellt, versinkt im Ozean oder verglüht in der Luft.
Der Ausgang des Versuches entscheidet über die Qualität der Arbeit, die viele tausend Menschen in den Monaten und Jahren zuvor geleistet haben. Dazu gehören nicht allein die Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter der Raketenversuchsstation, sondern auch die Menschen, die, oft ohne es zu wissen, in ihren Werken und Fabriken die zahllosen Rohstoffe und die vielen kleinen Einzelteile geschaffen haben. Mit Recht werden deshalb das einwandfreie Funktionieren eines Raumfahrzeuges und die Präzision, mit der es in seine Bahn gebracht wird, als ein Gradmesser dafür angesehen, welchen Entwicklungsstand die Wissenschaft, die Technik und die Wirtschaft des betreffenden Landes erreicht haben.

Häufen sich die Fehlschläge, so sind die Ursachen dafür nicht in übernatürlichen Dingen zu suchen, sondern in Fehlleistungen der beteiligten Wissenschaftler, Techniker und Arbeiter. Dieser Satz ist im Grunde recht banal – allerdings nur für Menschen, die wissen, daß sich alles nach den Gesetzen der Materie entwickelt, aber nicht nach dem Willen eines übernatürlichen Wesens.

Es gibt aber auch Menschen, die glauben, daß man Mängel in der eigenen Arbeit beheben könne, indem man übernatürliche Kräfte zur Hilfe herbeiruft. Dazu gehörte zum Beispiel eine Gruppe von amerikanischen Raketentechnikern, die nach verschiedenen Enttäuschungen einen eigenartigen Verbesserungsvorschlag unterbreitete. Die Fehlstarts und Explosionen der Vanguard-Raketen hatten sie fast an den Rand der Verzweiflung getrieben. „Wo bleibt unsere Vorhut?" fragten die Amerikaner, indessen Sputnik 1 und 2 Runde auf Runde um den Erdball flogen.

Die bedrängten Raketentechniker stellten den Antrag, die nächste Satellitenrakete der Obhut des heiligen Christophorus anzuvertrauen. Zu diesem Zwecke wurde in der Steuerungsanlage der Rakete eine Plakette mit dem Bilde des „Schutzpatrons aller Reisenden und Wanderer" befestigt. Wie sich bald zeigte, gelang es den „übernatürlichen Kräften" nicht, die natürlichen Mängel der amerikanischen Vorhut-Raketen auszugleichen. Der himmlische Geleitbrief erfüllte die ihm zugedachte Aufgabe nicht, denn trotz göttlichen Beistandes verfehlte der Satellit die vorausberechnete Bahn.

Wie paradox muß es diesen Menschen erschienen sein, daß ausgerechnet die gottlosen Kommunisten mit ihren Sputniks das erreichten, wozu ihnen, den „frommen" Amerikanern, der heilige Christophorus nicht verhelfen konnte! Den sowjetischen Forschern genügten zu ihren Erfolgen vollauf die wissenschaftlichen Erkenntnisse und ihre eigenen Fähigkeiten, und sie waren und sind nicht auf den Beistand irgendwelcher „übernatürlichen Kräfte" angewiesen.

Bei den Versuchen kommt es aber nicht nur auf die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit und der Leistungen aller Beteiligten an. Auch die Methode der Forschung muß sich nach vernünftigen Erwägungen richten; die gesamte Arbeitsweise muß wissenschaftlich organisiert sein. Jedes Forschungsunternehmen liefert die Unterlagen für den nächsten Versuch und bedarf daher einer gründlichen Auswertung. Doch nichts wäre falscher als Überstürzung und übereiltes Handeln. Enttäuschungen und Vergeudung von Mitteln wären die notwendigen Folgen. Nur eine vernünftige Planung und eine systematische Arbeit sichern auf die Dauer Erfolge.

Ein Musterbeispiel dafür sind die sowjetischen Versuche. Dagegen wirkt die Arbeitsweise der amerikanischen Wissenschaftler und Techniker um so mehr überhastet und gehetzt, und ihre Versuche erfolgen mit einer überaus hohen Risikoquote. „Die vorzeitige Anwendung verdirbt die Forschungsmethode", schrieb einst der Raketenpionier Johannes Winkler. Aber die kapitalistischen Konzerne müssen auf vorzeitige Anwendung dringen, um sich neue profitbringende Aufträge zu sichern. Diese Hasardmethode beeinträchtigt die Entwicklung ebenso wie der Druck der amerikanischen Politiker, die ihren Steuerzahlern und der Welt möglichst schnell und eindringlich ihre angebliche technische Überlegenheit nachweisen und ihr Ansehen zurückgewinnen wollen.

Die Sputniks bedeuten aber nicht nur in dieser Hinsicht einen Triumph der Wissenschaft. Am 4. Oktober 1957 mußten die letzten Anhänger mittelalterlicher Vorstel-

lungen ihr Hoffnungen auf eine Bestätigung ihrer Wunschbilder zu Grabe tragen. Zu ihnen gehören zum Beispiel die Hohlwelttheoretiker, die meinten, die Erde sei eine Hohlkugel, auf deren Innenseite wir lebten und die die gesamte Welt in sich berge. Den meisten Lesern wird dieses Weltbild recht überspannt und unrealistisch vorkommen. Schließlich wissen wir aus der Schulzeit, daß unsere Erde ein Planet ist, der, wie die anderen Planeten auch, um das Zentralgestirn, die Sonne, kreist. Die Hohlweltleute aber vertraten ihre Auffassung, obgleich die Lehre des Kopernikus seit langem als gesicherte Erkenntnis ein Bestandteil des Lehrplanes der Schulen ist.

In Westdeutschland existiert eine „Gesellschaft für Erdweltforschung E. V.", die im Sommer 1956 durch ihren Präsidenten folgendes Schreiben an eine populärwissenschaftliche Zeitung sandte:

„Nach offiziellen Verlautbarungen sollen im Geophysikalischen Jahr 1957/58 Meßsatelliten gestartet werden, von denen man erwartet, daß sie wochenlang um die Erde kreisen. Dabei wird vorausgesetzt, daß die üblichen astronomischen Vorstellungen zutreffen, insbesondere, daß die Erde eine Kugel ist.

Wir verfügen über umfangreiches wissenschaftliches (! H. K.) Material, das die astronomischen Vorstellungen als unzutreffend erweist und die Erde als geschlossene Kugelschale erscheinen läßt. In dieser ist ein Kreisen von Meßsatelliten ausgeschlossen. Die Satelliten müssen innerhalb einer halben Stunde wieder auf der Erdoberfläche aufschlagen.

Bei dem Gegensatz der beiderseitigen Erwartungen wird der Ausgang der Satellitenversuche sowohl über die Erdgestalt als auch über das gesamte Weltbild entscheiden ..."

Nun, die Sputniks haben über das gesamte Weltbild entschieden! Sie entschieden ebenso über die Ansichten der Hohlweltleute unserer Tage wie über das Gutachten, das elf theologische Sachverständige im Auftrage der Inquisition 1616 ausstellten. „Behaupten, die Sonne stehe im Mittelpunkt der Welt, ist töricht, philosophisch falsch und förmlich ketzerisch, weil ausdrücklich der Heiligen Schrift zuwider; behaupten, die Erde stehe nicht im Zentrum der Welt, sei nicht unbeweglich, sondern habe sogar eine tägliche Rotationsbewegung, ist töricht, philosophisch falsch und zum mindesten ein irriger Glaube."

Das „wissenschaftliche Material" der Hohlweltleute erwies sich als ebensowenig haltbar wie das der theologischen Sachverständigen, die gegen die Erkenntnis des Kopernikus mit dem Bibelwort zu Felde zogen: „Da redete Josua mit dem Herren ... und sprach vor dem gegenwärtigen Israel: ‚Sonne, stehe still ...!' – und die Sonne stand still, bis sich das Volk an den Feinden rächte ..."

Dieses physikalische Zauberkunststück läßt sich (nach Ansicht der theologischen Sachverständigen) nur fertigbringen, wenn sich die Sonne um die Erde bewegt, aber nicht umgekehrt. Deshalb verwarfen die Theologen die Lehre des Kopernikus und verteidigten erbittert und mit allen Mitteln das Weltbild des Ptolemäus, das den Lehren der Bibel nicht widersprach.

Vor 2300 Jahren lehrte der griechische Philosoph Aristoteles, den Engels den universellsten Kopf unter den alten griechischen Philosophen genannt hat, die Erde sei eine Kugel. Doch nahm er an, die Erde sei der Mittelpunkt der Welt – eine Vermutung, die später von Ptolemäus zu einem Weltbild ausgebaut wurde. Viele hun-

dert Jahre später erhielt dieses irrige System die Billigung der Kirche, denn es entsprach ihren Lehren und ließ Platz für Himmel und Hölle (einschließlich Fegefeuer).

Zu jener Zeit, vor etwa 350 Jahren, galten die Schriften des Aristoteles und die Werke einiger anderer antiker Gelehrter als unanfechtbare Wahrheit und genossen eine Autorität, die fast so groß und unumstritten war wie die der Bibel. Damals war die Wissenschaft die „Dienerin der Theologie", und die Irrtümer der alten Gelehrten dienten dazu, die Richtigkeit der Lehren der katholischen Kirche zu bestätigen und ihre Herrschaft zu befestigen. Es entsprach zutiefst den Interessen der Herrschenden, daß die alten Irrtümer zum Bestand der Wissenschaft gehörten.

Die Ideologen der Feudalherren, die Theologen, durften nicht dulden, daß ihre Ideologie angegriffen würde – ihre Lehre, die den Ausbeutern so zupasse kam und deshalb zur herrschenden Ideologie gemacht wurde. Denn die Predigt des stillen Duldens und des sklavischen Gehorsams nützte objektiv den Ausbeutern. Sie vernebelte das Bewußtsein der unterdrückten und ausgebeuteten Massen, lähmte ihren Willen zum Kampf gegen die Unterdrücker und für ihre irdischen Rechte und ihren Anspruch auf Glück jetzt und heute, hier auf der Erde, nicht im „Himmelreich", auf das man sie vertröstete.

Weil das Werk des Kopernikus der Ideologie der herrschenden Feudalherren und der Kirche gefährlich war, setzte man es auf die Liste der verbotenen Bücher, auf der es jahrhundertelang einen „Ehrenplatz" einnahm. Den Anhängern der neuen Lehre drohten Schikane, Folter, Kerker und der Tod als Ketzer, auch wenn sie, wie Johannes Kepler, vorgaben: „Ich verspreche im allgemeinen, daß ich nichts sagen werde, was ein Unrecht gegen die Heilige Schrift bedeuten würde, und wenn Kopernikus mit mir eines solchen beschuldigt würde, so werde ich das nicht gelten lassen." Ungeachtet seines Verspruches baute Kepler die Lehre des Kopernikus aus, fand die Gesetze der Planetenbewegung und damit zugleich die Bewegungsgesetze auch für die Sputniks.

Johannes Kepler verdanken wir die grundlegenden Formeln, nach denen wir viele Bahnen von Satelliten und Raumschiffen ebenso wie die der Planeten berechnen können. Er, der größte deutsche Astronom, der Bahnbrecher einer neuen Zeit, starb in Sorge und Not, betrogen von seinen adligen Brotherren Wallenstein und Kaiser Ferdinand II.

Im Kampf gegen die Mächte der Finsternis und des Mittelalters brachten zahllose Menschen Opfer. Nicht Terror noch Todesdrohung hinderten sie, für die Wahrheit Partei zu ergreifen und gegen den Irrtum zu kämpfen. „Abgehauene Wurzeln schlagen wieder aus, verdeckte Wahrheiten enthüllen sich. Es ist ein neues Licht, das nach langer Nacht am Horizont unserer Erkenntnis hervorbricht."

In diesen Worten Giordano Brunos kommt der große Optimismus zum Ausdruck, dem die Märtyrer der Wahrheit und der Wissenschaft trotz Kerker und Folter nicht absagten. Heute, wo kein vernünftiger Mensch mehr am kopernikanischen Weltbild zweifelt und sogar die Hohlweltleute und die Kirche nicht mehr bestreiten können, daß sich die Erde um die Sonne bewegt, erlangt ihr Kampf und ihr Opfer eine unmittelbare praktische Bedeutung, die noch weit über alle bisherigen Anwendungen hinausgeht.

Man könnte meinen, erst durch die Sputniks und die kosmischen Raketen würde die

Venezianische Zeichnung aus dem Jahre 1520

Richtigkeit der kopernikanischen Lehre bewiesen. Tatsächlich wurde aber die Praxis schon sehr viel früher zum Prüfstein für den Wahrheitsgehalt der neuen Lehre. Es zeigte sich nämlich bald, daß die von Kepler auf der Grundlage des neuen Weltbildes aufgestellten Tabellen der Planeten jenen Grad von Zuverlässigkeit erreichten, den die praktischen Bedürfnisse verlangten. Nach Keplers Tafeln richteten sich die Seefahrer, die weit übers offene Meer fuhren. Sie stellten fest, daß die Keplerschen Planetentafeln von den schwerwiegenden Mängeln und Ungenauigkeiten frei waren, mit denen die alten Tafeln behaftet waren. Die Schiffe der Kauffahrer konnten sich jetzt sicherer nach den Sternen orientieren. Dieser für die Wirtschaft so bedeutsame Erfolg überzeugte viele Berufskollegen Keplers davon, daß die alte Vorstellung vom Weltbau nicht mit der Wirklichkeit übereinstimmte, obwohl sie den Lehren der Kirche und dem Text der Bibel entsprach und von den Theologen mit Feuer und Schwert verteidigt wurde.

Die Seefahrer richteten sich nicht nach den Theologen, sondern nach den Tafeln Keplers, nach den Erkenntnissen der Wissenschaft, und sie waren gut beraten. Auf die gleichen Erkenntnisse stützen sich die Astronauten. Im alten ptolemäischen Weltsystem war zwar Platz für Himmel, Hölle und Fegefeuer, aber nicht für Sputniks, kosmische Raketen und Raumschiffe. Umgekehrt ist im kopernikanischen Weltsystem genügend Raum für Forschungen und neue Erkenntnisse, nicht aber für alte Irrtümer und Aberglauben.

Die große Auseinandersetzung zwischen Altem und Neuem spüren wir immer wieder, wenn wir die Entwicklung der Raumfahrt und Raketentechnik untersuchen. Wer sich mit den Grundlagen der Astronautik vertraut machen will, kann an den Auseinandersetzungen nicht vorübergehen. Es gibt keine „Astronautik an sich", fern und unberührt von der Wirklichkeit. Wer diese Zusammenhänge verschweigt, hilft den wenigen, die glauben, ihretwillen ließe sich die Zeit anhalten.

Es ist ein langer und schwerer Weg zum Wissen und zur Wahrheit. Wir sind sicher, daß die Raumfahrt helfen wird, der Wahrheit immer näher zu kommen. Sie trägt dazu bei, den Menschen auf eine neue und höhere Stufe der Naturerkenntnis zu

führen, die es ermöglichen wird, die Gesetzmäßigkeiten der Natur noch besser zum Nutzen aller Menschen und in friedlicher Entwicklung anzuwenden.
Seit wann träumen Menschen von Raumfahrt, vom Fluge zu anderen Sternen? Niemand vermag es zu sagen, denn dieser Traum entstammt nicht dem Kopf eines einzelnen Menschen, nicht den Köpfen einer Epoche. Er wuchs und wurde zugleich mit dem Wissen der Menschheit und ist wie dieses das Ergebnis einer langen, komplizierten Entwicklung. In ihren Stufen spiegelt sie den Stand des menschlichen Wissens ebenso wider wie die gesellschaftlichen Verhältnisse, unter denen die Menschen lebten, arbeiteten und zuweilen auch träumten:

den Traum vom Fliegen, wie Ikarus und Wieland, der Schmied –
den Traum von anderen Welten, ähnlich der Erde, wie Thales und Bruno –
den Traum vom Leben auf anderen Sternen, wie Pythagoras, Demokrit und Lucretius –
den Traum von Reisen dorthin, wie Lukian, Kepler und Godwin –
den Traum vom fliegenden Wagen, wie Cyrano de Bergerac und Jules Verne –
den Traum von der Rakete in den kosmischen Raum, wie Ziolkowski und Zander, Goddard und Oberth.

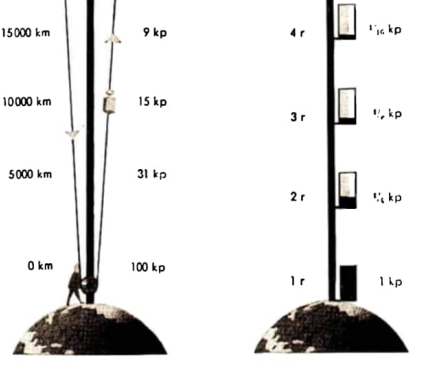
Alle die Träume flossen zusammen in einen. Mit jeder neuen Entdeckung, mit jeder Erfindung wurde der Traum konkreter, vollständiger, genauer. Jeder Fortschritt in der praktischen Arbeit, in der Erkenntnis der Natur und in der gesellschaftlichen Entwicklung erweiterte die Fähigkeiten der Menschen, aber auch ihre Bedürfnisse und Sehnsüchte.
Im Verlauf der historischen Entwicklung ist gegenwärtig eine Stufe erreicht, in der die Verwirklichung des Traumes nicht nur möglich, sondern auch ein zwingendes gesellschaftliches Bedürfnis geworden ist – notwendig für eine ungehemmte Weiterentwicklung. Die Menschheit steht erst am Beginn dieser Entwicklung. Nur wenige – vielleicht die schwersten – Schritte liegen hinter ihr, gemessen an der Zukunft, an den Weiten, die sich der Menschheit eröffnen werden, und an der Fülle des Wissens, nach dem wir greifen.
Wir Menschen von heute erleben, wie sich die Worte Ziolkowskis erfüllen: „Die Menschheit wird nicht ewig auf der Erde leben. Sie wird im Kampf um Licht und Raum zunächst zaghaft über die Grenzen der Atmosphäre dringen und dann später den interplanetaren Raum erobern."
Die Sputniks waren der erste Schritt auf diesem Wege.

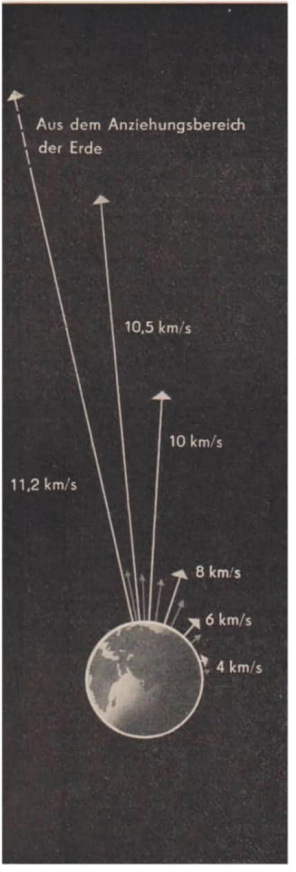
Ein wenig grüne Theorie

Theorie braucht nicht unbedingt „grau" zu sein. Was wäre die Raumfahrt ohne ihre theoretischen Grundlagen? Wem diese bis jetzt noch grau erschienen, den werden die Sputniks vielleicht eines Besseren belehrt haben. Wir wollen uns an ein Wort des großen Physikers Albert Einstein halten: „Schämen sollten sich die Menschen, die sich gedankenlos der Wunder der Wissenschaft und Technik bedienen und davon geistig nicht mehr erfaßt haben als die Kuh von der Botanik der Pflanzen, die sie mit Wohlbehagen frißt."

Da gibt es zum Beispiel Leute, die behaupten, die Sputniks bewegen sich „im schwerelosen Raum". Stimmt das? Gibt es ihn, und wie weit reicht eigentlich die Schwerkraft der Erde, die den Astronauten so zu schaffen macht?
Im siebzehnten Jahrhundert führten zwei französische Gelehrte, Mersenne und Petit, einen Versuch durch, der ihnen auf die letzte Frage eine Antwort geben sollte. Sie schossen eine Kanonenkugel senkrecht nach oben. Wird sie wieder zurückfallen? Ist es möglich, mit der Kugel eine Schicht zu erreichen, in der die Anziehungskraft der Erde nicht mehr wirkt?
Leider gab der Versuch nicht die richtige Antwort auf die Frage der Forscher. Die Kugel wurde nicht wiedergefunden. Daß sie aber bestimmt nicht die Erde verlassen konnte, wissen wir, seitdem Isaac Newton mit dem Gravitationsgesetz eine der wichtigsten theoretischen Grundlagen der späteren Astronautik fand.
Seit Newton kennen wir die Kraft, die uns an die Erde bindet, und können berechnen, wie wir sie zu überwinden vermögen. Dazu wollen wir einige Gedankenversuche durchführen.
Wir denken uns die Erde als eine gleichmäßige Kugel ohne Lufthülle, außerdem wollen wir die Bewegung der Erde nicht berücksichtigen. Auf dieser vereinfachten Erde denken wir uns einen riesigen Mast errichtet, der an seiner Spitze in einer Höhe von mehr als 15 000 km eine Rolle trägt. Darüber hängt eine Seilschlinge, die bis zur Erde herabreicht und durch eine Winde bewegt werden kann. In Wirklichkeit würde die endlose Seilschlinge natürlich schon bei viel geringerer Länge unter ihrem Eigengewicht zerreißen. Davon wollen wir aber absehen.
Nun hängen wir eine Masse von 100 kg an das Seil und ziehen sie mit der Winde empor. Zuerst, in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche, brauchen wir dazu eine Kraft von 100 Kilopond. Der Leser wird sich entsinnen, daß die Maßeinheit „Kilopond" auch benutzt wird, um die Schubkraft einer Rakete anzugeben. Unter einem Kilopond verstehen wir die Kraft, mit der ein Kilogramm, z. B. ein Liter Wasser, in Meereshöhe und auf einer geographischen Breite von 45° bei einer Temperatur von 4 °C auf seine Unterlage drückt (oder an seiner Aufhängung zieht).
Gewöhnlich nennen wir diese Kraft Gewicht. Aber nur an der Erdoberfläche wiegen

100 kg Masse auch 100 kp. Bei unserem Versuch wird uns klar, daß Masse (gemessen in Kilogramm) und Gewicht (gemessen in Kilopond) nicht dasselbe sind. Die Masse bleibt bei unserem Kurbelversuch unverändert. Anders das Gewicht! Nachdem wir eine längere Zeit fleißig gekurbelt haben, merken wir, falls wir dann noch bei Kräften sind, daß wir allmählich immer weniger Kraft brauchen.
In einer Höhe von 5000 km zieht die Last nur noch mit einem Gewicht von 31 kp am Seil, in 10 000 km Höhe mit 15 kp. Abermals 5000 km höher brauchen wir nur noch eine Kraft von 9 kp, obwohl die Last nach wie vor eine Masse von 100 kg besitzt.
Das Gewicht des Körpers nimmt ab, je weiter er sich von der Erde entfernt. Wir wollen schon hier einflechten, daß die Gewichtslosigkeit in einem Sputnik oder einem Raumschiff auf eine andere Weise zustande kommt. Unter bestimmten Umständen kann ein Körper selbst dort gewichtslos sein, wo er noch ein beträchtliches Gewicht haben müßte, wenn er auf einer ruhenden Unterlage stünde. Doch davon später.
Der gesetzmäßige Zusammenhang zwischen Gewicht und Höhe wird deutlicher, wenn wir als Maß für die Höhe den Radius der Erdkugel benutzen. Bekanntlich beträgt der mittlere Erdradius etwa 6370 km. Auf welchen Teil des irdischen Gewichtes nimmt das Gewicht unserer Versuchsmasse ab, wenn wir sie in eine Höhe von 6370 km, zweimal 6370 km oder dreimal 6370 km heben?
6370 km (1 r_0) über der Erdoberfläche, also in einem Abstand von zweimal 6370 km (2 r_0) vom Erdmittelpunkt, drückt unsere Last nur mit dem vierten Teil des ursprünglichen irdischen Gewichtes auf ihre Unterlage (oder zieht am Seil, was auf dasselbe hinausläuft). In 2 r_0 Höhe oder 3 r_0 Abstand vom Erdmittelpunkt hingegen





Steighöhen bei verschiedenen Anfangsgeschwindigkeiten. (Zum Vergleich: Die dunklen Linien geben an, wie hoch ein Körper steigen würde, wenn die Erdanziehungskraft nicht mit wachsender Entfernung abnähme)

hat sie den neunten Teil, in 4 r_0 Abstand den sechzehnten Teil des irdischen Gewichtes. Das Gewicht nimmt ab mit dem Quadrat der Entfernung vom Erdmittelpunkt.

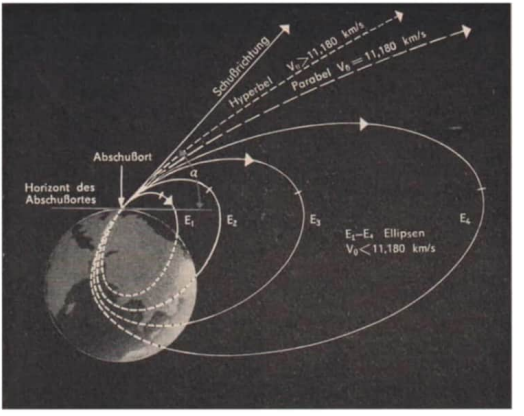
In der Entfernung von 50 Erdradien wäre das Gewicht auf $^1/_{2500}$ abgesunken, das sind – bei 100 kg – 0,040 kp. Theoretisch reicht die Anziehungskraft der Erde, die das Gewicht des Körpers verursacht, bis in die fernsten Weiten. In der Praxis wird sie jedoch bei einem genügend großen Abstand von der Erde so klein, daß man sie vernachlässigen kann. Doch existiert auch dort kein „schwereloser Raum", denn dann wirkt die Anziehungskraft anderer Himmelskörper, besonders der Sonne, viel stärker als die der Erde. Diese Bereiche unseres Sonnensystems erreichten bis jetzt nur die Raumsonden, deren erste, Lunik 1, zu Ehren des XXI. Parteitages der KPdSU in der UdSSR aufgelassen wurde.

Wollte nun jemand fragen, wie schwer eigentlich eine Raumsonde ist, wenn sie sich ungefähr zwischen der Erd- und Marsbahn bewegt, so müßten wir ihm antworten: Sie wiegt nichts, denn sie drückt nicht auf irgendeine Unterlage.

Unser Gedankenversuch mit der Winde zeigt uns, daß der erste Schritt der schwerste ist. Die Abnahme der Schwerkraft ist eine Grundvoraussetzung für alle Raumfahrtpläne. Bliebe diese Kraft konstant, so wäre, abgesehen von anderen Folgen, an Raumfahrt nicht zu denken.

Auf Grund des Gravitationsgesetzes kann man berechnen, wie groß die Arbeit ist, die man verrichten muß, um einen Körper bis in größte Höhen zu heben. Sie ist nicht unendlich groß, sondern hat einen ganz bestimmten Wert. Die Gesamtarbeit ist genau so groß wie die Arbeit, die notwendig wäre, um einen Körper bei **konstanter** Schwerkraft auf eine Höhe von 6370 km zu heben.

Flugbahnen beim schrägen Schuß



Nun wird in der Astronautik nicht „gehoben", sondern „geworfen". Die Geschwindigkeit, mit der ein Körper nach oben geworfen oder geschossen werden müßte, damit er die Erde verlassen könnte, läßt sich mit den Rechenverfahren ermitteln, die wir Isaac Newton und Gottfried Wilhelm Leibniz verdanken und die ein wichtiges Hilfsmittel der Wissenschaft und Technik bilden.

Die Abfluggeschwindigkeit ergibt sich danach zu 11,2 km/s – das ist die berühmte zweite astronautische Geschwindigkeit, die Jules Verne in seinem Roman nannte. Bei konstanter Schwerkraft ließe sich mit ihr nur eine Höhe von 6370 km erreichen, so aber kann ein Körper, der sich mit der zweiten astronautischen Geschwindigkeit von der Erde löst, die Erde auf Nimmerwiedersehen verlassen.

Wie ändert sich die Bahn eines Körpers, wenn wir ihn nicht senkrecht nach oben, sondern schräg werfen? Bei geringer Anfangsgeschwindigkeit beschreibt er nur einen kurzen Bogen, ehe er wieder auf dem Erdboden aufprallt. Vergrößern wir die Geschwindigkeit, so ändern sich zwar Größe und Form des Bogens und die Weite, in jedem Fall kehrt der Körper aber zur Erde zurück. Erst wenn man die Abgangsgeschwindigkeit bis auf 11,2 km/s steigert, ändern sich **sprunghaft** die Eigenschaften der Bahn. Die Bahn bildet dann nicht mehr eine geschlossene Kurve von der Form einer Ellipse, die wieder zur Erde zurückführt, sondern eine offene Kurve, in diesem Fall eine Parabel. Auf der Parabelbahn verläßt unser hypothetischer Wurfkörper die Erde und kehrt nicht wieder zurück. Bei weiterer Geschwindigkeitssteigerung entstehen schließlich Hyperbeln, das sind Kurven, die ebenso wie die Parabel nicht wieder zur Erde führen, aber noch gestreckter sind als diese.

Der letzte Gedankenversuch machte uns mit Ellipsen, Parabeln und Hyperbeln bekannt. Das alles sind Kegelschnitte. Sie entstehen, wenn ein Kegel von einer Ebene

geschnitten wird. Auch der Kreis gehört zu den Kegelschnitten. Lassen wir den Lichtkegel einer Taschenlampe senkrecht auf eine ebene Fläche fallen, so erhalten wir einen kreisförmigen Lichtfleck, der bei Neigung der Lampe seine Form verändert und zu einer Ellipse wird, die um so „langgezogener" aussieht, je schräger wir unseren Scheinwerfer halten. Läuft eine Kante des Lichtkegels parallel zur Wand, so dehnt sich die Ellipse zu einer Parabel, die sich in der Ferne verliert. Wird der Lichtkegel noch schräger von der Wand geschnitten, so erhalten wir endlich Hyperbeln.

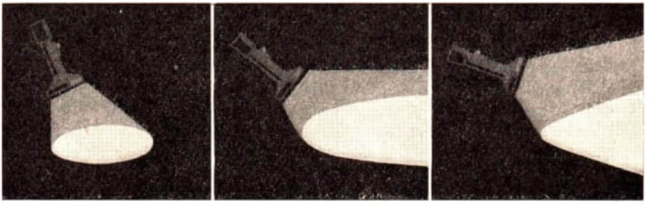
Die Kegelschnitte sind für die Astronomie und – was uns besonders interessiert – für die Raumfahrt von außerordentlicher Bedeutung. Die Planeten bewegen sich ebenso wie die Sputniks und Raumschiffe auf Bahnen, die wir unter der Bezeichnung Kegelschnitte zusammenfassen können. Hauptsächlich kommen für kosmische Flugkörper die Ellipsenbahnen in Frage.

Die Bewegungsgesetze der Planeten wurden von Johannes Kepler gefunden. Er ist „der eigentliche Begründer der modernen Mechanik der Weltkörper", wie Engels und Hegel hervorheben. Die drei Keplerschen Gesetze sind ein Kern der theoretischen Astronomie – zugleich eine wichtige Grundlage der praktischen Astronautik, denn sie gestatten es, die kosmischen Fahrpläne der Sputniks und Raumschiffe in erster Annäherung zu berechnen. Kepler erkannte:

1. Der Planet beschreibt eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht.
2. Die von der Sonne nach dem Planeten gezogene Verbindungslinie überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.
3. Für zwei verschiedene Planeten verhalten sich die Quadrate der Umlaufzeiten wie die Kuben der mittleren Entfernungen von der Sonne.

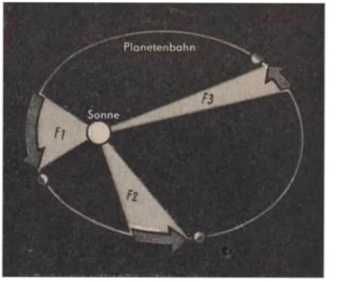
Setzen wir an Stelle des Wortes Sonne Erde, an Stelle des Wortes Planet Satellit, so haben wir die Gesetze, nach denen sich die Sputniks um die Erde bewegen. (Bei sehr genauen Berechnungen muß man jedoch außer der Erdanziehung noch die Wirkung anderer Kräfte berücksichtigen.)

Nach den gleichen Gesetzen werden sich die Raumschiffe ebenso wie die Raumsonden bei ihren Reisen zwischen den Planeten zu einem großen Teil auf Ellipsenbahnen um die Sonne bewegen. Wir sind nicht in der Lage, die Keplerschen Gesetze aufzuheben oder auch nur abzuändern. Es ist auch nicht so, daß Johannes Kepler



Ellipse, Parabel und Hyperbel

Der Planet erreicht bei seinem Flug um die Sonne seine größte Geschwindigkeit in Sonnennähe. Die Verbindungslinie Sonne–Planet überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen.



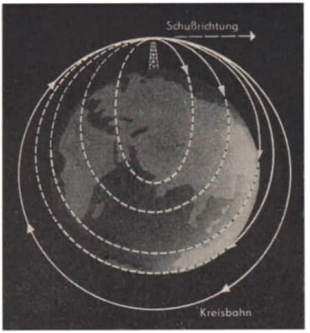
diese Gesetzmäßigkeiten geschaffen hat. Sie existieren objektiv und unabhängig vom Willen der Menschen als Gesetze der sich bewegenden und entwickelnden Materie. Kepler erforschte und erkannte sie, und wir können sie bei unserem Handeln berücksichtigen, zum Wohle der Gesellschaft ausnutzen und in den Dienst des menschlichen Fortschrittes stellen. Dazu legte Kepler die Grundlage.

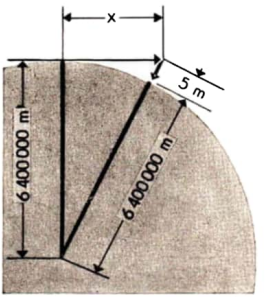
Dabei stützte er sich auf die Beobachtungen, die der dänische Forscher Tycho Brahe in langjähriger fleißiger und gewissenhafter Arbeit sammelte. Tycho Brahe verfeinerte die astronomischen Beobachtungsmethoden seiner Zeit in einem Maße, das um so höhere Bewunderung verdient, als er sich noch nicht des Fernrohres bedienen konnte, das erst einige Jahre nach seinem Tode erfunden wurde. Seine Aufzeichnungen waren für Keplers Entdeckungen ebenso wichtig wie die Erkenntnis des Nikolaus Kopernikus, daß die Sonne im Zentrum der Planetenbahnen steht und die Erde und die anderen Planeten sich um sie bewegen.

Tycho Brahe trug durch seine exakten Beobachtungen viel zur Verbesserung der kopernikanischen Lehre bei. Wie sehr aber die Erkenntnis des Kopernikus den eingewurzelten Vorstellungen seiner Zeitgenossen widersprach, macht ein Ausspruch des hervorragenden dänischen Astronomen deutlich: „Die Erde ist eine grobe, schwere und zur Bewegung ungeschickte Masse; wie kann nun Kopernikus einen Stern daraus machen und ihn in den Lüften herumführen?"

Doch hätte ein Blick durch das Fernrohr ihn überzeugen können, daß ähnliche Massen auch um den Jupiter kreisen. Galilei entdeckte vier der Jupitermonde, denn er besaß bereits das Fernrohr. Das half ihm nicht gegen die Verfolgungen durch die katholische Kirche. Die kirchlichen Sachverständigen weigerten sich, durch das Fernrohr zu blicken, und fertigten das Gutachten aus, das wir schon erwähnten.

Auch unser guter alter Mond ist eine „grobe und schwere Masse" mit seinen über 70 Trilliarden Kilogramm – das ist etwa der zweiundachtzigste Teil der Erdmasse. Inzwischen hat es sich herumgesprochen, daß der Mond nicht nur ein „kleines Licht ist, das die Nacht regiere", wie es in der biblischen Schöpfungsgeschichte heißt, sondern ein Himmelskörper, der sich um die Erde bewegt und von der Sonne beschienen wird. Allerdings stellen sich die meisten Menschen erst seit dem 4. Oktober





1957 die Frage, warum der Mond, das kosmische Vorbild der Sputniks, nicht auf die Erde herunterfällt.

Beide Arten von Satelliten, die natürlichen wie die künstlichen, bewegen sich nach den gleichen Gesetzen in ihren Umlaufbahnen. Wir wollen dazu wiederum einen Gedankenversuch mit unserem vereinfachten Erdmodell durchführen. Auch dieses Mal sehen wir ganz von der Wirkung des Luftwiderstandes ab .

Wir denken uns einen Turm von einigen hundert Metern Höhe. Lassen wir von ihm aus einen Stein zur Erde fallen, so bewegt er sich, der Anziehungskraft der Erde folgend, mit zunehmender Geschwindigkeit nach unten. In der ersten Sekunde fällt er 5 Meter, in der zweiten 15 Meter, in der dritten 25 Meter usw. Nach wenigen Augenblicken schlägt er am Fuße des Turmes auf der Erdoberfläche auf.

Lassen wir ihn nicht fallen, sondern werfen wir ihn in waagerechter Richtung, so würde er sich, wenn die Anziehungskraft der Erde nicht vorhanden wäre, mit der Wurfgeschwindigkeit geradlinig weiterbewegen. Seine Bahn wäre eine Tangente, eine Gerade, die jenen Kreis berührt, den wir uns durch den Abwurfpunkt, die Spitze des Turmes, gezogen denken können und dessen Mittelpunkt mit dem Erdmittelpunkt zusammenfällt. Nun wirkt aber gleichzeitig die Schwerkraft, die den Stein in Richtung zum Erdmittelpunkt fallen läßt, so daß er wiederum nach kurzer Zeit auf der Erdoberfläche aufschlägt, aber nicht am Fuße des Turmes, sondern ein Stück davon entfernt. Je größer die Wurfgeschwindigkeit, desto weiter fliegt der Stein.

Nehmen wir statt unserer schwachen Muskelkraft eine Riesenkanone von der Verneschen Sorte zu Hilfe, so ändert sich das Bild. Bei genügend großer waagerechter Schußgeschwindigkeit fällt der Körper nicht zur Erde, sondern um die Erde herum. Wie groß muß diese Geschwindigkeit sein?

Der Körper muß eine so große waagerechte Geschwindigkeit erhalten, daß er in der ersten Sekunde x Meter in Richtung der Tangente flöge, wenn die Schwerkraft nicht vorhanden wäre. In derselben Zeit fällt er aber wegen der Schwerkraft rund fünf Meter in Richtung zur Erdmitte. Hat er dann – wegen der Krümmung der Erd-

oberfläche – immer noch denselben Abstand vom Erdmittelpunkt, so ist die Kreisbahngeschwindigkeit erreicht. Der Körper fällt auf einer Kreisbahn um die Erde herum.

Ausnahmsweise wollen wir eine kleine Rechnung anstellen. Die Höhe des Turmes dürfen wir dabei vernachlässigen. Den Wert x können wir mit Hilfe des Pythagoreischen Lehrsatzes berechnen, weil die Tangente senkrecht auf dem Erdradius im Abschußpunkt steht. Zur Vereinfachung nehmen wir weiter an, der Erdradius betrage rund 6400 km oder 6 400 000 Meter. Dann gilt (vgl. Abb. S. 172 rechts):

$$6\,400\,000^2 + x^2 = (6\,400\,000 + 5)^2$$

oder $$6\,400\,000^2 + x^2 = 6\,400\,000^2 + 2 \cdot 5 \cdot 6\,400\,000 + 25$$

und $$x^2 = 64\,000\,000 + 25$$

Ziehen wir schließlich die Wurzel auf beiden Seiten der Gleichung, so folgt

$$x \approx 8000.$$

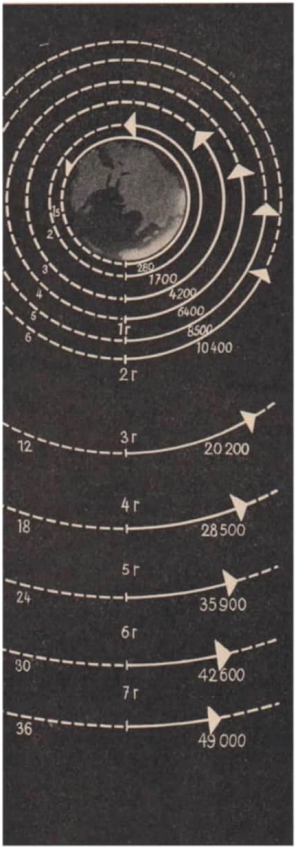
Die Abschußgeschwindigkeit muß also etwa 8000 m/s oder 8 km/s betragen. Verwenden wir einen genaueren Wert für den Erdradius und benutzen statt des Näherungswertes von 5 Metern den genaueren Wert 4,905 Meter, so erhalten wir als Kreisbahngeschwindigkeit an der Erdoberfläche 7900 m/s.

In 84 Minuten würde unser Körper einmal die Erde umfliegen und unaufhörlich weiterkreisen, ohne daß er eines weiteren Antriebes bedürfte. Er verhielte sich so wie die Planeten und ihre Monde, die ja auch nicht mit einem besonderen Antrieb versehen sind. In dieser Hinsicht unterscheiden sich die kosmischen Flugkörper von den irdischen Fahrzeugen. Aus dem Alltag wissen wir, daß jedes Fahrzeug einen ständigen Antrieb braucht, wenn es nicht zum Stillstand kommen soll. Die Reibungswiderstände vermindern trotz Stromlinienform und polierter Oberfläche, trotz Kugellager und hochwertigeŕ Gleitmittel die Geschwindigkeit jedes antriebslosen irdischen Fahrzeuges. Aber bei unserem Gedankenexperiment setzten wir ja die Abwesenheit der Luft voraus, und der abgeschossene Körper bewegt sich auch nicht auf der Erdoberfläche dahin, sondern im „leeren Raum". Er braucht weder Kugellager noch andere reibungsvermindernde Hilfsmittel.

Der „leere Raum" ist aber nur eine Annahme. In Wirklichkeit könnte das Geschoß nicht einen halben Umlauf vollenden, und erst in einer Höhe von mehreren hundert Kilometern sind die Bedingungen vorhanden, die wenigstens für kurze Zeit die Existenz eines Satelliten ermöglichen.

Wir wissen, daß die Schwerkraft abnimmt, je weiter wir uns von der Erde entfernen. Deshalb sind in größeren Höhen geringere Geschwindigkeiten erforderlich, um den Körper stets im gleichen Abstand zur Erde zu halten. Die geringere Kreisbahngeschwindigkeit ist aber nur **ein** Grund für die längere Umlaufzeit. Mit wachsendem Abstand von der Erde vergrößert sich auch die Länge der Kreisbahn. Die Abbildung auf Seite 174 gibt uns einen Überblick über die Umlaufdauer in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche.

Besonders bemerkenswert ist die Bahn in 35 900 km Höhe. Hier wird in 24 Stunden ein Umlauf vollzogen. Der Satellit dreht sich genau so schnell wie die Erde um ihre Achse. Er würde, von der Erde aus gesehen, immer an der gleichen Stelle am Himmel stehen, wenn er sich auf einer Äquatorbahn bewegt. So nennen wir alle Bah-



Dauer eines Umlaufes (Std.)

Höhe über Erdboden (km)

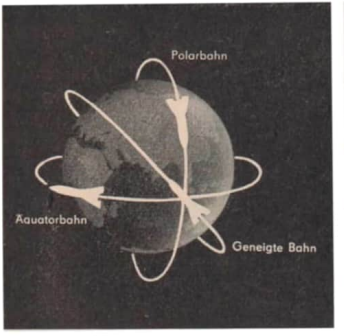
Die ausgezogenen Teile der Umlaufbahnen geben an, welchen Weg der Satellit in einer Stunde zurücklegt

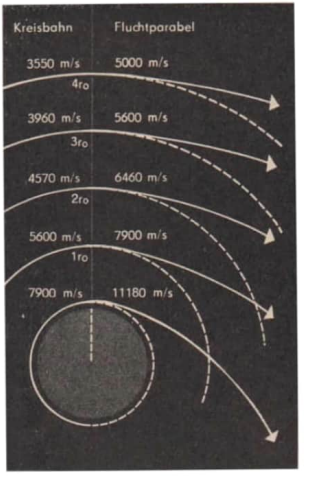
nen, die in der Ebene des Äquators liegen. Steht die Bahnebene senkrecht zur Äquatorebene, so sprechen wir von einer Polarbahn, weil sich der Satellit stets über beide Erdpole bewegt. Alle sonstigen Satellitenbahnen nennen wir geneigte Bahnen.

In jedem Falle sind die Satellitenbahnen so beschaffen, daß der Erdmittelpunkt in der Bahnebene liegt. Es wäre also aus himmelsmechanischen Gründen nicht möglich, einen Satelliten etwa stets über dem gleichen Breitenkreis fliegen zu lassen – mit Ausnahme des Äquators.

Wir wollen noch einen Augenblick bei dem vorigen Turmbeispiel verweilen. Natürlich können wir in der Praxis keine Kanone verwenden. Auch mit Raketenantrieb ist es schwer, die Geschwindigkeit von 7900 m/s, die erste astronautische Geschwindigkeit, genau einzuhalten. Ändert sich die Anfangsgeschwindigkeit, so wird der Körper eine andere Bahn verfolgen. Sinkt die Anfangsgeschwindigkeit unter die Kreisbahngeschwindigkeit, dann bewegt sich der Körper auf einer Keplerschen Ellipse, die innerhalb der Kreisbahn liegt. Ist sie jedoch größer, so entsteht wiederum eine Ellipsenbahn, die in diesem Fall außerhalb der Kreisbahn verläuft. Der Körper entfernt sich also weiter von der Erde und kehrt nach einem Umlauf wieder an den Ausgangspunkt zurück. In der Praxis kann die Kreisbahngeschwindigkeit kaum genau erreicht werden, so daß günstigenfalls sehr kreisähnliche Ellipsen entstehen. Eine exakt kreisförmige Bahn ist schon deshalb ausgeschlossen, weil unsere Erde keine genaue Kugelgestalt besitzt.

Die kreisähnliche Bahn bietet für bestimmte astronautische Aufgaben große Vorteile. Ein Satellit bewegt sich in einer solchen Bahn mit nahezu gleichbleibender Geschwindigkeit und Höhe. Ist die Bahn hingegen elliptisch, so ändert sich nicht nur



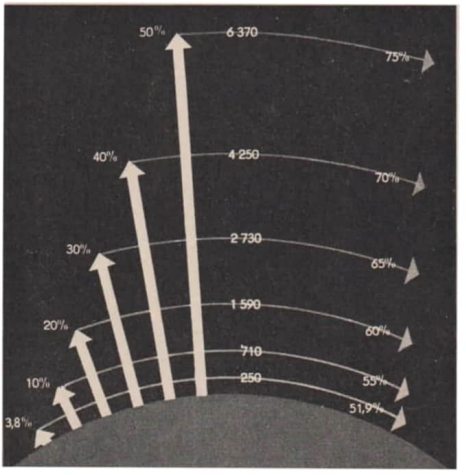


Vergleich zwischen Kreisbahn- und Fluchtgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen

seine Höhe ständig, sondern auch seine Geschwindigkeit. Im erdfernen Punkt der Bahn (Apogäum) ist sie am kleinsten, im erdnahen Punkt (Perigäum) am größten. Aus diesem Grunde wird man vermutlich für eine Raumstation die kreisähnliche Bahnform anstreben, denn es wird leichter sein, Transport- und Versorgungsraketen in die Nähe einer Station zu bringen, die nicht fortgesetzt ihre Höhe und Geschwindigkeit wechselt.

Die Kreisbahn empfiehlt sich deshalb nicht nur für Raumstationen, sondern auch als Ausgangsbahn für Expeditionen zu anderen Himmelskörpern. Vergrößern wir die Geschwindigkeit eines Satelliten, so weitet sich seine Bahn zu einer Ellipse aus, die um so langgestreckter ist, je größer die Geschwindigkeitserhöhung war. Schließlich genügt schon eine sehr kleine weitere Zunahme der Geschwindigkeit, um an Stelle der Ellipse eine ganz andere Bahnform entstehen zu lassen. Lag die Ausgangsbahn in Erdnähe, so enteilt der Körper bei einer Geschwindigkeit von 11,2 km/s auf einer Parabelbahn. Weitere Versuche mit noch höheren Geschwindigkeiten führen in ähnlicher Weise wie beim schrägen Schuß zu Hyperbelbahnen. Die Fluggeschwindigkeit von 11,2 km/s, die zweite astronautische Geschwindigkeit, tritt also sowohl beim senkrechten als auch beim schrägen und waagerechten „Schuß" auf.

Wir hatten vorhin festgestellt, daß die Kreisbahngeschwindigkeit mit zunehmender Höhe geringer wird. Im gleichen Maße vermindert sich auch die Fluchtgeschwindigkeit. Einen Einblick in diesen Zusammenhang gibt die Abbildung oben rechts. Stets verhält sich die Kreisbahngeschwindigkeit zur Fluchtgeschwindigkeit wie $1:1{,}414 = 1:\sqrt{2}$.



Vergleich zwischen der Energie einer Höhenrakete und der Energie eines Satelliten, bezogen auf die „Fluchtenergie" (= 100%)
Vergl. auch S. 184

Wäre unser Geschoß aus den letzten Versuchen eine Rakete, die in Erdnähe auf einer Kreisbahn die Erde umfliegt, so müßte sie ihre Geschwindigkeit um rund 3,3 km/s steigern, um die Erde verlassen zu können. In 3200 km Höhe über dem Erdboden ($\frac{1}{2}\ r_0$) vermindert sich diese Zahl auf etwa 2700 m/s, und in einem Abstand von zehn Erdradien sind nur noch etwa 100 m/s Geschwindigkeitszuwachs erforderlich.

Geschwindigkeiten von 2-3 km/s können heute ohne weiteres mit einstufigen Raketen erreicht werden. Wenn man von einer Raumstation aus eine solche Rakete startet, könnte diese mithin ohne besondere Schwierigkeiten die Erde verlassen.

Es ist also raketentechnisch leichter, von einer Satellitenbahn aus in den interplanetaren Raum vorzudringen, als von der Erdoberfläche bis in die Satellitenbahn zu gelangen. Dieser Umstand und die Tatsache, daß es die Satellitenbahnen gestatten, lange Zeit in der erreichten Höhe zu verweilen, spielen in vielen Raumfahrtprojekten eine entscheidende Rolle. Zwei der möglichen Varianten seien genannt:

Variante A: Transportraketen bringen vorgefertigte Bauteile und Treibstoffvorräte in eine Umlaufbahn. Dort wird das eigentliche Fernraumschiff zusammengebaut und betankt.

Variante B: Die Raumrakete fliegt mit eigener Kraft bis in eine Satellitenbahn. Sie ergänzt dort ihre Treibstoffvorräte aus den Beständen von Transportraketen, so daß sie mit vollen Behältern von der Umlaufbahn aus starten kann.

Durch die Zerlegung in zwei Etappen wird der Treibstoffbedarf nicht vermindert, wie zuweilen irrtümlich angenommen wird. Die Arbeit, die wir verrichten müssen, um einen Körper aus dem Einflußbereich der Erdanziehung zu bringen, ist in jedem Fall die gleiche. Hingegen ergeben sich folgende vorteilhafte Möglichkeiten:

1. Es lassen sich auch große Fernraumschiffe mit einer Startmasse (ab Umlaufbahn) von mehreren 100 Tonnen einsetzen. Wollte man derartig große Raumschiffe direkt von der Erdoberfläche aus starten, so brauchte man dazu Startmassen von einigen 10 000 Tonnen. Der Bau solcher Giganten überfordert offenbar die vorhandenen technischen Mittel.
2. Weil das Fernraumschiff nur im luftleeren Raum fliegt, brauchen seine Konstrukteure keine Rücksicht auf den Luftwiderstand zu nehmen. Das Fernraumschiff kann deshalb zum Beispiel aus einer Anzahl von kugel- oder walzenförmigen Behältern und Kabinen bestehen, die durch ein Trägersystem miteinander verbunden sind. Dabei können auch Teile der Transportraketen nutzbringend verwendet werden.
3. Für den Start aus der Umlaufbahn genügen auch geringe Beschleunigungen. Darum brauchen an die mechanische Festigkeit des Fernraumschiffes nicht so hohe Anforderungen gestellt werden wie bei einem Start von der Erdoberfläche. Die Treibstoffe könnten zum Beispiel in leichten Behältern aus Plasten untergebracht werden. Dadurch ließen sich höhere Ziolkowskizahlen erreichen.
4. Für den Start aus einer Umlaufbahn können auch Antriebsverfahren eingesetzt werden, die für den Flug zwischen Erde und Umlaufbahn nicht geeignet sind:
   a) Elektrische Triebwerke (Ionenraketen), die sich durch hohe Ausströmgeschwindigkeiten und geringen Massenverbrauch auszeichnen, funktionieren nur im luftleeren Raum. Außerdem ist ihre Schubkraft viel zu klein, um ein Raumschiff in eine Umlaufbahn zu befördern, reicht aber vollkommen aus, um von einer Umlaufbahn aus den Einflußbereich der Erde zu verlassen.
   b) Atomtriebwerke könnten unter Umständen beim Start von der Erdoberfläche verheerende Strahlungsschäden in der Umgebung des Startplatzes bewirken. Diese Gefahrenquelle entfällt, wenn die Atomtriebwerke nur im zweiten Abschnitt des Raumfluges verwendet werden. Ferner ließen sich auf diese Weise auch leichter Maßnahmen zum Schutz der Raumfahrer vor der Strahlung des Triebwerks treffen, weil ein Fernraumschiff, das erst in der Umlaufbahn zusammengesetzt wird, weniger kompakt gebaut werden kann als eine Raumrakete, die von der Erde aus startet.
   c) Für den Start ab Umlaufbahn läßt sich sogar die Sonnenstrahlung als Energiequelle benutzen. Fotozellen oder thermische Sonnenkraftwerke wandeln die Sonnenenergie in elektrische Energie um und dienen als Stromquelle für elektrische Triebwerke. Die Sonnenkraft reicht zwar nicht aus, um ein Raumschiff von der Erde aus in die Umlaufbahn zu heben, sie genügt aber für den Übergang aus einer Satellitenbahn in eine interplanetare Flugbahn.
   d) Auch die vorerst noch völlig hypothetischen Photonentriebwerke könnten nur für den Abflug aus einer Umlaufbahn eingesetzt werden, weil dann ihr vernichtend wirkender Antriebsstrahl nicht auf die Erde gerichtet wird.

Diese großen Vorteile wird man sicherlich in der zukünftigen Raumfahrtpraxis in zunehmendem Maße ausnutzen. Zweifellos werden alle derartigen Raumreisen erheblich erleichtert, wenn man sich dabei eines Stützpunktes in der Umlaufbahn bedienen kann. Auch aus diesem Grunde empfiehlt sich der Bau einer ständigen Raumstation, die für lange Zeit unseren Planeten umkreist und den Ausgangspunkt interplanetarer Forschungen bildet.

Der Start aus der Umlaufbahn bietet darüber hinaus Vorteile, die bereits heute praktisch genutzt werden. Zum erstenmal geschah das am 12. Februar 1961. Die erste sowjetische Venussonde startete aus einer Satellitenbahn zu ihrem Fluge durch den interplanetaren Raum. Eine mächtige Mehrstufenrakete hatte sie zuvor in die Umlaufbahn transportiert. Dieses Verfahren erschließt folgende Möglichkeiten:

1. Die genaue optische und Funkvermessung der Satellitenbahn gestattet es, alle Abweichungen, die sich beim Aufstieg in die Umlaufbahn ergeben haben, zu erkennen, bei der endgültigen Berechnung der interplanetaren Flugbahn zu berücksichtigen und damit auszuschalten.
2. Für den Start aus der Umlaufbahn können anstelle starker Triebwerke mit kurzer Brenndauer auch Triebwerke mit geringer Schubkraft und längerer Wirkungszeit eingesetzt werden. Mit Triebwerken der letzteren Art läßt sich die geforderte Endgeschwindigkeit beim Übergang in die interplanetare Flugbahn viel genauer einhalten. Das ist sehr wichtig, denn bei interplanetaren Flügen können Geschwindigkeitsfehler von 1–3 m/s bereits Abweichungen von etwa 100 000 km bei der Annäherung an den Zielplaneten bewirken.
3. Bei Flügen zu den Nachbarplaneten muß die Ebene, in der die Aufstiegsbahn liegt, mit der Ebene der geplanten interplanetaren Raumflugbahn möglichst zusammenfallen, sonst würde der Treibstoffbedarf untragbar groß. Diese Bedingung läßt sich jedoch bei einem direkten Flug von der Erde aus nicht immer erfüllen. Wird hingegen eine geeignete Satellitenbahn dazwischengeschaltet, so kann die Raumsonde oder das interplanetare Raumschiff in einem bestimmten Punkt dieser Bahn nahezu in Richtung der Bahntangente starten. Dadurch vermindert sich der Treibstoffbedarf. Außerdem gestattet diese Methode, interplanetare Flüge auch bei ungünstiger Lage des Startortes auf der Erde anzutreten.

Selbstverständlich stellt ein so kompliziertes Flugprogramm außerordentlich hohe Anforderungen an die Präzision der Beobachtungs- und Meßgeräte. Schnell arbeitende Rechenmaschinen, zuverlässige Funkanlagen und eine exakt funktionierende Raketensteuerung sind ebenso notwendig wie ein automatisches Orientierungssystem, das die Raumrakete vor dem Verlassen der Umlaufbahn genau in die geforderte Richtung dreht. Die zulässigen Abweichungen hinsichtlich Startpunkt bzw. -zeit, Geschwindigkeit und Richtung liegen bei interplanetaren Flügen in engeren Grenzen als beim Aufstieg in eine Satellitenbahn.

Daraus dürfen wir aber nicht folgern, der Aufstieg eines Satelliten sei eine einfache Aufgabe. Allein die Tatsache, daß mehr als 35% der amerikanischen Satelliten keine stabile Umlaufbahn erreichten, deutet darauf hin, wie schwierig und kompliziert die Probleme dieses ersten Abschnittes der Raumfahrt sind.

Der Satellit muß erstens in die gewünschte Höhe gebracht werden, und zweitens muß er in dieser Höhe die notwendige Umlaufgeschwindigkeit parallel zur Erdoberfläche erhalten. Die beiden Teile des Satellitenaufstieges werden nicht völlig getrennt voneinander durchgeführt, sondern gehen ineinander über. Dazu bedient man sich bestimmter Bahnformen, die so angelegt sind, daß der Zweck mit möglichst geringem Aufwand – genauer: mit möglichst geringen Treibstoffmengen – erreicht wird.

Die gleiche Forderung gilt jetzt und in der nächsten Zukunft auch für den Aufstieg von Raumfahrzeugen, seien es nun Meßgeräteträger oder Raumschiffe mit Besatzung. Im Gegensatz zu den Erdsatelliten sollen diese den Einflußbereich der Erdanziehung verlassen und mit einer bestimmten Restgeschwindigkeit in die geplante Bahn z. B. um die Sonne oder den Mond einlaufen. Trotz des Unterschiedes im Flugauftrag benutzt man auch bei ihnen eine ganz bestimmte Form der Aufstiegsbahn. Sie stellt die günstigste Lösung einer Aufgabe dar, die man in der Astronautik mit dem Begriff Synergieproblem bezeichnet und die sehr verschiedene gegensätzliche Einflüsse berücksichtigt.

Wir hatten bereits festgestellt, daß jeder Körper, der die Fluchtgeschwindigkeit besitzt, den Einflußbereich der Erde verläßt, unabhängig davon, in welcher Richtung er startet. Dennoch kann die Rakete nicht in einer beliebigen Richtung aufsteigen. Die Rakete erreicht zwar ihre Höchstgeschwindigkeit erst bei Brennschluß, doch wird man sich bemühen, die Flugbahn so zu legen, daß die dichten und am meisten bremsenden Schichten der Lufthülle möglichst bald verlassen werden. In dieser Hinsicht wäre der senkrechte Aufstieg der günstigste, weil dabei die Rakete in kurzer Zeit die dichten Luftschichten durchläuft.

Ein anderer Umstand schränkt diese Feststellung ein. Die Rakete erhält ihre Geschwindigkeit nicht plötzlich. Vielmehr beschleunigt die Schubkraft des Triebwerkes das Gerät allmählich. Betrachten wir einmal eine Rakete, deren Triebwerke so stark sind, daß sie das Gerät in jeder Sekunde um 30 m/s schneller werden lassen. Die Beschleunigung beträgt in diesem Fall 30 m/s je Sekunde oder, was dasselbe ist, 30 m/s². Wir wollen diese Beschleunigung mit „3 g" bezeichnen, weil sie rund dreimal so groß ist wie die Beschleunigung durch die Erdanziehung in der Nähe der Erdoberfläche. Bekanntlich erhöht sich dort die Geschwindigkeit eines frei fallenden Körpers in jeder Sekunde um etwa 10 m/s. Das ist eine Beschleunigung von 10 m/s² oder rund 1 g. Unter „g" verstehen wir hier also die Maßeinheit „Erdbeschleunigung".

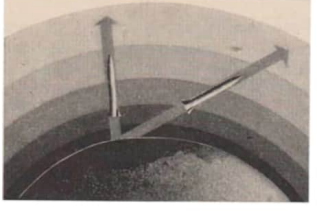
Die Rakete unterliegt aber nicht nur der Raketenbeschleunigung von 3 g, sondern auch der Erdbeschleunigung von 1 g. Bei senkrechtem Aufstieg sind die Richtungen der beiden Beschleunigungen entgegengesetzt, so daß das Fahrzeug seine Geschwindigkeit nur mit der Differenz 2 g steigert. Ein Drittel der Raketenkraft wird also verbraucht, nur, damit das Fahrzeug nicht zurückfällt.

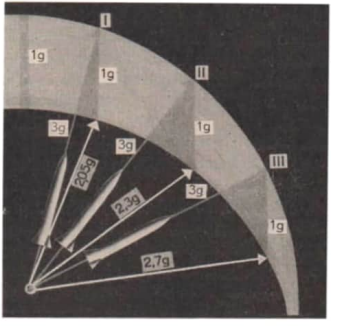
Läßt sich der Verlust nicht verringern? Ja, erstens kann man die Rakete mit möglichst hoher Eigenbeschleunigung steigen lassen. Bei 10 g Raketenbeschleunigung beträgt die tatsächliche Steigbeschleunigung 9 g, und der Verlust beträgt nicht mehr 33%, sondern nur noch 10%. Aber in der Praxis ergeben sich bei dieser Methode Schwie-

rigkeiten. Einmal erhöht sich der Luftwiderstand zu schnell, zum anderen wirkt sich die Beschleunigung auf die Reisenden, die Geräte und auch auf die Rakete selbst aus. Mit der Beschleunigungswirkung werden wir uns noch zu befassen haben.
Der Verlust kann zweitens vermindert werden, indem man die Rakete nicht senkrecht, sondern schräg aufsteigen läßt. Dann ergibt sich die tatsächliche Beschleunigung nach dem Parallelogramm der Beschleunigungen. Abb. oben zeigt uns die Parallelogramme für verschiedene Flugwinkel der Rakete. Bewegt sich das Fahrzeug in einem Winkel von 52° zur Erdoberfläche mit 3 g Eigenbeschleunigung, so ergibt sich bei gleichzeitiger Einwirkung der Schwerkraft nur ein Verlust von 0,7 g, und die Rakete wird in jeder Sekunde um 23 m/s schneller.
Eine Rakete, die auf einer schräggeneigten Bahn aufsteigt, wird deshalb eine höhere Brennschlußgeschwindigkeit erreichen als bei senkrechtem Aufstieg. Allerdings wird der Gewinn zum Teil wieder ausgeglichen durch die geringere Höhe, in der die größere Geschwindigkeit erreicht wird. Es läßt sich aber zeigen, daß der schräge Aufstieg tatsächlich einen Gewinn bringt. Dazu benötigen wir noch nicht einmal mathematische Hilfsmittel. Wir fragen uns, ob es zweckmäßig ist, einen Teil der Treibstoffe in beträchtliche Höhen zu transportieren und erst dort zu verbrennen. Nein, besser ist es, die Treibstoffe schon in geringeren Höhen zu verbrauchen, etwa auf einer schrägen Bahn. Dadurch können wir „die Energie sparen, die zum Errichten einer 2000 km hohen Gassäule notwendig ist". Diese einleuchtende Begründung stammt von Prof. Hermann Oberth, der gründlich die Einflüsse der verschiedenen Faktoren beim Aufstieg einer Rakete theoretisch untersuchte. Von ihm rührt auch die Bezeichnung „Synergiekurve" her.
Unter Synergiekurve verstehen wir jene Bahnform, bei der die Verluste durch Schwerkraft und Luftwiderstand am geringsten sind und der Flugauftrag mit möglichst geringem Treibstoffverbrauch erfüllt werden kann.
Viele Gelehrte haben sich um die Lösung der Aufgabe bemüht, das günstigste Flugverfahren zu finden. Ziolkowski, Goddard, Oberth und andere Astronauten, aber auch Fachmathematiker wie Prof. Hamel versuchten, die vielen Faktoren beim Auf-

Vorteil der geneigten Bahn: geringere Verluste durch die Schwerkraft

Nachteil der geneigten Bahn: größere Verluste durch den Luftwiderstand





Beispiel für eine günstige Aufstiegbahn

I. Senkrechter Start, steile Aufstiegsbahn
II. Einbiegen in eine fast waagerechte Bahn
III. Beschleunigung bis auf Umlaufgeschwindigkeit
VI. Antriebsloser Flug in einer Keplerbahn

stieg in ihren Rechnungen zu berücksichtigen. Wir haben nur zwei der Faktoren etwas näher betrachten können. Von den anderen wollen wir nennen: Änderung der Raketenbeschleunigung während der Brennzeit, Abnahme der Erdbeschleunigung mit der Höhe, die Erddrehung, die Bauart der Rakete, ihre Stufenteilung und andere Werte. Eine Vielzahl zweit- und drittrangiger Einflüsse kompliziert die Rechnungen.

Im allgemeinen besteht eine günstige Aufstiegsbahn für Satelliten oder für kosmische Raketen aus folgenden Teilen: steiler Aufstieg durch die dichteren Luftschichten, allmähliches Umbiegen nahezu bis in waagerechte Richtung, weitere Steigerung der Geschwindigkeit bis auf die notwendige Umlaufgeschwindigkeit – bei kosmischen Raketen bis auf die Fluchtgeschwindigkeit und darüber hinaus. Die Entwicklung der Wissenschaft und Technik brachte erst in den letzten Jahren Geräte und Methoden hervor, die in der Lage sind, die vorberechneten Bahnen mit ausreichender Genauigkeit einzuhalten.

Die Trägerrakete muß bei Brennschluß genau die geplante Geschwindigkeit erreicht haben. Ist ihre Geschwindigkeit zu groß, so weitet sich die Bahn des Satelliten, und er überschreitet die geplante Kreisbahnhöhe. Für seine Existenz bedeutet das keine Gefahr. Die Umlaufzeit wird größer und die Beobachtungen sind komplizierter, dafür verlängert sich aber die Lebenszeit des Satelliten. Gefährlich wird es aber für ihn, wenn die notwendige Endgeschwindigkeit nicht erreicht wird. Wiederum entsteht eine Ellipse, die aber innerhalb der idealen Kreisbahn liegt. Der Satellit nähert sich der Erde, und wenn der erdnahe Punkt der Bahn in merklich dichten Schichten der Lufthülle liegt, wird der Satellit spürbar abgebremst und hat nur eine kurze Lebensdauer, wenn er nicht gar sofort durch die Luftreibung verglüht.

Welcher Grad der Genauigkeit muß bei Satellitenaufstiegen erreicht werden? Wenn die Endgeschwindigkeit um 0,01% vom Sollwert abweicht, verändert sich die Bahnhöhe im entgegengesetzten Bahnpunkt um etwa 3 km, vorausgesetzt, daß kein Winkelfehler auftritt. Wird das Raketentriebwerk der letzten Stufe eine Sekunde zu früh oder zu spät abgeschaltet, so ergibt sich schon der hundertfache Fehler in der Geschwindigkeit! Daraus ersehen wir, wie wichtig abstellbare Triebwerke mit hoher Brennschlußgenauigkeit sind.

Soll die geplante Endgeschwindigkeit genau eingehalten werden, genügt es nicht, daß das Brennschlußkommando vom Triebwerk zuverlässig befolgt wird. Zunächst muß die Geschwindigkeit des Satelliten exakt ermittelt werden. Das kann durch Funkmeßverfahren geschehen, aber auch durch komplizierte Rechengeräte, die die Beschleunigung automatisch auswerten.

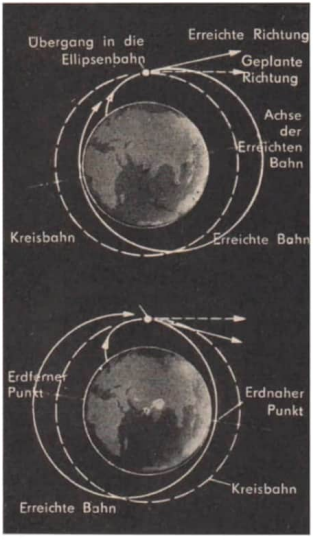
Während Geschwindigkeitsfehler nicht in jedem Falle die Lebenszeit der Satelliten

Geschwindigkeitsfehler
oben: Geschwindigkeit richtig
Mitte: Geschwindigkeit zu klein
unten: Geschwindigkeit zu groß

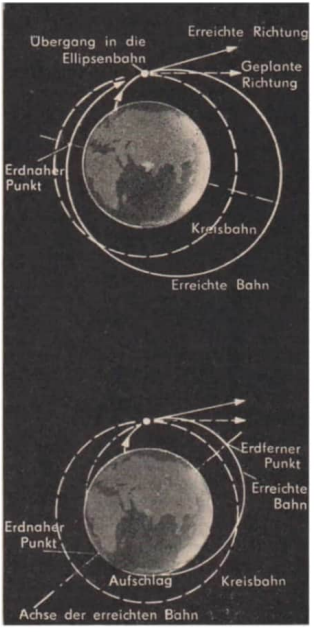
verringern, wirkt sich ein anderer Fehler stets ungünstig aus. Der Satellit muß bei Brennschluß der Rakete nicht nur die richtige Geschwindigkeit und Höhe besitzen, sondern sich in diesem Augenblick auch möglichst parallel zur Erdoberfläche bewegen. Schon geringe Abweichungen in der Richtung verändern die Bahnform und -lage beträchtlich. Sie verursachen Ellipsen, deren erdnaher Punkt immer tiefer liegt als der Brennschlußpunkt. Wird die Waagerechte nur um einen Winkelgrad verfehlt, so taucht der Satellit etwa 30–200 km tiefer als geplant in die Erdatmosphäre ein. Derartige Abweichungen verringern die Lebensdauer stets; sie können sogar bewirken, daß der Satellit steil zur Erde zurückfällt und vorzeitig verglüht.

Wie kann man erreichen, daß sich der Satellit bei Brennschluß parallel zur Erdoberfläche bewegt? Um die Richtung zu ermitteln, werden Kreiselgeräte benutzt, wie sie schon Ziolkowski in seinen ersten Entwürfen vorsah. Die Drehung in die waagerechte Richtung während des Aufstieges kann ebenfalls nach einer von Ziolkowski angegebenen Methode erfolgen, nämlich mit Hilfe der Programmlenkung und unter Verwendung von Strahlrudern. Ein wichtiger Teil der Einrichtung einer solchen Rakete ist eine durch Kreisel stabilisierte Plattform, die ihre Lage unveränderlich beibehält.

Wir müssen es uns versagen, auf Einzelheiten einzugehen. Funk-, Meß- und Regeltechnik sind so wichtig für die Raumfahrt, daß ohne sie eine praktische Astronautik nicht möglich wäre.



Richtungsfehler oben: Richtung zu steil
unten: Richtung zu flach



Richtungs- und Geschwindigkeitsfehler oben: Geschwindigkeit zu groß, Richtung zu steil
unten: Geschwindigkeit zu klein, Richtung zu steil

Unsere bisherigen Betrachtungen waren recht einseitig, weil wir uns im wesentlichen auf die Antriebsfragen der Rakete beschränkt haben. Den Flug zu den Sternen ermöglichen uns nicht nur die Forschungen von Ziolkowski, Goddard, Oberth und der anderen Pioniere der Astronautik, nicht nur die zahllosen Techniker und Arbeiter in den Raketenforschungsstätten und den Treibstoff-, den metallurgischen und aerodynamischen Laboratorien. Ohne daß sie es ahnten, schufen Gelehrte wie Maxwell, Hertz, Popow, Oersted, Faraday – um nur einige zu nennen – Grundpfeiler der Astronautik, indem sie die Gesetzmäßigkeiten erforschten und Verfahren entwickelten, die wir in jeder Steuerungsanlage von Raketen wiederfinden. Ohne zu wissen, daß sie mit ihrer Arbeit der Menschheit den Weg zu den Sternen erschließen, entwickelten Generationen fleißiger Menschen mit ungezählten Erfindungen und Verbesserungen die moderne Technik und Wissenschaft zu ihrer jetzigen Höhe. Ohne ihre Arbeit wäre die Astronautik auch heute noch eine Utopie, ein Auto ohne Räder,

Lenkrad und Motor. Und was nützten endlich alle die vielen Erfindungen, wenn nicht die Arbeiter in zuverlässiger und genauer Arbeit alle Stoffe, Einzelteile und Geräte massenhaft erzeugten? So ist die Raumfahrt unlösbar verkettet mit den Wissenschaften und der Technik, mit der gesamten gesellschaftlichen Produktion, und kann nur in diesem Zusammenhang begriffen werden.

Das Problem der Rückkehr

Bei den ersten Satelliten mußte man sich damit abfinden, daß sie nicht wieder zur Erde zurückgelangten, sondern schon vorher in den dichten Schichten der Lufthülle verglühten. Warum verzichteten die Raumfahrtforscher jahrelang auf den Versuch, die kostbaren Meßgeräte der Sputniks heil zu bergen? Warum benutzten sie nicht auch hier jene Methoden, die sich bei der Landung der Höhenraketen als wirksam erwiesen hatten?

Fällt eine Rakete aus einer Höhe von 100 km zur Erde zurück, so erreicht sie beim Eindringen in die dichten Luftschichten etwa die dreifache Schallgeschwindigkeit. Damit die Höhenrakete nicht restlos zerstört wird, muß ihre Fallgeschwindigkeit rechtzeitig vermindert werden. Diese Aufgabe lösten sowjetische Forscher schon vor Jahren. Sie versahen die Raketenköpfe mit aerodynamischen Bremsen, das sind Klappen, die automatisch nach den Seiten abgespreizt werden und so den Luftwiderstand vergrößern. Sie entwickelten Systeme von Brems- und Landefallschirmen unterschiedlicher Größe, die sich nacheinander selbständig öffnen.

Diese Landungsmethoden bewährten sich später auch bei Nutzlasten von mehr als anderthalb Tonnen und bei Steighöhen bis etwa 500 km. Sogar über ein Dutzend vierbeinige Astronauten gelangte heil zur Erde zurück. Trotzdem genügt dieses Verfahren nicht für die Rückkehr eines Satelliten aus einer Umlaufbahn. Die Ursache dafür ist die außerordentlich große Energie der Satelliten. Sie beträgt schon bei niedrig fliegenden Satelliten etwas mehr als die Hälfte jener Energie, die ausreicht, um von der Erde aus eine Raumsonde gleicher Masse aus dem Einflußbereich der Erdanziehung zu bringen.

Diese „Fluchtenergie" wollen wir als Vergleichswert benutzen. Die Abbildung auf Seite 176 gibt an, wieviel Prozent der Fluchtenergie Satelliten bzw. Höhenraketen gleicher Masse bei übereinstimmender Bahn- bzw. Steighöhe aufweisen. Während zum Beispiel die Energie einer Höhenrakete bei einer Steighöhe von 710 km nur 10% der Fluchtenergie beträgt, besitzt ein Satellit in einer Umlaufbahn in 710 km Höhe etwa 55% der Fluchtenergie, also die 5,5fache Energie der Höhenrakete. Noch größer ist der Unterschied zwischen der Energie einer Höhenrakete von 250 km Steighöhe und der eines Satelliten in der gleichen Höhe. Die Höhenrakete besitzt lediglich 3,8%, der Satellit hingegen 51,9% der Fluchtenergie. Demnach besitzt ein Satellit in 250 km Höhe einer Energie, die 13,7mal so groß ist wie die Energie einer Höhenrakete gleicher Steighöhe und Masse.

Diese Zahlen werden nicht ohne Absicht genannt, denn sie entsprechen ungefähr den Werten, die bei den Raumflügen Gagarins und Titows bzw. bei den Höhen-

flügen Shepards und Grissoms auftraten. Dabei ist überdies noch nicht berücksichtigt, daß die Raumschiffe Wostok 1 und 2 nahezu die fünffache Masse der amerikanischen Höhenkapseln besaßen.

Wie kommt es zu den beträchtlichen Unterschieden zwischen Höhenraketen und Satelliten? Ein Satellit muß nicht nur – wie eine Höhenrakete – bis in die Höhe seiner Bahn transportiert werden, er muß außerdem noch die Kreisbahngeschwindigkeit in dieser Höhe erhalten. Deshalb müssen Satellitenraketen wesentlich größere Geschwindigkeiten entwickeln als Höhenraketen. Infolge seiner größeren Geschwindigkeit besitzt der Satellit auch eine viel größere Energie als die Höhenrakete.

Die Energie eines Satelliten in seiner Umlaufbahn setzt sich zusammen aus der Energie der Bewegung (auf Grund seiner Geschwindigkeit) und der Energie der Lage (infolge seiner Höhe über dem Erdboden). Nähert sich der Satellit der Erde, so nimmt seine Geschwindigkeit zu, und seine Energie der Lage verwandelt sich nach und nach in Bewegungsenergie. Mit ungefähr vierundzwanzigfacher Schallgeschwindigkeit dringt er in die dichten Luftschichten ein. Wegen der großen Geschwindigkeit des Satelliten können die Luftteilchen nicht schnell genug nach den Seiten ausweichen, sondern werden von ihm stark zusammengedrückt und auf hohe Temperaturen erhitzt. Die Bewegungsenergie des Satelliten verwandelt sich also während der Abbremsung in andere Energieformen, hauptsächlich in Wärmeenergie.

Der Wärmestau an der Spitze eines Rückkehrkörpers wächst mit dessen Geschwindigkeit. Schon die Meßköpfe der sowjetischen Höhenraketen zeigten nach der Landung an der Außenhaut deutlich die Wirkung der Aufheizung. Bei einem Satelliten reicht die entstehende Wärmeenergie völlig aus, um ihn samt Inhalt restlos zu vernichten.

Gewaltig sind die Energiemengen, die in einem Sputnik stecken, wenn er mit kosmischer Geschwindigkeit dahinrast. 150 D-Züge in voller Fahrt besitzen etwa die gleiche Bewegungsenergie wie Sputnik 3 in seiner Umlaufbahn. Wir wollen den normalen Lebenslauf eines Sputniks einmal etwas näher betrachten. Bis kurz vor seinem Ende bewegt er sich in Höhen, in denen die Luftdichte geringer als ein Viermilliardstel der Luftdichte an der Erdoberfläche ist. Im Perigäum, dem erdnahen Punkt der Flugbahn, wirkt sich der Luftwiderstand natürlich am stärksten aus. Der Sputnik wird in diesem Teil seiner Bahn merklich abgebremst. Bei jedem Durchgang durch das Perigäum nimmt seine Geschwindigkeit etwas ab, und er vermag nicht wieder bis in die Höhe des ursprünglichen erdfernen Punktes (Apogäum) aufzusteigen, sondern beschreibt eine Ellipse, die nicht ganz so langgezogen ist wie die vorhergehende. Gleichzeitig verkürzt sich die Bahnlänge, und die Umlaufzeit nimmt ab.

Zunächst ist die Kraft, die diese Bahnänderung bewirkt, recht gering. Die Widerstandskraft der Luft beträgt selbst im Bereich des Perigäums weniger als 0,002 kp je Quadratmeter Querschnittsfläche des Sputniks. Von großem Einfluß sind Form und Gewicht des Satelliten. Deshalb trennt man häufig die leere Hülle der letzten Raketenstufe vom eigentlichen Satelliten ab. Dadurch wird die Bremsung vermindert und die Lebensdauer vergrößert.

Allmählich nähert sich die Bahnform der eines Kreises, und nun wirkt der Luftwiderstand nicht mehr nur hauptsächlich im Bereich des Perigäums, sondern nahezu ebenso stark auf der gesamten Bahn. Schließlich haben sich die Unterschiede zwi-

schen Peri- und Apogäum ausgeglichen, und auf einer Spiralbahn, die sich rasch verengt, dringt der Satellit in immer dichtere Luftschichten ein. Luftstauung und Reibung erhitzen ihn. Er beginnt zu glühen und verdampft zuletzt in einer Höhe von 60 bis 100 km. Nur einige besonders hitzefeste Teile können gelegentlich etwas länger existieren.

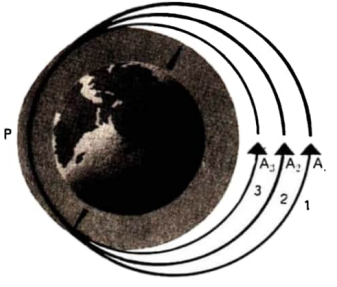
Die Pioniere der Raumfahrt überlegten schon vor Jahrzehnten, wie man die harte Nuß knacken könne, einen kosmischen Flugkörper unverbrannt zur Erde zurückzubringen.

Grundsätzlich läßt sich der rasende Flug durch die gleiche Kraft abbremsen, mit der die hohen Geschwindigkeiten erzeugt wurden. Raketen können ein Fahrzeug nicht nur beschleunigen, sondern auch bremsen. Leider hat diese Lösung einen Haken. Die Raketenbremsung erfordert ähnliche Mengen von Treibstoffen, wie sie schon beim Aufstieg des Fahrzeuges aufgewendet werden mußten. Jedes für die Landung bestimmte Kilogramm Treibstoff muß zunächst in den Weltraum transportiert werden. Dazu braucht man mehr als das Hundertfache an Treibstoff. Ein Beispiel: Eine Raumrakete startet mit einem Massenverhältnis $z = 200$ zum Flug in den Raum. Die reine Raketenlandung auf der Erde erfordert ebenfalls ein Massenverhältnis $z = 200$. Das ergibt für den gesamten Apparat ein Massenverhältnis von $200^2 = 40\,000$ und damit ein Abfluggewicht, das selbst Romanschriftstellern den Atem verschlagen könnte. Auch bei Benutzung einer vielstufigen Rakete mit hochwertigen chemischen Treibstoffen wäre der Aufwand für eine reine Raketenlandung immer noch zu groß.

Deshalb besteht das Kernproblem bei der Landung eines Satelliten darin, ihm beim Eintritt in die dichten Luftschichten mit Hilfe der Luft selbst abzubremsen und die dabei entstehende Wärmeenergie so abzuleiten, daß sie dem Inhalt des Satelliten möglichst wenig schaden kann.

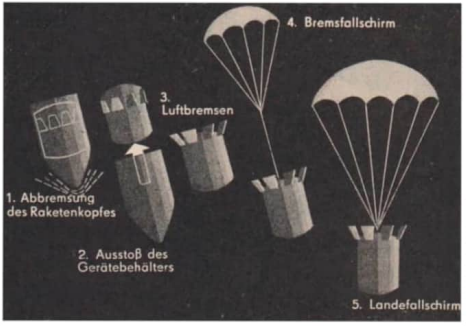
Der Satellit dringt mit etwa vierundzwanzigfacher Schallgeschwindigkeit in die dichten Atmosphäreschichten ein. Die Bewegungsenergie, die dabei in einer Tonne Fahrzeugmasse enthalten ist, entspricht

der Bewegungsenergie von 375 schweren Schnellzuglokomotiven von je 220 Tonnen bei einer Fahrtgeschwindigkeit von 100 km/h,



Im Bereich des Perigäums (P) wird der Satellit am stärksten abgebremst. Dadurch verringert sich allmählich die Höhe des Apogäums (A_1; A_2; A_3).

Schema der Landung eines Gerätebehälters

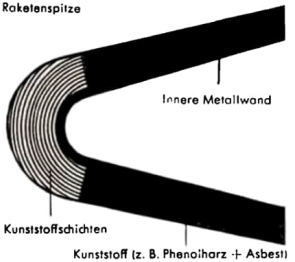


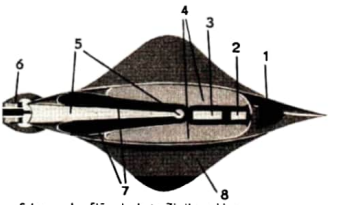
der Energie, die bei der Explosion von 8 Tonnen Trinitrotoluol-Sprengstoff frei wird,
der Wärmemenge, die das Wasser eines 8 Meter langen, 6 Meter breiten und 2 Meter tiefen Schwimmbeckens von 20 °C bis zum Sieden erhitzt,
der Wärmemenge, die 25 Tonnen Stahl (von 0 °C) zum Schmelzen bringt.

Welche Methoden kann man anwenden, um das Innere des landenden Satelliten vor der enormen Hitze zu bewahren?

Der Wärmeübergang wird verringert, wenn man dem rückkehrenden Körper eine stumpfe Form gibt. Dadurch können etwa 95% der entstehenden Wärme von der Luft fortgeführt werden, und nur die restlichen 5% gelangen in den Körper. Dieser Teil der Wärme reicht jedoch noch aus, um den Inhalt des rückkehrenden Körpers zu vernichten. Deshalb muß man ihn mit einem Wärmeschutzschild ausrüsten. Die Schutzschicht besteht aus einem Material, das die Wärme schlecht leitet, einen hohen Schmelzpunkt und eine gute Aufnahmefähigkeit für Wärme besitzt und auch bei hohen Temperaturen noch genügend fest und zäh ist. Als Material für die Schutzschicht wurden feuerfestes Glas, Quarz und Graphit vorgeschlagen, ferner keramische Stoffe mit geringer Sprödigkeit. Die Bewegung des rückkehrenden Körpers muß so stabilisiert sein, daß er mit dem Schutzschild voran in die bremsenden Luftschichten eintaucht. Bei der Abbremsung wird das Schutzschild schichtweise schmelzen, verdampfen oder sich zersetzen. Deshalb nennt man dieses Verfahren Schmelz- oder Zersetzungskühlung.

Über die technische Ausführung des Schutzschildes ist noch recht wenig bekannt. Die Amerikaner benutzten für die Landung des Gerätekopfes ihrer Jupiterrakete, mit der sie zwei Äffchen bis in eine Höhe von 480 km transportierten, eine Raketen-„spitze" mit einem bis zu 10 cm dicken Überzug aus einem Kunststoff, Phenolharz mit Asbest. Vorn ist der Überzug schichtförmig ausgebildet. Beim Eintauchen in die dichten Luftschichten brennen die einzelnen Kunststoffschichten nacheinander ab. Die geringe Wärmeleitfähigkeit der Kunststoffmasse verhindert, daß die Hitze zu





Schema der Flügelrakete Ziolkowskis:
1 — Kabine, 2 — Antriebsmotor für die Pumpen, 3 — Treibstoffpumpen, 4 — Behälter für Oxydationsmittel, 5 — Brennkammer und Düse, 6 — Strahlruder, 7 — Brennstoffbehälter, 8 — Flügel

schnell ins Innere des Behälters dringt. Dieses Schutzschild aus Kunststoff genügt zwar für die Landung einer Höhenraketenspitze, nicht aber für die Rückkehr eines Satelliten aus der gleichen Höhe, denn bei ihm muß etwa die 7,6fache Energie unschädlich gemacht werden.

Außer dem Wärmeschutzschild und der Schmelzkühlung können auch jene Verfahren eingesetzt werden, die sich bereits zum Schutz der Brennkammerwände gut bewährten. Der Raumschiffentwurf Ziolkowskis aus dem Jahre 1915 (s. Abb. Seite 49 unten) zeigt uns dafür ein Ausführungsbeispiel. Natürlich wird man versuchen, mit einer möglichst geringen Menge zusätzlicher Kühlmittel auszukommen.

Bei der planmäßigen Rückkehr eines Raumfahrzeuges aus seiner Satellitenbahn zur Erde spielen Bremsraketen eine wesentliche Rolle.

In diesem Falle dienen sie jedoch nicht dazu, das Fahrzeug bis auf die Geschwindigkeit Null abzubremsen, sondern bewirken lediglich eine bestimmte Bahnänderung, mit der das Rückkehrmanöver eingeleitet wird.

Betrachten wir zum Beispiel ein Raumfahrzeug, das sich auf einer kreisähnlichen Umlaufbahn in 320 km Höhe um die Erde bewegt! Seine Kreisbahngeschwindigkeit beträgt 7714 m/s. Verringern wir diese Geschwindigkeit in wenigen Sekunden um 82m/s, so ändert sich die Bahn des Raumfahrzeuges und wird zu einer Ellipse, deren erdferner Punkt in 320 km Höhe und deren erdnaher Punkt (theoretisch) in 45 km Höhe liegt. Die geringfügige Geschwindigkeitsvermindung reicht also völlig aus, um das Raumfahrzeug schon nach weniger als einem halben Umlauf in die dichteren Luftschichten zu führen. Nunmehr erhitzen Luftstau und Luftreibung den Körper so stark, daß er verglüht, sofern er nicht mit einem Wärmeschutzschild oder einem anderen Schutz ausgerüstet ist.

Weil in 320 km Höhe Bremsschirme nicht genügend wirksam sind, muß die Bahnänderung durch Raketenkraft veranlaßt werden. Je Tonne Raumfahrzeug braucht man dazu etwa 30 kg Treibstoff.

Der hier skizzierte Bremsvorgang leitet lediglich die Bahnänderung des Satellitenfahrzeuges ein. Wir dürfen ihn nicht mit der „reinen Raketenlandung" verwechseln. Durch den geringfügigen Bremsimpuls wird die mechanische Energie des Raum-

fahrzeuges nur unwesentlich vermindert. Beim Durchlaufen der Annäherungsellipse nimmt die Geschwindigkeit des Fahrzeuges wieder zu, denn es „fällt" ja zur Erde, wenn auch in einem weiten Bogen. Läßt man den Luftwiderstand außer acht, so errechnet sich für das als Beispiel genannte Raumfahrzeug ein Geschwindigkeitszuwachs von etwa 330 m/s. – Welch ein scheinbarer Widerspruch: Als Folge der Abbremsung um 82 m/s wächst die Geschwindigkeit um 330 m/s! Dieses Beispiel zeigt, wie kompliziert schon die elementaren Grundlagen der Astronautik sind.

Bevor ein Raumfahrzeug aus seiner Satellitenbahn in die Annäherungsbahn übergehen kann, muß die Satellitenbahn exakt vermessen werden. Mit Hilfe elektronischer Rechenmaschinen wird die Annäherungsbahn berechnet und festgelegt, in welchem Punkt der Umlaufbahn die Bremsraketen gezündet werden müssen, damit der Rückkehrkörper im vorgesehenen Zielgebiet niedergehen kann. Voraussetzung für diese Berechnungen ist eine gründliche Kenntnis des Aufbaus der Erdatmosphäre, insbesondere der Luftdichte in den verschiedenen Höhen in ihrer Abhängigkeit von der geographischen Breite, der Jahres- und Tageszeit und der Sonnentätigkeit. Dazu lieferten Bahnbeobachtungen der Sputniks ein reichhaltiges Material.

Eine besondere Schwierigkeit beim Übergang aus der Umlaufbahn in die Annäherungsbahn besteht darin, daß die Bremsraketen dabei eine ganz bestimmte Lage einnehmen müssen, damit der Satellit nicht auf eine falsche Bahn kommt. Die beabsichtigte Geschwindigkeitsverminderung wird nur erzielt, wenn die Düsen der Bremsraketen genau in Flugrichtung zeigen. Das setzt voraus, daß jegliche Drehbewegung des Raumfahrzeuges unterbunden, die Richtung der Bahnbewegung exakt ermittelt und die Bremsrakete in Flugrichtung eingestellt und festgehalten wird. Innerhalb der dichten Luftschichten ist das zum Beispiel durch Luftflossen nicht allzu schwer zu erreichen. Im Weltraum jedoch braucht man eine kreiselstabilisierte Plattform, komplizierte Rechenautomaten und Steuerorgane sowie mehrere kleine Zusatzraketen, die mit Preßluft arbeiten könnten und mit deren Hilfe die Drehbewegung abgebremst und die Bremsrakete in die richtige Lage gebracht wird. Die Konstruktion dieses Stabilisierungs- und Richtsystems wirft eine Fülle von Problemen auf, die wir hier nicht weiter erörtern können. Über alle diese Fragen braucht man sich bei der Rückkehr einer Höhenrakete nicht den Kopf zu zerbrechen, weil diese von selbst wieder zur Erde zurückfällt. Auch diese Überlegung läßt uns den großen Unterschied zwischen den Raumflügen Gagarins und Titows und den Höhenflügen der Amerikaner Shepard und Grissom erkennen. Die sowjetischen Forscher schufen Trägerraketen, die den Raumschiffen vom Typ Wostok 1 und 2 eine Bewegungsenergie vermittelten, die ungefähr fünfundsechzigmal so groß ist wie die der amerikanischen Höhenkapseln. Sie entwickelten Schutzmaßnahmen, die diese fünfundsechzigfache Energie – ausreichend, um 120 Tonnen Stahl zu schmelzen – mit Sicherheit wieder unschädlich machen, und sie meisterten auch die Probleme, die beim Übergang aus einer Umlaufbahn in eine Annäherungsbahn auftreten. Sie bauten eine automatische Orientierungsvorrichtung und ergänzten diese durch eine Handsteuerung, die den Piloten in die Lage versetzt, das Raumschiff „nach Sicht" wieder in die richtige Lage zu drehen. Außerdem verfeinerten sie die Landungsmethode so, daß ihre Raumschiffe mit großer Genauigkeit in einem vorgesehenen Gebiet landen können.

Zweifellos wird es den sowjetischen Wissenschaftlern auch gelingen, Raumfahrzeuge

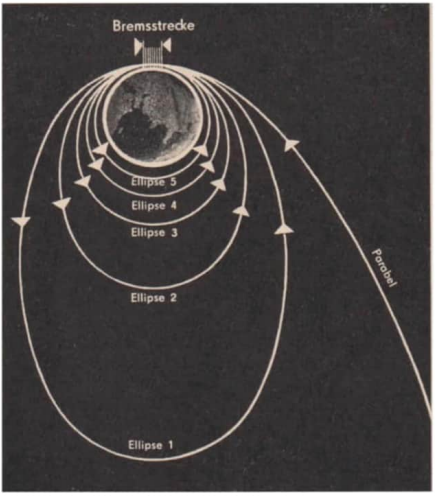
mit noch größerer Energie heil zur Erde zurückzubringen. Ein Raumschiff, das bis in die Nähe des Mondes vordringt, besitzt bei seiner Rückkehr zur Erde nahezu 100% der Fluchtenergie. Vor der Landung muß in diesem Fall eine Energie abgeleitet werden, die je Tonne Nutzlast fast doppelt so groß ist wie die Energie der Raumschiffe vom Typ Wostok 1 und 2. Noch größer wird die Energie der Raumschiffe sein, die von interplanetaren Flügen zurückkehren. Gibt es einen Weg, auch diese Schwierigkeiten zu meistern und die Atmosphäre für den Bremsvorgang auszunutzen?

1925 veröffentlichte der Essener Stadtbauingenieur Dr.-Ing. Walter Hohmann seine theoretischen Untersuchungen über das Raumfahrtproblem unter dem Titel „Die Erreichbarkeit der Himmelskörper." Das umfangreichste Kapitel der gründlichen Studie beschäftigt sich mit der Rückkehr aus dem Weltraum zur Erde. Dort finden wir den Gedanken, ein Raumschiff so zu lenken, daß es nicht senkrecht in die Lufthülle eintaucht, sondern in Richtung der Tangente und auf einer Parabelbahn, deren erdnächster Punkt 75 km über der Erdoberfläche liegen soll. Das Raumschiff, das mit der zweiten astronautischen Geschwindigkeit in die dünnen Schichten der Atmosphäre eintritt, soll auf dem erdnahen Teil der Parabel etwas abgebremst werden. Hohmann berechnete, daß sich auf einer 1610 km langen Bremsstrecke die Geschwindigkeit auf 10,4 km/s vermindern wird. Dadurch kann sich das Raumschiff nicht wieder aus dem Einflußbereich der Erdschwerkraft lösen, sondern durchläuft in elf Stunden eine langgezogene Ellipse und kehrt dann wieder zur Erde zurück. Abermals dringt es bis auf 75 km in die Erdatmosphäre ein, vermindert erneut seine Geschwindigkeit etwas und bewegt sich anschließend auf einer nun kleineren Ellipsenbahn in den Raum hinaus. Fünfmal soll sich nach Hohmann das Spiel wiederholen.

Nach 22 Stunden hat sich die Geschwindigkeit von 11,2 km/s auf rund 8 km/s verringert. Damit ist die erste Phase des Landungsmanövers abgeschlossen. Nun beginnt der Gleitflug auf einer immer enger werdenden Spiralbahn. Die Bremswirkung der Luft soll dabei mit Tragflächen und Fallschirmen so reguliert werden, daß die Erhitzung des Fahrzeuges in erträglichen Grenzen gehalten wird und die aufgenommene Wärme wieder abgestrahlt werden kann. Zu diesem Zweck will Hohmann das Fahrzeug „möglichst mit Kühlrippen aus Metall" versehen. Für den Gleitflug errechnet er eine Dauer von 37 Minuten, und nach Durchlaufen eines Bremsweges von 3646 km endet das gesamte Manöver mit einer normalen Landung.

Zweifellos bedürfen alle Zahlenwerte – besonders nach den neuesten Erkenntnissen über den Aufbau und die Dichte der Atmosphäre – einer Korrektur. Trotzdem gehört das „Hohmannsche Landungsmanöver" zu den klassischen Grundlagen der Astronautik.

Die genannten Rückkehrmethoden sind nicht die einzigen denkbaren Lösungen. Eine Variante könnte z. B. darin bestehen, die Abbremsung auf eine lange Zeit auszudehnen und dabei die Flughöhe so zu wählen, daß die Wärmebeanspruchung stets unterhalb der zulässigen Grenze bleibt. F. A. Zander schlug 1924 geflügelte Raketen als Landungsmittel vor, und Ziolkowski vertrat die Ansicht, solche Fahrzeuge müßten Tragflächen mit geringer Spannweite und scharfer Vorderkante besitzen. Wie sehr er damit ins Schwarze traf, zeigen uns die modernen Schnellstflugzeuge. Ihre Flügelkante ist so scharf, daß man sich daran verletzen kann. Wie



Bremsellipsen einer rückkehrenden Raumrakete (nach W. Hohmann)

Ziolkowski sich den Aufbau einer Rakete vorstellte, zeigt die Abbildung auf Seite 188.

Mit Raketenflugzeugen studieren die Forscher das Problem der Aufheizung und das Flugverhalten von schnellen Gleitflugzeugen in großen Höhen. In letzter Zeit wurden Projekte bekannt, mit denen Höhen von 250 km und Geschwindigkeiten von 6000 bis 8000 km/h erreicht werden sollen. Bis auf 600 °C und mehr wird die Temperatur an der Außenfläche solcher Fluggeräte ansteigen, wenn sie wieder in die dichteren Schichten der Erdatmosphäre eintauchen. An einigen Stellen werden es sogar 1000 °C sein! Während des Gleitfluges sollen die Pilotenkabine und die elektronische Ausrüstung durch eine besondere Kühlanlage vor der mörderischen Hitze geschützt werden.

Gelingt es, die Geschwindigkeit der Raketenflugzeuge über die geplanten Werte zu steigern, so besteht die Aussicht, mit verbesserten Geräten unter Ausnutzung des Stufenprinzips schließlich in Satellitenbahnen zu gelangen und sodann im Gleitflug wieder zur Erde zurückzukehren. In den USA werden diese Forschungen übrigens mit dem Ziel betrieben, „bemannte Raumraketenbomber" zu schaffen... Neben der Gleitlandung könnten in Zukunft auch noch andere Methoden Bedeutung erlangen. Ein originelles Projekt sieht vor, das Raumfahrzeug in den ionisierten Schichten der Lufthülle mit Hilfe eines starken Magnetfeldes abzubremsen. Wenn bessere als die gegenwärtigen chemischen Triebwerke zur Verfügung stehen, wird

man vielleicht auch die „reine Raketenlandung" verwenden, die heute noch ein Luxus ist, den man sich in der näheren Zukunft wahrscheinlich nur bei der Landung auf atmosphärelosen Himmelskörpern leisten kann.
In diesem Kapitel erwähnten wir bereits Forschungsunternehmen, die erst 1961 stattfanden. Bevor wir die Probleme des bemannten Raumfluges näher erörtern, wollen wir auf die Versuche mit automatischen Meßgerätesätzen eingehen, die schon vor dem ersten Raumflug des Menschen bis zum Mond und in die Nähe unserer Nachbarplaneten vordrangen.

Erforschung des interplanetaren Raumes

Nach den Plänen der Raumfahrtpioniere sollte der interplanetare Raum, der Raum zwischen den Planeten unseres Sonnensystems, nahezu ausschließlich mit bemannten Raumraketen erforscht werden. Im Gegensatz dazu werden in der Praxis zunächst unbemannte, automatisch arbeitende Meßgerätesätze verwendet. Wie kommt das?
Der Mensch, das am höchsten entwickelte Lebewesen unserer Erde, ist auf eine ganz bestimmte Umwelt angewiesen. Für ihn erträgliche Umweltbedingungen bestehen nach unserem jetzigen Wissen nur in einer drei bis fünf Kilometer hohen Schicht in bestimmten Zonen der Oberfläche des Planeten Erde, sonst an keiner Stelle unseres Sonnensystems, weder auf einem anderen Planeten oder einem Mond noch im interplanetaren Raum.
Will der Mensch den Bereich, in dem er seit Millionen Jahren sich entwickelte und lebt, verlassen, so kann er das nur, wenn es ihm gelingt, die besonderen Merkmale seiner Umwelt, soweit sie lebensnotwendig sind, auf seiner Reise beizubehalten und sich überall **die** Umwelt zu schaffen, die er braucht. Diese schwierige Aufgabe wird der Mensch lösen können, weil er die Gesetzmäßigkeiten der Materie ausreichend kennt und immer tiefer in sie eindringt. Tiefseeforschungen, Polarexpeditionen und Stratosphärenflüge haben bewiesen, daß der Mensch kraft seines Verstandes und seiner Arbeit als einziges Lebewesen die durch seine bisherige Entwicklung gesetzten Grenzen überschreiten kann.
Die Umweltbedingungen können jedoch nur mit einem erheblichen Aufwand aufrechterhalten werden. Das Gewicht der Ausrüstung spielte bereits bei irdischen Unternehmungen eine gewisse Rolle. Bei Fahrten in den interplanetaren Raum, ja schon bei Vorstößen bis in die oberen Schichten der Erdatmosphäre wird es zu einem entscheidenden Faktor.
Reisen von Menschen in diese Bereiche setzen eine entsprechende Leistungsfähigkeit des Transportmittels, der Rakete, voraus. Hinzu kommt das Problem der Rückkehr. Außerdem müssen schon vor der Reise alle uns noch unbekannten Weltraumeinflüsse ausreichend erforscht sein. Wenn auch nur eine der vielen besonderen Bedingungen nicht erkannt und genügend berücksichtigt wird, kann die Fahrt mit einer Katastrophe enden.
Unbemannte automatische Laboratorien erschlossen bereits die oberen Schichten

der Lufthülle und den Bereich des Weltraumes in der Nähe der Erde und bahnten den bemannten sowjetischen Raumschiffen den Weg. Die Versuche, Raketen mit Meßgerätesätzen bis zu unseren Nachbarplaneten zu entsenden, dienen der Vorbereitung interplanetarer Expeditionen. Juri Sergejewitsch Chlebzewitsch, Kandidat der technischen Wissenschaften, denkt an automatische, in Raupenfahrzeugen eingebaute Laboratorien, die auf dem Mond und den Nachbarplaneten landen und die Bedingungen an ihrer Oberfläche erforschen sollen. Dadurch könnten nicht nur Menschenopfer vermieden, sondern auch erhebliche finanzielle Mittel erspart werden. Wahrscheinlich werden derartige automatische Forschungsgeräte stets zu den Hilfsmitteln auch einer fortgeschrittenen Astronautik gehören.

Die ersten Pioniere der Raumfahrt konnten diesen Forschungszweig nicht in ihre Pläne einbeziehen, weil damals noch nicht die Voraussetzungen dazu bestanden. Erst in der jüngsten Zeit wurden die Meßtechnik, insbesondere die elektronische Meßtechnik, die Regelungs- und Steuertechnik sowie die Übertragungstechnik so weit entwickelt, daß die schwierigen und komplizierten Forschungen durch automatische Geräte erfolgen können. Wir stehen auch auf diesen Gebieten der Technik mitten in einer revolutionierenden Entwicklungsphase. Die Ergebnisse kommen der Produktion und ebenso der Astronautik zugute.

Die Forderungen der Produktion an die neuen Hilfsmittel werden zum Teil noch von denen der Astronautik übertroffen. Geringes Gewicht, geringer Platzbedarf, ausreichende Genauigkeit, unbedingte Zuverlässigkeit und angemessene Lebensdauer trotz außerordentlicher Beanspruchungen während der Antriebsperiode durch Beschleunigungskräfte und Schwingungen, während des Raumfluges unter den Bedingungen des Weltraumes – Probleme über Probleme!

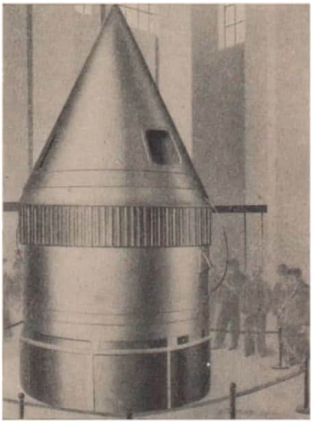
Bei der Kompliziertheit des Problemkreises lassen sich Erfolge nicht mit Gewalt erzwingen. Raumfahrtforschung ist kein Fußballspiel, bei dem man die Tore zählen kann. Als im Frühjahr 1958 der Satellit Vanguard 1 in seine Bahn gelangt war, jene „Weltraumpampelmuse" von anderthalb Kilogramm, da rühmten westliche Publizisten, es stünde nun 2:2. Doch bald wurde ihren Lesern klar, daß mit Fußballspielresultaten das wirkliche Verhältnis nicht verschleiert werden kann. Keine USA-Rakete war in der Lage, einen Satelliten von der Größe der sowjetischen in eine Umlaufbahn zu bringen.

Die verantwortlichen Amerikaner merkten, daß sie nach ihren vorangegangenen Prahlereien nur mit einer Leistung höherer Qualität vor dem Urteil der Welt würden bestehen können, zum Beispiel mit einer Mondrakete. Um jeden Preis sollte deshalb ein Erfolg erreicht werden.

Es begann mit einer umfassenden Propagandawelle. Anfang August 1958 bereiteten westliche Zeitungen ihre Leser auf den großen Erfolg vor. Von einer „einzigartigen Kombination von drei Raketenstufen" sprach der Nachrichtenlieferant DPA, und die Hamburger „Welt" betonte, „daß die Russen zwar die besseren Treibstoffe für Raketen besitzen, daß aber die Amerikaner über die feineren und leichter ansprechenden Lenkungsmechanismen verfügen".

Am 17. August startete die Mondrakete. Als erste Stufe diente die USA-Mittelstreckenrakete Thor, auf die man die beiden oberen Stufen der Vanguard montiert hatte. 77 Sekunden nach dem Start explodierte die Mondrakete und fiel ins Wasser, genauer gesagt in den Ozean. Taucher bargen aus 20 Meter Tiefe die Reste der

„einzigartigen Kombination". Eine Treibstoffleitung der ersten Stufe war geplatzt.
Der zweite Versuch mit der gleichen Raketenkombination am 11. Oktober ließ sich vielversprechend an. Der „Pioneer" explodierte nicht. Neunzig Minuten nach dem Start wurde offiziell (!) bekanntgegeben, die Rakete habe das Schwerefeld der Erde verlassen. Wir brauchen unseren Lesern nicht mehr zu erklären, warum diese amtliche Verlautbarung völlig unzutreffend war. Schließlich befindet sich der Mond selbst noch im Anziehungsbereich der Erde, und die Mondrakete hatte zu dieser Zeit weniger als ein Sechstel des Weges bis dorthin zurückgelegt.
Drei Tage später gestanden das USA-Kriegsministerium und die US-Air Force, die Trägerin des Versuches, ihren „historischen Fehler" ein. Inzwischen war der „Pioneer" bereits in der Lufthülle der Erde verglüht, nachdem er eine Höhe von 117 000 km erreicht, also etwa ein Drittel des Weges zum Mond bewältigt hatte. Die Brennschlußgeschwindigkeit war um 255 m/s zu gering. Im Höchstfall hätte der Fehler 50 m/s betragen dürfen, unter der Voraussetzung, daß kein Richtungsfehler aufgetreten wäre.
Der Richtungsfehler war bei einer Ungenauigkeit von 3,5 Winkelgraden rund zehnmal so groß wie die (bei genauer Einhaltung der Geschwindigkeit) zulässige Abweichung.
Solche doppelten Fehler bei Brennschluß kann man sich aber bei Mondraketen nicht leisten, denn nach den Untersuchungen sowjetischer Wissenschaftler wachsen bei Fahrzeugen, die den Bereich des Mondes erforschen sollen, die Abweichungen der Bahn vom Ziel mit dem Quadrat des Anfangsfehlers. Wird also der Anfangsfehler verdoppelt, so vervierfacht sich die Abweichung vom Ziel usw.
Die nächste amerikanische Mondrakete startete am 8. November 1958. Diesmal zündete die dritte Stufe des „Pioneer 2" nicht, und das Gerät beendete über dem östlichen Teil Zentralafrikas seine Laufbahn.
Vier Wochen später, am 6. Dezember, hob sich „Pioneer 3" von der Startrampe. Was der Air Force dreimal mißlungen war, sollte nun die Army mit ihrer Mittelstreckenrakete Jupiter versuchen. Ähnlich der Trägerrakete des Explorer-Satelliten waren die zweite und dritte Stufe aus Bündeln von Feststoffraketen zusammengesetzt, und als vierte Stufe diente eine einzelne Sergeant-Rakete. Wiederum wurde die geplante Geschwindigkeit nicht erreicht, und „Pioneer 3" stieg bis in eine Höhe von 107 000 km, fiel dann zur Erde zurück und verglühte in 90 km Höhe über Afrika.
Abermals vier Wochen später startete wiederum eine Rakete in Richtung Mond. Sie unterschied sich in verschiedener Hinsicht von den „Pioneer"-Raketen. Ihr Aufstieg wurde nicht durch großsprecherische Ankündigungen vorbereitet. Sie trug nicht eine Nutzlast von 11,3 kp Instrumenten wie Pioneer 1, auch nicht einen 5,9 kp schweren Meßgerätesatz wie die Jupiter-Rakete des „rocket genius" Wernher von Braun, sondern wissenschaftliche Geräte im Gewicht von 361,3 kp und einen symbolischen Wimpel mit der Aufschrift „Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken, Januar 1959". Die Erbauer des automatischen Laboratoriums und seiner Trägerrakete widmeten ihr Werk dem XXI. Parteitag der Kommunistischen Partei der Sowjetunion, der im gleichen Monat zusammentrat, um ein großartiges Programm des kommunistischen Aufbaus zu beraten und zu beschließen.



Die letzte Stufe der 1. kosmischen Rakete der Sowjetunion

Der Behälter mit den Meßgeräten

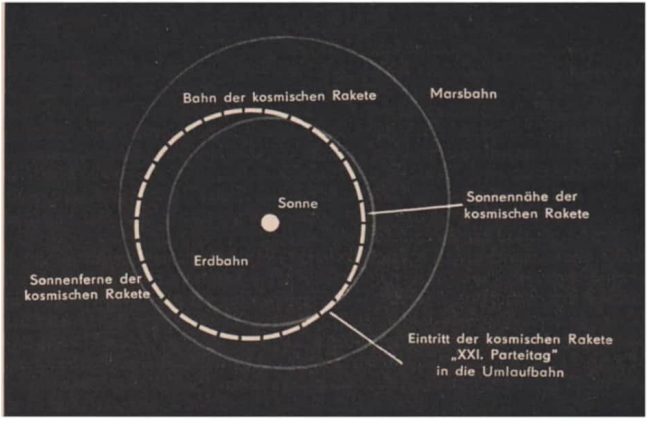
Die 1. kosmische Rakete der Sowjetunion startete am 2. Januar 1959. Ihre letzte Stufe erreichte mit einem Gewicht von 1472 kp (ohne Treibstoff) eine Geschwindigkeit, die etwas größer war als die zweite astronautische Geschwindigkeit. Eine automatische Anlage lenkte nach einem vorgegebenen Programm die Rakete in die geplante Flugbahn und sicherte die Einhaltung der vorgesehenen Geschwindigkeit und den stabilen Flug während des Aufstieges.

Die letzte Stufe enthielt zwei Sender zur Meßwertübertragung, einen Zähler für kosmische Strahlen, eine Funkanlage zur Vermessung der Flugbahn und eine Apparatur für die Bildung eines künstlichen Kometen aus Natriumdampf. Zu einem vorher angegebenen Zeitpunkt, am 3. Januar, 3.57 Uhr Moskauer Zeit, wurde ein Kilogramm Natrium verdampft und in den Raum ausgestoßen. Das Kommando für den Verdampfer löste eine Quarzuhr aus. Pünktlich und genau dort, wo die Natriumdämpfe aufleuchten sollten, wurde der künstliche Komet sichtbar und konnte für einige Minuten beobachtet werden. Neben der Funkvermessung war das eine weitere Möglichkeit zur Kontrolle der Flugbahn.

Außer diesen Einrichtungen enthielt die letzte Stufe einen kugelförmigen Behälter. Nach Brennschluß wurde er abgetrennt, um seine Temperatur leichter auf einem gleichmäßigen Wert von etwa 20 °C halten zu können. Außerdem wurden dadurch Störungen durch Eisenteile der letzten Stufe ausgeschaltet, die sonst die Arbeit des Gerätes für die Messung des Magnetfeldes hätten beeinflussen können. In dem Behälter befanden sich neben dem Magnetometer noch Meßgeräte zur Untersuchung der Stärke und der Zusammensetzung der kosmischen Strahlung, zur Erforschung der Meteorteilchen und des gasförmigen Anteils der interplanetaren Materie und

Lunik 1 war die erste Raumsonde, die in den Bereich jenseits des Mondes vordrang.
Ihre Flugbahn ist doppelt eingezeichnet. Die Bahn nach oben ergibt sich, wenn die Verbindungslinie Erde–Mond ihre Lage beibehält.
Die Bahn nach links entsteht, wenn die Bewegung des Mondes berücksichtigt wird, die Erde hingegen ruht. Der gestrichelte Kreisbogen stellt die Mondbahn dar.
Bei den Abbildungen auf S. 199–201 wird die gleiche Art der Darstellung benutzt.

Planetenbahn der kosmischen Rakete „Lunik 1"



der Korpuskularstrahlung der Sonne sowie zur Messung des Druckes und der Temperatur im Behälter, ferner Anlagen für die Übertragung der Meßwerte und zwei Sender.
In 34 Stunden legte die letzte Stufe der Rakete den Weg bis zum Mond zurück und näherte sich ihm dabei bis auf 5000–6000 km, das ist etwa das Anderthalbfache des Monddurchmessers. Unter dem Einfluß der Mondanziehung änderte sich ihre Bahn. Die kosmische Rakete flog mit einer Restgeschwindigkeit von etwa 2 km/s in bezug auf den Erdmittelpunkt in fast der gleichen Richtung weiter, wie sie die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne zu diesem Zeitpunkt besaß, und wurde zum ersten künstlichen Planeten unseres Sonnensystems.
Bekanntlich bewegt sich die Erde mit einer Geschwindigkeit von rund 30 km/s um die Sonne. Daraus errechnet sich eine Bahngeschwindigkeit von rund 32 km/s für den ersten künstlichen Planeten. In 450 Tagen durchläuft er seine Ellipsenbahn um die Sonne. Hochempfindliche Empfangsgeräte verfolgten ihn bis in eine Entfernung von 500 000 km von der Erde und empfingen die Signale. Mit der ersten kosmischen Rakete der Sowjetunion „Lunik 1" begann die Erschließung des interplanetaren Raumes.
Selbstverständlich fehlte es nicht an Versuchen, den sowjetischen Erfolg zu schmälern. Hermann Oberth meinte, „von den amerikanischen Raketen wäre das gleiche auch geleistet worden, wenn nicht zufällig in der komplizierten Maschinerie ein winziges Teilchen versagt hätte". Wirklich?
Am 3. März 1959 startete von Cape Canaveral die fünfte amerikanische Mondrakete. Ein Land, das seit Menschengedenken nicht unter einem Krieg im eigenen Lande zu leiden hatte, dessen Entwicklung ohne Störungen von außen ablief und das an Kriegen stets verdiente, unternahm mit Hilfe erbeuteter Wissenschaftler erneut einen Versuch, sein gesunkenes Prestige zu retten. Das war die Hauptaufgabe des „Pioneer 4", der vierstufigen Raumrakete der USA.
Zum erstenmal gelang es den USA, einen Körper auf die Fluchtgeschwindigkeit zu beschleunigen. In einem Abstand von 61 000 km flog die letzte der vier Stufen des „Pioneer 4" am Monde vorbei und wurde zum zweiten künstlichen Planeten des Sonnensystems. Vorgesehen war eine Bahn, die ihn bis auf 15–20 000 km dem Monde nähern sollte. Daraus ergibt sich eine erhebliche Richtungsabweichung.
Vergleichen wir „Pioneer 4" einmal mit der ersten sowjetischen Raumrakete!

	Gewicht der letzten Raketenstufe (ohne Treibstoff)	Nutzlast
Pioneer 4	10 kg	6 kg
Lunik 1	1472 kg	361,3 kg

„Das gleiche", behauptete Hermann Oberth.
Oder meinte er damit die wissenschaftlichen Leistungen? Von der Ausrüstung der sowjetischen Rakete sprachen wir bereits. „Pioneer 4" enthielt lediglich einen Sender, zwei Zählrohre zur Bestimmung der Stärke der kosmischen Strahlung sowie eine lichtelektrische Anlage von zweifelhaftem wissenschaftlichen Wert. Westliche Zeitungen phantasierten von einer „Fernsehkamera" und machten ihren Lesern weis, sie könne Fernsehbilder der Mondrückseite zur Erde senden. In Wirklichkeit bestand

die Anlage aus Fotozellen, die beim Passieren des Mondes ein Funksignal auslösen sollten.
„Pioneer 4" war ein beachtlicher Erfolg, doch nicht „das gleiche". „Wir können stolz sein, aber noch haben wir die Russen nicht erreicht." Diese Feststellung Wernher von Brauns nach dem Start des „Pioneer 4" kommt der Wirklichkeit wesentlich näher. Die Frage ist nur, ob sich der sowjetische Vorsprung, den v. Braun eingesteht, verkleinern oder vergrößern wird. Die kurze Zeitspanne von 1917 bis 1959, von der man noch die Zeit der Intervention, des zweiten Weltkrieges und die Jahre des Wiederaufbaus der zerstörten Gebiete abrechnen muß, genügte der Sowjetunion, um einen Rückstand von etwa 150 Jahren gegenüber den USA aufzuholen und damit die größte Leistung in der bisherigen Geschichte der Menschheit zu vollbringen.

„Mondraketen"

Die Sputniks fliegen auf Ellipsenbahnen um die Erde, und ein Raumschiff, das die Erde verläßt, bewegt sich auf einer Parabel- oder Hyperbelbahn. So etwa lasen wir es in einem der früheren Kapitel. Das stimmt aber nicht ganz, weil wir das Problem vereinfachten, indem wir nur die Anziehungskraft der Erde berücksichtigten. In Wirklichkeit sind die Zusammenhänge viel komplizierter, weil nicht nur die Schwerkraft der Erde auf das Fahrzeug wirkt, sondern auch die des Mondes, der Sonne und der anderen Planeten.
Schon wenn man die Einflüsse von Erde **und** Mond auf die Bewegung des Raumschiffes untersucht, stößt man auf das sogenannte Dreikörper-Problem – eine Nuß, die zu knacken schon viele der besten Mathematiker sich bemüht haben. Jeder Satellit bewegt sich entsprechend den Keplerschen Gesetzen um die Erde, doch wird seine Bewegung durch die Schwerkraft des Mondes gestört und die Ellipsenbahn verändert. In Mondnähe wird die Bahnstörung noch größer. Bewegt sich ein Raumschiff in unmittelbarer Nähe des Mondes, so herrscht dessen Einfluß vor, während diesmal die Erdanziehung die Flugbahn stört und verändert.
Einfache Überschlagsrechnungen genügen nicht mehr für konkrete Raumfahrtprojekte. Sie sind viel zu ungenau. Exakte Rechnungen, die alle Einflüsse berücksichtigen, sind sehr langwierig und erfordern einen erheblichen mathematischen Aufwand. Erst die modernen elektronischen Rechenmaschinen gestatten es, die Bahnberechnungen mit der notwendigen Genauigkeit in viel kürzerer Zeit durchzuführen, als es den besten Rechnern möglich wäre. Man kann ihre Bedeutung für die Astronautik deshalb gar nicht hoch genug einschätzen.
Die ersten Früchte des neuartigen Hilfsmittels liegen bereits vor. So untersuchte das Mathematische Institut der Akademie der Wissenschaften der UdSSR in den Jahren 1953–55 die Bahnen von Raumfahrzeugen im Bereich um Erde und Mond. Die systematischen Berechnungen umfassen alle möglichen Bahnen für eine Reise um den Mond, zum Mond oder am Mond vorbei. Ein vollständiger Katalog dieser Flugbahnen wurde zusammengestellt – eine Arbeit, die ohne elektronische Rechenmaschinen erst in Jahrzehnten hätte bewältigt werden können.

Der sowjetische Mathematiker W. A. Jegorow gab im September 1957 in der Zeitschrift „Fortschritte der physikalischen Wissenschaften" einen Überblick über die Ergebnisse bekannt. Zum ersten Male erhielten wir eine exakte Antwort auf eine Reihe brennender Fragen der Astronautiker.

Kann ein Körper, der von der Erde abfliegt, vom Monde eingefangen werden, so daß er ein Satellit des Mondes wird? Die Berechnungen zeigen, daß dieser Vorschlag nicht durchführbar ist, es sei denn, man benutzt im Bereich des Mondes die Raketentriebwerke zur Bahnänderung.

Kann man eine Raumrakete so auf eine Bahn bringen, daß sie in regelmäßigen Abständen abwechselnd um Erde **und** Mond herumfliegt? – Ein verlockender Vorschlag! Ein solcher Erde-Mond-Satellit könnte jedesmal, wenn er um den Mond herumfliegt, Messungen durchführen und die Meßergebnisse beim Rückflug zur Erde senden. Eine Speichervorrichtung würde die Angaben der Geräte sammeln und auf Abruf über die Sender des Satelliten zur Erde schicken, ähnlich wie es bei Sputnik 3 geschah. Auf diese Weise könnte man alle vier bis acht Tage Meßergebnisse zum Beispiel über ein Magnetfeld des Mondes erhalten. Leider ergaben die Berechnungen, daß die hierfür geeigneten Bahnen mindestens 100 000 km weit um die Erde herumführen. Außerdem sind sie außerordentlich unstabil. Schon ein Fehler von einem Millimeter je Sekunde in der Anfangsgeschwindigkeit führt den Satelliten nach drei Umläufen in eine Bahn, die nicht wieder zur Erde zurückkehrt.

Genügt es, mit einer Mindestgeschwindigkeit den sogenannten neutralen Punkt zu erreichen, an dem sich die Anziehungskraft von Erde und Mond die Waage halten? Diese Frage hat insofern Bedeutung, als die Mindestgeschwindigkeit um etwa 120 m/s geringer ist als die Fluchtgeschwindigkeit und deshalb etwas geringere Treibstoffmengen voraussetzt. Die Antwort: Nur, wenn der Mond still stünde. Wenn er sich bewegt, was er ja offensichtlich tut, müßte das Raumschiff erst Hunderte von Ellipsen um die Erde beschreiben, bis die Störungen des Mondes seine Bahn so verändert haben, daß es zum Mond gelangt.

Diese Ergebnisse zerstören einige Illussionen und Hoffnungen; doch das ist kein Schaden. Wie groß wäre die Enttäuschung, wenn man erst durch eine Reihe von praktischen Versuchen zu dem gleichen Resultat hätte kommen müssen!

Kann man von der Erde aus den Mond mit einer Rakete treffen? Ja, auf verschiedene

Mondflugbahnen, Auftreffen auf der Vorderseite des Mondes Auftreffen auf der Rückseite des Mondes

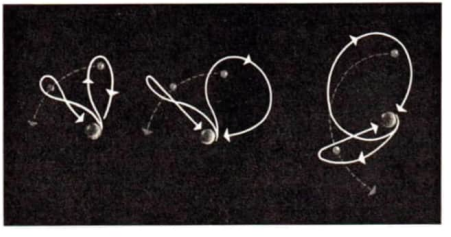
Weise. Es gibt Bahnen, die zur Vorderseite des Mondes führen, während andere auf der Rückseite des Mondes enden. Der Flug zur Vorderseite dauert höchstens fünf Tage. Verläßt die Rakete die Erde mit der Fluchtgeschwindigkeit, so dauert die Fahrt etwa zwei Tage, bei hyperbolischer Geschwindigkeit gelangt sie in noch kürzerer Zeit auf den Mond.

Die Rückseite kann nur erreicht werden, wenn die Anfangsgeschwindigkeit kleiner als die Fluchtgeschwindigkeit ist. Dann bewegt sich das Fahrzeug annähernd auf einer Ellipse, die um die Erde herumführt, und fällt im absteigenden Teil der Ellipse „von hinten" auf den Mond. Auch über die Genauigkeit, mit der Anfangsgeschwindigkeit und -richtung eingehalten werden müssen, geben die Berechnungen Auskunft. Bei Bahnen mit nahezu Fluchtgeschwindigkeit darf der Geschwindigkeitsfehler höchstens 50 m/s betragen, der Richtungsfehler ½ Grad. Treten beide Fehler gleichzeitig auf, so liegen die Grenzen niedriger. Jegorow vertritt die Ansicht, daß die errechneten Fehlergrenzen eingehalten werden können, so daß keine zusätzliche Korrektur der Bahn notwendig wird.

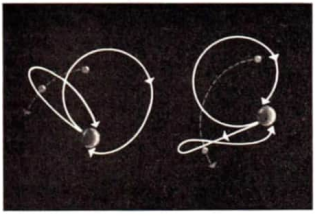
Ist es möglich, eine Rakete um den Mond herum und wieder zur Erde zurückfliegen zu lassen? Ja, und man kann sich dabei sogar dem Mond auf beliebige Entfernung nähern. Je näher die Bahn am Mond vorbeiführt, um so genauer müssen Anfangsgeschwindigkeit und -richtung eingehalten werden. Wenn die geringste Entfernung der Bahn vom Mond 66 000 km beträgt, so genügt wiederum eine Genauigkeit von 50 m/s bzw. ½ Grad.

Unter den Umkreisungsbahnen besitzen besonders jene praktisches Interesse, die das Fahrzeug nicht steil, sondern in einem flachen Bogen in die Erdatmosphäre zurückführen. Das würde eine Landung auf der Erde sehr erleichtern, weil sich dann die Lufthülle zum Abbremsen ausnutzen ließe. Auch für diese Aufgabe existieren Lösungen, doch sind hier die Genauigkeitsforderungen so groß, daß man auf zusätzliche Bahnkorrekturen nicht wird verzichten können.

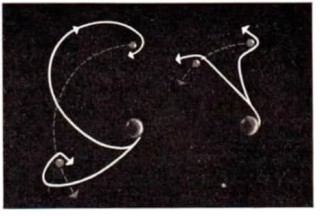
Der sowjetische Wissenschaftler berichtet schließlich über Forschungen, die für interplanetare Flüge von Interesse sind. Kann man die Anziehungskraft des Mondes zur zusätzlichen Beschleunigung eines interplanetaren Flugkörpers ausnutzen? Ja, auch das ist möglich. Der Geschwindigkeitsgewinn (und damit die Treibstoffersparnis) ist um so höher, je näher die Bahn am Monde vorbeiführt. Er kann 1 bis 1,5 km/s betragen. Verwertet man diese Erkenntnis bei interplanetaren Expeditionen, so genügen kleinere Raketen. Man könnte sogar mit einer geringeren als der Flucht-



Flug um den Mond, „steile" Rückkehr zur Erde



Flug um den Mond, „flache" Rückkehr zur Erde



Ausnützung der Anziehungskraft des Mondes zur Geschwindigkeitserhöhung

geschwindigkeit dem Einfluß der Erde entrinnen. Noch eine weitere Erkenntnis: Umgekehrt könnte eine von interplanetaren Flügen zurückkehrende Rakete zusätzlich abgebremst werden, indem man sie auf einer geeigneten Bahn möglichst dicht am Monde vorbeifliegen läßt. Solche Manöver erfordern allerdings eine Genauigkeit, die sich nur durch zusätzliche Bahnkorrekturen bei der Annäherung an Mond und Erde erreichen ließe. Ein derartiges Raumfahrzeug müßte in der Lage sein, in Sekundenschnelle die notwendigen komplizierten Rechnungen durchzuführen. Deshalb – und nicht nur aus diesem Grunde – dürften elektronische Rechenmaschinen zur Ausrüstung künftiger großer Raumfahrzeuge gehören.

Wir erwähnten übrigens schon einmal, daß sowjetische Zeitschriften aus Überheblichkeit im Westen kaum gelesen wurden. Ein Beispiel: Fast anderthalb Jahre nach dem Erscheinen der besprochenen Arbeit konnte man in einer angesehenen westlichen Fachzeitschrift für Astronautik sehr schöne Bilder finden, die sich bei näherer Betrachtung angesichts der sowjetischen Erkenntnisse als völlig falsch erweisen: Mondraketen, die abwechselnd in 1000 bis 2000 km Höhe Erde und Mond umkreisen, und von der Mondanziehung eingefangene Raketen auf einer Satellitenbahn um den Mond ...

Rote Wimpel auf dem Mond

Es war in den ersten Septembertagen des Jahres 1959, kurz vor der Reise des sowjetischen Ministerpräsidenten in die USA. Zahllose Menschen hofften, die Aussprachen Chruschtschows mit Eisenhower würden die Beziehungen zwischen den beiden größten Mächten verbessern und dazu beitragen, die strittigen internationalen Fragen zu lösen.

In diesen Tagen ließen einige Reaktionäre nichts unversucht, die Atmosphäre der Entspannung zu vergiften. Westdeutsche Zeitungen bemühten sich, den kalten Krieg zu schüren und Eisenhower in seiner „Politik der Stärke" zu unterstützen. Wider besseres Wissen behaupteten sie, die sowjetischen Erfolge auf dem Gebiete der Raketentechnik seien nun wettgemacht, weil eine interkontinentale Rakete vom

Atlas-Typ zum erstenmal etwa 8800 km weit geflogen war. „Die Rakete, die Amerika stark macht", frohlockte die Hamburger Zeitung „Die Welt" und versicherte ihren Lesern triumphierend, nun könne man das gesamte Territorium der UdSSR „bestreichen". Die gleiche Zeitung prophezeite, „das Reisegepäck des sowjetischen Premiers" habe durch den Teilerfolg mit der Kriegsrakete Altas „wesentlich an Gewicht eingebüßt".

Bekanntlich befanden sich im Reisegepäck die sowjetischen Vorschläge für eine allgemeine und vollständige Abrüstung.

Die Prognose der „Welt" ging allerdings nicht in Erfüllung, denn die Mehrzahl der Erdbevölkerung begrüßte die Friedensvorschläge. Als ein Zeichen für die Bereitschaft der Sowjetunion, das Wettrüsten zu beenden und Wissenschaft und Technik ausschließlich in den Dienst der friedlichen Entwicklung zu stellen, übergab Nikita Chruschtschow dem amerikanischen Präsidenten die Kopie eines der Wimpel, die einen Tag zuvor, am 14. September 1959, eine sowjetische Rakete zum Mond getragen hatte.

„Entsprechend dem Programm zur Erforschung des kosmischen Raumes und zur Vorbereitung interplanetarer Flüge" war am 12. September 1959 die zweite kosmische Rakete mit Erfolg aufgelassen worden. Mit außerordentlicher Genauigkeit wurde die letzte Raketenstufe – ohne Treibstoff 1511 kg – auf ihre vorberechnete Bahn gebracht. Ein kugelförmiger Behälter mit wissenschaftlichen Meßgeräten nebst Energiequellen und Sendern wurde nach Brennschluß von der letzten Stufe abgetrennt. Das Gewicht des Behälters betrug 390,2 kp. Alle Geräte und Sender arbeiteten normal. Die Flugbahn auf dem Funkwege kontrolliert. Außerdem erzeugte eine besondere Apparatur zur vorgesehenen Zeit, am 12. September 1959, 21 Uhr 39 Minuten 42 Sekunden Moskauer Zeit, und an der angekündigten Stelle des Himmels eine Natriumdampfwolke, die von vielen Sternwarten der Erde fotografiert werden konnte. Ein automatisches Vermessungsnetz kontrollierte ununterbrochen die Bahn der kosmischen Rakete, und elektronische Rechenmaschinen werteten die Meßergebnisse aus.

Der Start der zweiten kosmischen Rakete erfolgte mit einer Abweichung von nur einer Sekunde. Lunik 2 verließ die Erde mit einer Geschwindigkeit von etwas mehr als 11,2 km/s. Professor Leonid Sedow teilte mit, daß die Brennschlußgeschwindigkeit mit einer Genauigkeit von einem Meter je Sekunde eingehalten wurde. Der relative Geschwindigkeitsfehler betrug mithin weniger als $^1/_{100}$ Prozent. Behälter und Raketenstufe bewegten sich nach Brennschluß antriebslos auf einer Hyperbelbahn. Dabei verminderte sich ihre Geschwindigkeit zunächst bis auf etwa 2,3 km/s und wuchs sodann durch die Wirkung der Anziehungskraft des Mondes wieder an. Behälter und Raketenstufe trafen mit 3,3 km/s auf dem Monde auf. Den sowjetischen Wissenschaftlern gelang es, Aufschlagsort und -zeit mit erstaunlicher Präzision vorauszusagen – eine Leistung, die die ungeteilte Anerkennung aller Fachleute fand.

Während des Fluges übermittelten die Sender wertvolle Meßergebnisse. Der Strahlungsgürtel um unsere Erde, von dessen Existenz die sowjetischen Wissenschaftler zum erstenmal im November 1957 durch Sputnik 2 erfuhren, wurde erneut untersucht, ebenso die Stärke und Art der kosmischen Strahlung auch jenseits des Strahlungsgürtels sowie die Beschaffenheit der interplanetaren Materie. Die Messungen des Magnetometers gaben Auskunft auf die Frage, ob der Mond ein Magnetfeld

besitze. Es zeigte sich, daß der Erdtrabant weder ein merkliches Magnetfeld noch einen Strahlungsgürtel aufweist.

Am 14. September 1959, 0 Uhr 2 Minuten 24 Sekunden Moskauer Zeit (13. 9., 22 Uhr 2 Minuten 24 Sekunden MEZ) erreichte Lunik 2 nach 36 Stunden Flugzeit die Oberfläche des Mondes im Gebiet östlich des „Meeres der Heiterkeit" (Mare Serenitatis), etwa 800 Kilometer vom Mittelpunkt der sichtbaren Mondscheibe entfernt. An mehreren Stellen der Erde – in der Sowjetunion, in Ungarn und in Schweden – gelang es, den Schatten der Staubwolken zu beobachten, die durch den Aufschlag des Behälters und der letzten Raketenstufe hervorgerufen worden waren.

Alle Teile der kosmischen Rakete, die zum Mond gelangten, waren vorher keimfrei gemacht worden. Bis vor kurzem neigte man zwar noch zu der Ansicht, daß der Mond keine lebenden Organismen beherbergen könne. In letzter Zeit gelang es jedoch sowjetischen Astronomen, Spuren einer vulkanischen Tätigkeit sowie Gasausbrüche auf dem Mond zu beobachten. Da es unter diesen Umständen nicht mehr völlig ausgeschlossen erscheint, daß unter der porösen Staubschicht, die den Mond bedeckt, geringe Mengen Wasser und Sauerstoff sowie eine gleichmäßige Temperatur vorzufinden sind, trafen die sowjetischen Forscher Maßnahmen, die jede Übertragung von irdischen Mikroorganismen auf den Erdtrabanten ausschließen. Künftige Mondfahrer werden deshalb den Mond unverändert vorfinden und feststellen können, ob dort irgendwelche primitive Lebewesen existieren.

Beim Aufprall auf die Mondoberfläche stellten Meßgeräte und Sender ihre Tätigkeit ein. In diesem Augenblick besaß der Gerätebehälter die gleiche Bewegungsenergie wie sechs schwere Schnellzuglokomotiven, die mit Volldampf fahren. Eine solche „harte Landung" führt naturgemäß zur Zerstörung der empfindlichen Geräte und Bauteile. Deshalb wurden besondere Vorkehrungen getroffen, um die Wimpel, die Lunik 2 mitführte, unversehrt zu halten. Wahrscheinlich wurden die metallenen Kennzeichen vor dem Aufprall durch eine kleine Sprengladung mit Annäherungszünder entgegengesetzt zur Flugrichtung ausgeworfen oder durch kleine Raketen abgebremst. Die Wimpel trugen die Aufschrift „Union der Sozialistischen Sowjetrepubliken, September 1959" und das Wappen des ersten Arbeiter-und-Bauern-Staates.

Die meisten Erdbewohner freuten sich ehrlich über den sowjetischen Erfolg. Doch es gab auch Menschen, die in erster Linie die Frage bewegte: „Gehört der Mond nun der Sowjetunion?"

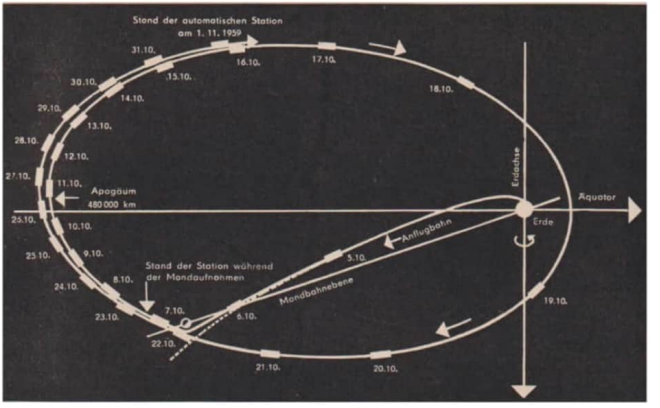
Chruschtschow antwortete darauf in Washington vor über fünfhundert Journalisten aus aller Welt: „Ich bin ein Mensch der sozialistischen Ordnung, einer neuen Weltanschauung und neuer Begriffe. Bei uns stirbt der Begriff ‚mein' ab, und es bürgert sich der neue Begriff ‚unser' ein. Deshalb betrachten wir die Entsendung einer Rakete ins All und unseres Wimpels auf den Mond als unsere Errungenschaft. Und mit diesem Wort ‚unser' meinen wir die Länder der ganzen Welt, das heißt, wir verstehen darunter, daß das auch Ihre Errungenschaft und die Errungenschaft aller Menschen ist, die auf der Erde leben."

In der „Prawda" erteilte Professor Jewgenij Fjodorow den Hetzern eine Lektion. „Niemand bei uns hat die Absicht, das Gebiet des Mondes, in dem sich der sowjetische Wimpel befindet, abzugrenzen, um dort Militärstützpunkte zu bauen. Vielleicht wird sich das günstig auf einige westdeutsche Militärs auswirken, die – ihre

eigenen Möglichkeiten überschätzend – laut davon träumen, wie man ganze Länder unter der Bedrohung eines ‚Beschusses vom Monde aus' halten könne."
Zu welchen absurden Behauptungen grenzenloser Antikommunismus und physikalische Unbildung bereits geführt hatten, zeigte das Westberliner Frontstadt-Blatt „Der Abend". Es veröffentlichte eine Phantasiezeichnung mit der Unterschrift „Iwans Traumbild: Militärische Station auf dem Mond. Ziel: die Erde". So versuchten westberliner und westdeutsche Politiker in Goebbelsmanier, jeden Fortschritt in der friedlichen Erforschung des Universums zu verbrecherischer Hetze zu mißbrauchen und den kalten Krieg zu konservieren.
Mit dem gelungenen Flug der zweiten kosmischen Rakete erfüllte sich die Hoffnung von Generationen. Zum erstenmal wurde der Mond erreicht. Noch am 6. September 1959 hatte Wernher von Braun in der Frankfurter Paulskirche erklärt: „Wollen wir so lange warten, bis die Russen einen roten Wimpel auf dem Monde hissen?" In bitteren Worten beklagt er sich über das Zurückbleiben der USA auf dem Gebiete der Raketentechnik. (Das hinderte „Die Welt" nicht, zur gleichen Zeit aus politischen Gründen das Gegenteil zu behaupten!)
Eine Woche später traf ein, was er befürchtet hatte. Resigniert meinte von Braun: „Ich bin sicher, daß unsere jungen Astronauten, wenn sie einmal in den Weltraum gestartet sind, dort bereits sowjetische Zollbeamte vorfinden werden." Interplanetare Zollbeamte – ein Gedanke, der die Denkweise nicht nur Wernher von Brauns, sondern einer ganzen Klasse von Menschen enthüllt. Die Frage, wem der Mond gehört, entspringt der gleichen kapitalistischen Einstellung, bei jeder Sache zuerst und vor allem nach dem Profit zu fragen. Mit diesen Auswüchsen werden wir uns noch befassen müssen.

Der Flug um den Mond

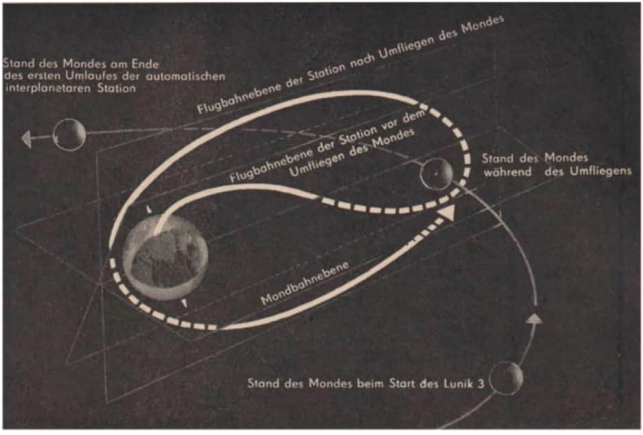
Noch während sich die zweite kosmische Rakete auf ihrem Flug zum Mond befand, erklärte ein Sprecher des „Weißen Hauses" in Washington, der Start bedeute keine Überraschung, denn es sei bekannt, daß sowohl die Sowjetunion als auch die USA technisch in der Lage seien, solche Projektile ins Weltall zu entsenden (dpa). Nur zwei Tage später vertrat Generalmajor John Medaris, der Leiter der Abteilung für Fernlenkwaffen der amerikanischen Armee, die entgegengesetzte Meinung. Die USA seien zur Zeit noch nicht in der Lage, es der Sowjetunion mit einem erfolgreichen Mondschuß gleichzutun.
Tatsächlich explodierte am 24. September 1959 in Cape Canaveral die nächste amerikanische Forschungsrakete, eine mehrstufige „Atlas-Able", bei einer Erprobung des Triebwerkes. Am 2. Oktober sollte sie in Richtung Mond starten. „Zu viele Raketen wurden verpulvert, weil man zuerst baute und hinterher konstruierte", stellte die amerikanische Nachrichtenagentur UPI dazu fest.
Währenddessen bereiteten sich die sowjetischen Forscher darauf vor, den Jahrestag des ersten Sputnikstartes auf ihre Art zu feiern. Am 4. Oktober 1959 erfuhr die Welt von einer neuen Leistung. Lunik 3 stieg auf, den Mond zu umfliegen.



Die Flugbahn des Lunik 3 (Draufsicht; Zeichnung maßstabgerecht)

Die dritte kosmische Rakete brachte in mehrfacher Hinsicht einen wesentlichen Fortschritt. Lunik 3 bewegte sich auf einer Bahn, die weitaus komplizierter war als die der vorhergehenden kosmischen Raketen, und seine Aufgabe, die unbekannte Rückseite des Mondes zu fotografieren, war schwieriger zu lösen als jede andere Aufgabe, die den Erbauern automatischer Meßgerätesätze bisher gestellt wurde.
Bei der Auswahl der Flugbahn mußten hauptsächlich folgende Umstände berücksichtigt werden:

1. Der kosmische Raum in der unmittelbaren Umgebung des Erdtrabanten sollte erreicht und erforscht werden.
2. Für das Fotografieren des Mondes war hingegen eine Entfernung von 60 000 bis 70 000 km erforderlich, damit nicht nur ein kleiner Bezirk der Mondoberfläche, sondern nahezu die gesamte Mondscheibe erfaßt werden konnte.
3. Zur Zeit der Aufnahme mußte sich die automatische Station etwa auf der Verbindungslinie Sonne–Mond zwischen diesen beiden Himmelskörpern bewegen. Nur in dieser Stellung war für die Raumstation „Vollmond", das heißt, die gesamte von ihr aus sichtbare Mondscheibe wurde von der Sonne beleuchtet.
4. Fotografiert werden sollte die Rückseite des Mondes, die von der Erde aus nicht gesehen werden kann, weil uns der Trabant stets dieselbe Seite zukehrt. Deshalb mußte sich die Erde – von der Station aus betrachtet – während der Aufnahme im Bereich hinter dem Mond befinden.
5. Aus zwei Gründen war es jedoch zweckmäßig, die Flugbahn so zu wählen, daß die Erde während des Einrichtens der Kamera nicht genau hinter dem Mond, sondern seitlich davon stand. Erstens konnte dadurch ein störender Ein-



Die Flugbahn des Lunik 3 (Zeichnung nicht maßstabgerecht)

fluß der beleuchteten Erdscheibe auf das automatische Orientierungssystem der Station ausgeschaltet werden, so daß sich der Fotoapparat nicht auf die Erde, sondern auf den Mond richtete, zweitens wurde dadurch auch ein geringer Teil der bereits bekannten Mondoberfläche aufgenommen. So war es möglich, den Zusammenhang zwischen der bekannten und der vorher unbekannten Mondoberfläche festzustellen und die wahre Form einiger Oberflächenbildungen zu erkennen, die bis jetzt wegen ihrer Randlage nur in starker Verzerrung beobachtet werden konnten.

6. Bekanntlich liegt der erdnahe Punkt der Bahnellipse eines „normalen" Satelliten nie höher als der Brennschlußpunkt. Beim Flug um den Mond in einer Ellipsenbahn können Störungen durch den Mond Bahnänderungen bewirken, durch welche die Station bei der Rückkehr zur Erde schon am Ende des ersten Umlaufes in die dichten Schichten der Lufthülle eintritt und verbrennt. Es sollte jedoch eine Bahn erreicht werden, die für längere Zeit Messungen ermöglicht.
7. Ein „normaler" Satellit der Erde, der auf der nördlichen Halbkugel gestartet wird, nähert sich der Erde von Süden her. Dadurch wird der Empfang seiner Informationen durch Stationen auf dem Gebiete der UdSSR bei der Rückkehr erschwert, bei starker Annäherung an die Erde sogar vereitelt.

Deshalb wählten die sowjetischen Wissenschaftler für Lunik 3 nicht eine „gewöhnliche" Satellitenbahn, sondern entwickelten eine völlig neue Methode.
Die dritte kosmische Rakete wurde zunächst auf eine Satellitenbahn gebracht. Im Gegensatz zu den beiden ersten kosmischen Raketen, die die zweite astronautische

Geschwindigkeit um 150–200 m/s überschritten, erhielt die letzte Raketenstufe eine Anfangsgeschwindigkeit, die um etwa 50 m/s geringer war als die Fluchtgeschwindigkeit in Brennschlußhöhe. Der erdnahe Punkt der langestreckten Ellipsenbahn lag in einigen hundert Kilometern Höhe, der erdferne Punkt 480 000 km von der Erde entfernt. Nach Brennschluß wurde die Flugbahn nicht mehr durch Raketenkraft korrigiert. Lunik 3 bewegte sich nur noch auf Grund seiner Geschwindigkeit und unter dem Einfluß der Anziehungskräfte von Erde, Mond und Sonne. Das Gewicht der letzten Raketenstufe, ohne Treibstoff 1553 kp, übertraf das der beiden ersten kosmischen Raketen. Die letzte Stufe enthielt Meßgeräte und Sender (156,5kg) sowie eine automatische interplanetare Station (278,5 kg), die nach Brennschluß abgetrennt wurde.

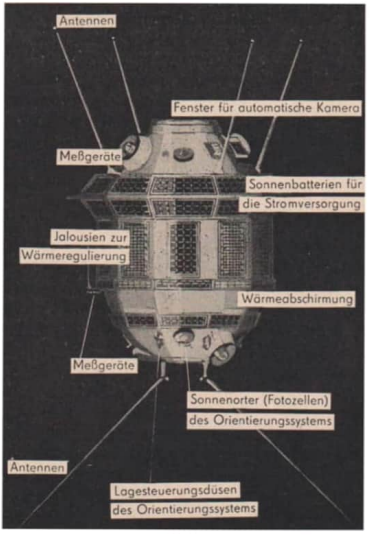
Auf der langgestreckten Ellipsenbahn näherte sich die automatische Station dem Monde. Von ihm aus gesehen, war die Ausgangsbahn nach außen gekrümmt. Durch die Mondschwerkraft erfolgte nun eine Bahnänderung. Der Mond zog die Station so stark an, daß ihre Bahn zu ihm hin gekrümmt wurde. Nach dem Vorbeiflug in 7900 km Abstand verminderte sich der Einfluß der Mondanziehung wieder und hörte schließlich nahezu auf.

Die Station bewegte sich nun auf einer anderen Ellipsenbahn als zuvor. Sie flog bis in eine Entfernung von 480 000 km und kehrte sodann wieder in die Nähe der Erde zurück. Im Gegensatz zur Ausgangsellipse lag der erdnahe Punkt jedoch nun in einer Höhe von rund 40 600 km über der Erdoberfläche, und die Rückkehr zur Erde erfolgte nicht von Süden, sondern von Norden her. Dadurch blieb die interplanetare Station vor einer schnellen Zerstörung bewahrt, und ihre Funksignale konnten schon bei der Rückkehr von den Stationen der nördlichen Erdhalbkugel empfangen werden. Die beiden Abbildungen auf den Seiten 205 und 206 zeigen die komplizierte Bahn der interplanetaren Station.

Den sowjetischen Gelehrten gelang es damit, die Station in eine stabile Umlaufbahn um die Erde zu bringen, die allen Anforderungen genügte. Sie setzten den Mond zur Umlenkung der Station ein und erreichten ohne zusätzlichen Treibstoffverbrauch eine Bahnänderung, die mit den damals verfügbaren Mitteln vielleicht noch nicht möglich gewesen wäre.

Wir hatten bereits erwähnt, wie schwierig es ist, kosmische Flugbahnen exakt zu berechnen. Die Anziehungskräfte dreier Himmelskörper müssen berücksichtigt werden. Welche Leistung die sowjetischen Mathematiker vollbrachten, als sie die Raumflugbahn des dritten Lunik berechneten, kennzeichnet ein Ausspruch des amerikanischen Professors Salomon Lefschetz. Dieser Gelehrte war an der gleichen Universität in Princeton tätig, an der einst der amerikanische Raumfahrtpionier Robert Hutchins Goddard Experimentalphysik lehrte. Lefschetz erklärte: „Die Russen haben auf dem Gebiet der nichtlinearen Differentialgleichungen einen Vorsprung von zehn bis fünfzehn Jahren vor den Vereinigten Staaten."

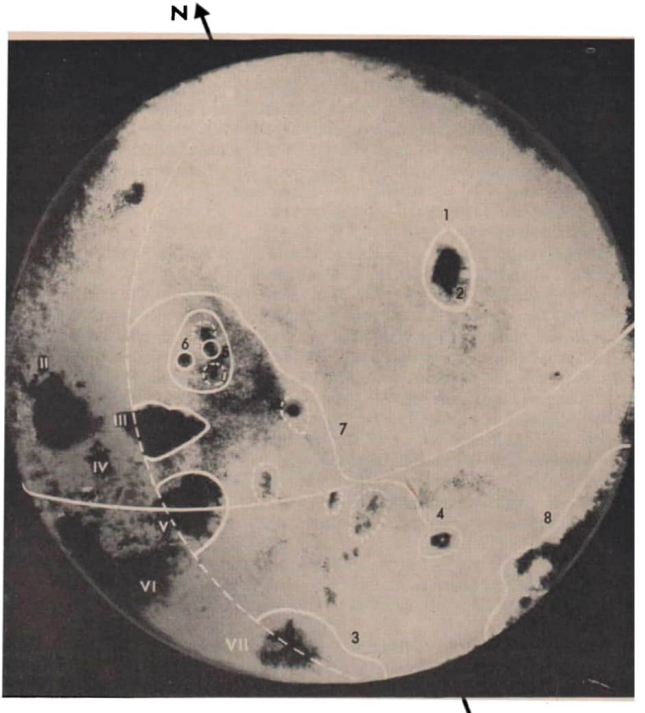
Die gleiche Bewunderung verdient die Genauigkeit, mit der die geplante Bahn eingehalten wurde. Dabei muß man sich vor Augen halten, daß sich geringe Fehler bei Brennschluß viel stärker ausgewirkt hätten als bei „einfachen" Satellitenaufstiegen. Der Einfluß der Mondanziehung vervielfältigt auch geringfügige Anfangsfehler und verursacht erhebliche Abweichungen, die sich besonders beim Rückflug zur Erde bemerkbar machen.



Lunik 3 — Schema der automatischen interplanetaren Station (Instrumentenbehälter)

Die zweite Besonderheit der interplanetaren Station stellt ihr Orientierungssystem dar, das in erster Linie die Aufgabe hatte, den Fotoapparat auf den Mond einzustellen. Während der Aufnahmen bewegte sich die Station mit einer Geschwindigkeit größer als die des Schalles. Auf die Schärfe der Aufnahmen hat diese gleichförmige Bewegung wenig Einfluß, wenn nur die Belichtungszeit genügend kurz ist. Störend sind jedoch Drehbewegungen der Station um ihren Schwerpunkt. Jeder Fotoamateur kennt die Gefahr des „Verwackelns". Man kann ihre Folgen durch sehr kurze Belichtungszeiten vermindern. Diese Methode reicht aber hier nicht aus. Deshalb bestand die erste Aufgabe des Orientierungssystems darin, die Drehbewegungen der Station zu unterbinden.

Die Bremsen irdischer Fahrzeuge sind natürlich im Weltraum nicht verwendbar. Vermutlich wurde die Drehung der Station durch Raketenkraft abgebremst. Allerdings lassen sich die üblichen Raketen kaum verwenden, weil sie zu stark wirken und ihre Kraft nicht fein genug dosiert werden kann. Eine Preßluftflasche und Düsen in verschiedener Lage dürften sich dazu besser eignen. Da die Bremsimpulse nicht willkürlich erfolgen können, gehörte zum Orientierungssystem eine kreiselstabilisierte Plattform, die stets die gleiche Lage in bezug auf den Fixsternhimmel beibehält, ferner elektronische Rechenmaschinen, die für eine richtige Dosierung und Richtung der Bremsimpulse sorgen.



Die Mondfotografie von Lunik 3 zeigt etwa 70% der bisher unbekannten Rückseite des Mondes. Die gestrichelte Linie gibt die Grenze zwischen Vorder- und Rückseite des Trabanten an, die ausgezogene Querlinie den Mondäquator. Den neu entdeckten Formationen gab eine Kommission der sowjetischen Akademie der Wissenschaften folgende Namen:

1 – Mare Moskwa
2 – Astronautenbucht
3 – Fortsetzung des Mare Australe auf der Mondrückseite
4 – Ziolkowski-Krater
5 – Lomonossow-Krater
6 – Joliot-Curie-Krater
7 – Sowjet-Gebirge
8 – Meer des Traumes

Die römischen Ziffern bezeichnen schon bekannte Gebilde auf der Vorderseite des Mondes:

I – Mare Humboldtianum
II – Mare Crisium
III – Mare Marginis
IV – Mare Undarum
V – Mare Smithii
VI – Mare Foecunditatis
VII – Mare Australe

III, V und VII erstrecken sich in das Gebiet der Mondrückseite

Die zweite Aufgabe des Orientierungssystems war es, den Fotoapparat auf das Ziel auszurichten. Dazu wurde eine Art Astronavigation benutzt, wie sie einst Ziolkowski vorgeschlagen hatte. Zunächst wurde die Station mit Hilfe von Fotozellen so gedreht, daß ihre Rückseite zur Sonne zeigte. Wegen ihrer Lage zwischen den beiden Himmelskörpern richtete sich die andere Seite der Station mit dem Fenster für den Fotoapparat zwangsläufig gegen den Mond. Nach dieser „Grobeinstellung" erfolgte eine genaue Orientierung, die während der gesamten Aufnahmezeit unverändert aufrechterhalten wurde. Nach den Aufnahmen wurde die Station wieder in eine geregelte Umdrehung versetzt, um eine einseitige Erwärmung der Station auszuschalten.

Die dritte Besonderheit der kosmischen Rakete ist in der Anlage zu sehen, mit deren Hilfe die Fotoaufnahmen hergestellt, verarbeitet und übermittelt wurden. Nach einem vorgesehenen Programm erfolgte auf ein Funksignal von der Erde innerhalb von vierzig Minuten eine Anzahl von Aufnahmen mit unterschiedlicher Belichtungszeit und zwei verschiedenen Brennweiten (200 und 500 mm). Die Verarbeitung des 35-mm-Spezialfilms – Entwickeln, Fixieren und Trocknen – wurde durch die Gewichtslosigkeit erschwert. Allerdings rotierte zu dieser Zeit die Station. Dadurch entstand in allen ihren Teilen außerhalb der Drehachse eine mäßige Ersatzschwerkraft, die die Verarbeitung erleichtern konnte. Übrigens mußte das unbelichtete Filmmaterial vor der Aufnahme besonders geschützt werden, weil es sonst unter dem Einfluß der durchdringenden kosmischen Strahlen allmählich verschleiern konnte. Die vorangegangenen Forschungen mit Sputniks und kosmischen Raketen hatten die Grundlagen für die Schutzmaßnahmen geliefert.

Die Übertragung der Bilder zur Erde erfolgte auf Kommando. Eine Abtaströhre wandelte den Bildinhalt zeilenweise in elektrische Signale um, die über sehr große Entfernungen – bis zu 470 000 km – übertragen wurden. Die Qualität der Bilder beweist, in welchem hohen Maße es die sowjetischen Fachleute verstanden haben, auch die Schwierigkeiten des Bildfunks über weite Distanzen und mit geringer Sendeenergie zu meistern.

Die Ergebnisse dieses Forschungsunternehmens wurden offiziell wie folgt eingeschätzt: „Der Gesamtumfang der wissenschaftlichen Informationen, die auf dem Funkwege übertragen wurden, übertraf bei weitem den Umfang der Informationen, die von der ersten und zweiten kosmischen Rakete gesendet wurden."

Die Reaktionäre in der Defensive

Die Bilder und sonstigen wissenschaftlichen Informationen sind nur ein Teil der Ergebnisse. Erneut zerbrachen Wissenschaft und Technik ein Vorurteil. „Ignorabimus" (Wir werden es nicht wissen) – so heißt ein altes Schlagwort. Jene, die es heute als Losung benutzen, fürchten, daß der Mensch zu viele Früchte vom „Baume der Erkenntnis" pflückt. Angesichts ihrer Niederlagen fühlen sie eine „Beklemmung", die angeblich „dem Urgefühl des Bangens vor dem Überschreiten gesetzter Gren-

zen" entspringt. So jedenfalls konnte man es in der „Stuttgarter Zeitung" vom 6. Oktober 1959 lesen.

Den reaktionären Ideologen bereiten die Fortschritte der Wissenschaft „Beklemmungen", weil sie das idealistische Weltbild zertrümmern, die Irrlehren, mit denen viele Generationen hindurch die Ausgebeuteten vertröstet und verdummt wurden. Die Interessen der Ausbeuterklasse, die die Reaktionäre mit ihrer Ideologie zu stützen suchen, sind bedroht. Aber ebensowenig, wie sich die Wissenschaft im Mittelalter durch päpstliche Enzykliken und Bannsprüche unterwerfen ließ, können „gesetzte Grenzen" die Befreiung der Menschheit aufhalten. Auch der Appell an „Urgefühle" wird die Wissenschaft nicht davon abbringen, den Verteidigern der Ausbeuterideologien aller Schattierungen neue „Beklemmungen" zu verursachen.

Jetzt versuchen sie, die Trümmer ihres Weltbildes mit salbungsvollen Phrasen zu kitten. In der „Bonner Rundschau" vom 15. September 1959 schrieb einer von ihnen: „Es bedarf der optischen Geräte nicht, um zu erkennen, daß sich am Himmel nicht viel verändert hat, trotz Chruschtschows Ankündigung: ‚Wir werden als erste in der Welt eine Bahn von der Erde zum Mond in den Himmel brennen!' Guter Trost zu wissen: Je mehr ‚Himmel' mit ‚eingebrannten Bahnen', um so gewisser: Der **eine** Himmel, der uns verheißen ist von Anbeginn und auf den wir hoffen, wird ewig unversehrt bleiben. **Er** stürzt nicht ein."

So vertrösten die Bonner Ideologen ihre Abonnenten auf den „einen Himmel", indessen ihre Auftraggeber atomar aufrüsten und am liebsten den Himmel über den sozialistischen Staaten zum Einsturz bringen möchten. So preisen sie den „einen Himmel", und Bischof Dibelius empfiehlt Massenvernichtungsmittel als moderne Transportmittel für die Fahrt in den „einen Himmel". In einer Rede in Evanston erklärte er unmißverständlich: „Die Anwendung der Wasserstoffbombe ist vom christlichen Standpunkt aus nicht einmal eine so schreckliche Sache, da wir alle dem ewigen Leben zustreben. Und wenn z. B. eine einzelne Wasserstoffbombe eine Million Menschen tötet, so erreichen die Betroffenen um so schneller das ewige Leben." Und den westdeutschen Lesern wird gesagt: „Wir sind nicht um des guten Lebens, sondern um des guten Sterbens willen auf der Erde." (Rheinischer Merkur.)

Die „Bonner Rundschau" meint, der wirkliche Himmel habe sich „nicht viel verändert", damit ihre Leser nicht so schnell merken, daß sich auf Erden sehr viel verändert hat. Einstmals, zu Galileis Zeiten, konnten sich die Ideologen der Ausbeuter noch weigern, den Himmel durch optische Geräte zu beobachten. Heute ist dort für ihren „einen Himmel", für „Fegefeuer" und „besseres Jenseits" kein Platz mehr. Hat sich der Himmel nicht doch verändert? Früher war er der Tummelplatz ihrer Einbildungen, heute ist er zum Laboratorium, zum Felde exakter Forschung geworden. Nun ziehen sich die Ideologen der Ausbeuter aus dem wirklichen Himmel, den man mit optischen Geräten beobachten und mit kosmischen Raketen erforschen kann, in den „einen Himmel" zurück. Man braucht nicht erst durch optische Geräte zu sehen – ein Blick in die „Bonner Rundschau" genügt, um festzustellen: Der Himmel hat sich so sehr verändert, daß es manchen Leuten „Beklemmungen" bereitet.

Die Reaktionäre sind in die Defensive gedrängt. Nicht einmal mehr in die Unendlichkeit der materiellen Welt vermögen die Ideologen der letzten Ausbeuterepoche ihr „besseres Jenseits", ihren „einen Himmel" zu retten. Sie fliehen in das Gebiet der „Innerlichkeit", der „Seele" und des „Glaubens". Meinen sie wirklich, wir hätten

vergessen, daß sie die primitiven Vorstellungen von der Beschaffenheit der Welt, die aus der Frühgeschichte der Menschheit stammen, bis in unsere Tage hinein propagierten?

Und schließlich: Wollen sie ihren Lesern weismachen, der Himmel stürze ein, weil Sputniks und kosmische Raketen das Weltall erforschen? Tatsächlich verstiegen sich westdeutsche Zeitungen zu solchen absurden Behauptungen. „Die Deutsche Zeitung und Wirtschaftszeitung" schrieb am 12. Oktober 1959, nach dem Start der dritten kosmischen Rakete: „Sputniks verstärken die kosmische Strahlung"! Damit will man einen Abscheu vor den wissenschaftlichen Leistungen der Sowjetunion wecken, zum anderen möchte man den Lesern einreden, nicht die Kernwaffenversuche, sondern die friedlichen Forschungen seien schuld an der Verseuchung der Atmosphäre mit strahlenden Teilchen; nicht die Mitarbeit westdeutscher Wissenschaftler an der französischen Atombombenentwicklung, nicht die atomare Aufrüstung Westdeutschlands, sondern die Sputniks seien menschheitsfeindlich.

Man sieht, die Hüter des kalten Krieges suchen nach neuen Argumenten. Ihre alten verfangen nicht mehr.

Die reaktionären Ideologen erkennen, daß die kosmischen Raketen friedlichen Zwecken, nicht aber ihren eigenen militanten Zielen dienen, und sie sind bestürzt, weil es die Raketen der Kommunisten sind, die das Weltall erforschen. Deshalb versuchen sie, die Bedeutung der Raumforschung zu verkleinern. Einen Tag nach dem Start des Lunik 3 schrieb die „Bonner Rundschau": „Raumraketen werden dem Menschheitswunsch nach dem täglichen Brot für alle keine Erfüllung bringen." Offenbar wollen es die Bonner Rundschau-Leute verheimlichen, daß sich ein Drittel der Menschheit bereits das „tägliche Brot für alle" gesichert hat.

Mit aller Kraft versuchen die amerikanischen Fachleute, den Vorsprung der sowjetischen Forschung zu verringern. Ihre Anstrengungen und ihre Teilerfolge sind letzten Endes nichts anderes als eine Auswirkung des friedlichen Wettstreites, zu dem die Entwicklung der sozialistischen Staaten das kapitalistische System gezwungen hat.

Trotz vielversprechender Ankündigungen geht es nicht so vorwärts, wie man anfangs glaubte. Die Projekte „Saturn", „Nova" und wie sie auch heißen mögen, stecken noch in den Kinderschuhen. Erst am 27. Oktober 1961 startete die untere Stufe der „Saturn" zu ihrem ersten Flug und trug die mit einer Zuladung von 5 Tonnen Wasser gefüllten Atrappen der zweiten und dritten Stufe in eine Höhe von 144 km. Da diesmal nichts explodierte, konnte man von einem „hundertprozentigen Erfolg" sprechen.

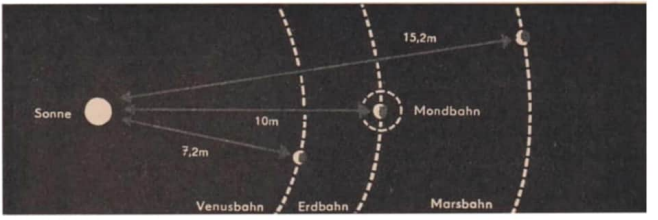
Weniger erfolgreich verliefen die amerikanischen Versuche mit Mond- und Raumsonden. Die siebente amerikanische Mondrakete, eine „Atlas-Able", trug nicht wie Lunik 3 eine Instrumentenkapsel um den Erdtrabanten, sondern stürzte am 25. November 1959, 45 Sekunden nach dem Start, anderthalb Kilometer von Cape Canaveral entfernt in den Atlantik. Und erst am 11. März 1960 gelang es den amerikanischen Forschern ein zweites Mal, mit der 40,8 kp schweren Raumsonde „Pioneer 5" einen Körper aus dem Einflußbereich der Erdanziehung und in eine Planetenbahn (zwischen Erde und Venus) zu bringen.

Die nächste Mondrakete der USA, Pioneer 6, sollte am 25. 9. 1960 einen Instrumentenbehälter in eine Bahn um den Mond transportieren. Die zweite Stufe der

Trägerrakete vom Typ „Atlas-Able" versagte, und der Versuch endete kurz nach dem Start mit der Zerstörung der Rakete.
Zu einem ähnlichen Fiasko führte der Versuch am 15. 12. 1960. Wiederum sollte eine „Atlas-Able" einen 175-kg-Satelliten in eine Kreisbahn um den Erdtrabanten bringen. Vierzig Sekunden nach dem Start begann die Rakete jedoch zu taumeln, wenige Sekunden später erhellte ein orangeroter Feuerball den Nachthimmel über Kap Canaveral, und eine gewaltige Explosion verkündete das Ende des Versuches und zugleich den Abschluß „eines ehrgeizigen Programms, in das die Amerikaner seit zwei Jahren mehr als 100 Millionen Dollar gesteckt haben dürften. Ein ganzes Programm hat sich als Fehlschlag erwiesen" („Die Welt" vom 16. 12. 1960).
Die amerikanischen „Pioneer"-Raketen erfüllten nicht die ihnen zugedachte Rolle als „Pioniere" – genausowenig wie die „Vanguard"-Raketen, die ihrem verheißungsvollen Namen „Vorhut" wenig Ehre gemacht hatten. Die Mondraketen der USA, die seit August 1961 starteten, trugen den weit weniger anmaßenden Namen „Ranger", auf deutsch „Umherstreifer". Offenbar haben die Taufpaten der Raumsonden aus ihren früheren Mißgriffen bei Namensgebungen gelernt. Ihre Vorsicht erwies sich inzwischen als richtig: Die Instrumentenkapsel „Ranger 1", am 23. 8. 1961 gestartet, erreichte nicht die vorgesehene Bahn. Sie sollte als Satellit unserer Erde auf einer langgestreckten Ellipse etwa eine Million Kilometer weit in den interplanetaren Raum vordringen und dabei auch in die Nähe des Mondes gelangen. Die zweite Stufe der Atlas-Agena-Trägerrakete zündete jedoch nicht, und der etwa 300 kp schwere „Umherstreifer" verblieb auf einer erdnahen Satellitenbahn mit einer Höhe zwischen 160 und 510 Kilometer. Nicht viel anders erging es „Ranger 2" am 18. 11. 1961. Auch hier funktionierte die zweite Stufe der „Atlas-Agena" nicht.
Die wenig ermutigende Bilanz der amerikanischen Raumsonden-Versuche wirft die Frage auf, ob solche Experimente überhaupt vertretbar sind, solange die verwendeten Raketen nahezu regelmäßig versagen. Wenn die Amerikaner trotzdem ihre Anstrengungen auf diesem Gebiet verstärken, so liegt das offenbar an den Erfolgen der sowjetischen Raumsonden, die bis zum Mond vordrangen und die sich bereits anschicken, den Weg zu den Planeten zu erschließen.

Zu den Planeten

Alle Träume und Pläne von Flügen zu anderen Planeten wären auch heute noch nicht mehr als ein Vorgriff in eine ferne Zukunft, wenn nicht zwei Tatsachen sie begünstigten. Allzu leicht vergessen wir sie, und deshalb wollen wir sie an den Anfang unserer Betrachtung stellen.
Die Planeten bewegen sich auf Ellipsenbahnen, deren Lage zueinander sich nur um wenige Grad unterscheidet. Die Bahn des Mars liegt in einer Ebene, die mit der Ebene der Erdbahn einen Winkel von 1,9 Grad bildet. Für unseren anderen Nachbarplaneten, die Venus, beträgt die Bahnneigung 3,4 Grad. Dieser geringe Unterschied fällt kaum ins Gewicht. Wäre es anders, betrügen die Neigungswinkel der anderen Planetenbahnen zur Bahn der Erde gar 90°, so könnten wir alle Hoffnung



begraben, in absehbarer Zeit mit unbemannten oder bemannten Geräten zu ihnen vorzudringen. Zu groß wären die Anforderungen an die Triebwerke. Lediglich zwei Planeten können den künftigen Astronauten etwas mehr Verdruß bereiten. Merkur besitzt eine Bahnneigung von 7 Grad, und die Bahn des Pluto bildet mit der Erdbahn einen Winkel von 17,1 Grad. Diese beiden Planeten sind jedoch wenig verlockende Reiseziele.

Die zweite erfreuliche Tatsache: Alle Planeten bewegen sich in der gleichen Richtung um die Sonne. Diese wichtige Voraussetzung für einen interplanetaren Verkehr ist gewiß kein Zufall und schon gar nicht eine übernatürliche Fügung. Es handelt sich um eine Erscheinung, die mit der Entstehung unseres Sonnensystems zusammenhängt.

Die Bewegung der Planeten um die Sonne wird durch die Keplerschen Gesetze beschrieben. Ebenso wird sich ein Fahrzeug zwischen den Planeten, wenn es einmal die notwendige Geschwindigkeit erhalten hat, wie ein Planet auf einer Ellipsenbahn bewegen. Ohne jeden Antrieb fliegt es um die Sonne, und die Keplerschen Gesetze geben eine Grundlage für seine Bahnberechnung.

Es durchquert Räume und legt Entfernungen zurück, die selbst im Zeitalter der Motorisierung unser Vorstellungsvermögen überschreiten. Nur ein Vergleich kann uns die Weiten veranschaulichen, die interplanetare Fahrzeuge zu bewältigen haben.

Das Zentralgestirn unseres Sonnensystems ist so groß, daß 1 300 000 Erdkugeln in ihm Platz fänden. Ein Würfel von 14 Meter Kantenlänge enthält ungefähr ebensoviel Mauersteine. Stellen wir uns vor, die Sonne wäre so groß wie ein Apfel, und alle Entfernungen im Sonnensystem seien im gleichen Maße verkleinert! Wir würden Mühe haben, unsere Erde wiederzufinden, denn sie hätte nur die Größe eines Senfkorns, das in einem Abstand von zehn Metern um die Apfelsonne kreist. Etwa ebenso groß wäre die Venus, unser Nachbarplanet. Auf einer nahezu kreisförmigen Bahn läuft sie in einem Abstand von 7,2 Metern um die Sonne – in Wirklichkeit sind es rund 108 Millionen Kilometer. Der Mars wäre noch kleiner, ein Körnchen halb so dick wie ein Senfkorn. 15,2 Meter wäre seine mittlere Entfernung vom Zentralgestirn. Unser Mond gar hätte nur einen Abstand von drei Zentimetern vom Senfkorn Erde, und seine Größe betrüge den vierten Teil von dessen Durchmesser.

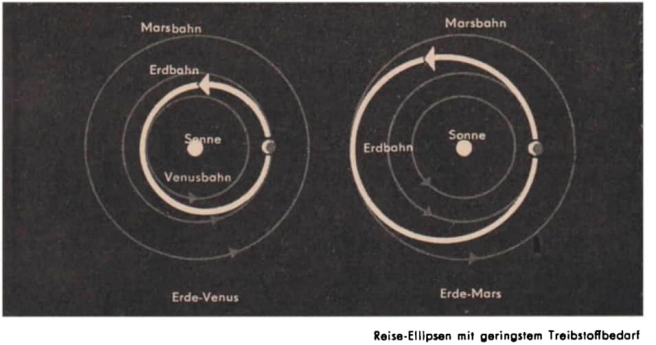
Das klingt wenig ermutigend, besonders wenn wir bedenken, wie schwer es schon fällt, nur diese „drei Zentimeter" bis zum Mond zu überwinden. Wie sollte es da

jemals möglich sein, die 2,8 Meter bis zur Venusbahn oder die 5,2 Meter bis zur Marsbahn zu bewältigen?

Der Schrecken wird noch größer, wenn wir erfahren, daß es unmöglich ist, auf der kürzesten Verbindungslinie zwischen den einzelnen Planeten zu reisen. Für eine Reise zur Venus erforderte das nämlich folgende Leistungen der Raketentriebwerke:

Erstens müßten wir die Schwerkraft der Erde überwinden: 11,2 km/s. Zweitens müßten wir die Geschwindigkeit, die wir durch die Bewegung der Erde um die Sonne besitzen, beseitigen. Die Triebwerke hätten also eine Geschwindigkeit von 30 km/s abzubremsen. Dann und nur dann würden wir genau in Richtung Sonne fallen und die Bahn der Venus auf dem kürzesten Wege erreichen. Weil aber die Fallbeschleunigung durch die Anziehungskraft der Sonne in Erdbahnnähe recht gering ist (etwa $^1/_{1630}$ der Fallbeschleunigung durch die Erde), brauchten wir, wenn wir uns mit ihr begnügten, eine sehr lange Zeit zum Fall bis zur Venusbahn. Doch auch wenn wir darauf verzichten, das Fallen durch Raketenkraft zu beschleunigen, müßten wir, in der Nähe der Venusbahn angekommen, die durch das Fallen erlangte Geschwindigkeit von etwa 26 km/s abbremsen. Nachdem das geschehen wäre, müßte das Fahrzeug senkrecht zur Fallrichtung beschleunigt werden, damit es die gleiche Geschwindigkeit wie die Venus in ihrer Bahn erhält. Das sind wiederum 35 km/s. Landeten wir auf der Venus mit Hilfe von Bremsraketen, so müßten die Triebwerke eine Fallgeschwindigkeit von 10 km/s abbremsen.

Zusammen ergibt das einen Antriebsbedarf von rund 110 km/s! Zu dieser Rechnung wäre noch viel zu sagen. Wir wollen es bei dem Gedankenversuch bewenden lassen und die Schlußfolgerung ziehen: So geht es nicht! Zur Zeit verfügen wir über Triebwerke, mit denen sich „ideale Geschwindigkeiten" von etwa 15 km/s entwickeln lassen. Die Astronauten werden sich also nicht die kürzesten Bahnen aussuchen dürfen, sondern die billigsten. Für die Raumfahrt sind das die Bahnen mit geringstem Antriebsbedarf. Das wird auch in absehbarer Zukunft so bleiben.



Reise-Ellipsen mit geringstem Treibstoffbedarf

Eigenartigerweise erfordern gerade die längsten Bahnen den wenigsten Treibstoff. Solche Fahrtrouten sind jene Ellipsen, die mit dem einen Scheitel die Erdbahn, mit dem anderen Scheitel die Bahn des zu besuchenden Planeten berühren. Man nennt sie Berührungsellipsen. Die Abbildung auf Seite 215 zeigt uns die sparsamsten Reisewege zur Venus und zum Mars.

Will man in diese Bahnen gelangen, so muß man erstens die Anziehungskraft der Erde überwinden, zweitens muß die Geschwindigkeit, die wir durch die Erdbewegung mitbekommen, verändert werden. Für eine Venusreise ist dazu eine Geschwindigkeitsverminderung um etwa 2,5 km/s erforderlich. Wir erkennen hier den gleichen Zusammenhang wie bei den Satellitenbahnen.

Zum Übergang in die Reiseellipse brauchen wir einen Antriebsbedarf von 11,2 km/s + 2,5 km/s = 13,7 km/s. Wenn man aber das Fahrzeug sofort auf eine hyperbolische Geschwindigkeit beschleunigt, so daß es mit ausreichender Restgeschwindigkeit die Einflußsphäre der Erdanziehung verläßt, wird nur eine Anfangsgeschwindigkeit von etwa 11,5 km/s benötigt. Dieses überraschende Ergebnis erhalten wir auf Grund physikalischer Gesetze, die wir hier nicht näher erläutern können. Die Astronauten werden sie sich zunutze machen, indem sie, wenn es möglich ist, danach trachten, die errechnete Geschwindigkeit in einer zusammenhängenden Antriebsperiode zu erreichen, und es vermeiden, die Geschwindigkeiten „anzustückeln".

Nun haben wir bis jetzt weder den Luftwiderstand noch die Verluste durch die Schwerkraft berücksichtigt. Ihretwegen muß man in der Praxis mit einem Antriebsbedarf von ungefähr 13 km/s rechnen, das heißt, das Fahrzeug müßte in der Lage sein, nach der Ziolkowskischen Gleichung eine Geschwindigkeit von 13 km/s zu erreichen. In diesem Fall könnte es in die Berührungsellipse übergehen und ohne weiteren Antrieb die Venusbahn erreichen.

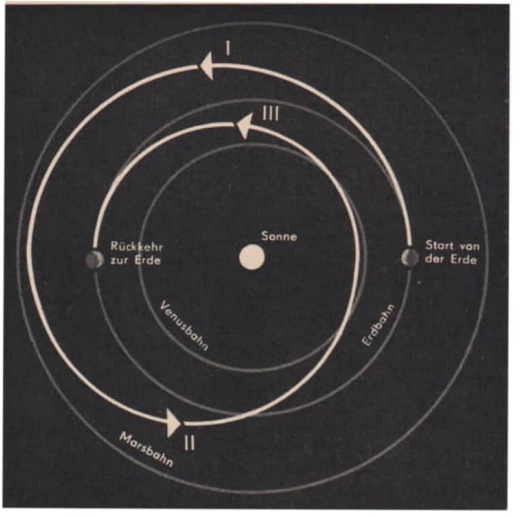
Einen ähnlichen Wert erhält man für die Reise zum Mars. Im Gegensatz zur Venusreise müßte jedoch die Geschwindigkeit des Fahrzeuges, die sich durch die Erdbewegung ergibt, erhöht werden, so daß sich seine Bahn zu einer Ellipse aufweitet, die im sonnenfernsten Punkt die Marsbahn berührt.

Das klingt sehr einfach. In Wirklichkeit komplizieren verschiedene Umstände die Reise erheblich. Wir müssen uns vor Augen halten, daß die Fahrt auf den „billigen" berührenden Ellipsen sehr lange dauert. Zur Venus brauchten wir etwa 146 Tage, zum Mars 260 Tage. Die Bahnlänge beträgt ein Vielfaches der kürzesten Entfernung zwischen den Planetenbahnen. Während der Abstand zwischen Erd- und Marsbahn im Durchschnitt „nur" 78 Millionen Kilometer groß ist, hat die „billigste" Bahn von der Erde zum Mars eine Länge von rund 600 Millionen Kilometern.

Wir können auch nicht zu einem beliebigen Zeitpunkt starten, sondern nur dann, wenn der Zielplanet sich in einer ganz bestimmten Stellung zur Erde befindet, so daß er genau zum gleichen Zeitpunkt wie das Fahrzeug die Berührungsstelle seiner Bahn mit der Reiseellipse erreicht.

Es wäre sicher sehr aufschlußreich, einen Meßgerätesatz in eine solche Ellipsenbahn zu bringen. Er könnte am Mars oder der Venus vorbeifliegen und Messungen durchführen. Sodann würde er sich auf seiner Bahn weiterbewegen und nach einem vollen Umlauf um die Sonne wieder die Erdbahn erreichen. Zweifellos sind die vorhandenen sowjetischen Raketen bereits zu dieser Leistung fähig. Leider käme eine

„Rundreise"
Erde—Mars—
Venus—Erde
(nach W. Hohmann)



solche Mars-Sonde zwar nach 520 Tagen zur Erdbahn zurück, aber nicht zur Erde, denn diese trifft erst nach zweimal 365 Tagen, also 210 Tage nach der Mars-Sonde, an der Berührungsstelle beider Bahnen ein. Ähnlich ginge es der Venus-Sonde. 292 Tage nach dem Start hätte sie einen Umlauf um die Sonne vollendet und ihren Abflugpunkt wieder erreicht. Die Erde jedoch käme erst rund 73 Tage später dorthin, weil sie eine andere Umlaufzeit hat.

Inzwischen kann die Sonde aber nicht anhalten und warten, bis die Erde sie eingeholt hat. Sie muß unweigerlich – wie jeder natürliche Planet auch – weiterfliegen und bewegt sich abermals auf derselben Ellipsenbahn wie vorher um die Sonne. An eine Rückkehr wäre nicht zu denken, und die Meßergebnisse könnten nur durch Funk übermittelt werden.

Bei einem unbemannten Meßgerätesatz könnte man wohl auf die Rückkehr zur Erde verzichten, nicht aber bei bemannten Raumfahrzeugen. Hier gibt es einen Ausweg aus dem Dilemma. Wenn das Raumschiff auf dem Zielplaneten landet, kann es dort warten, bis der Planet die richtige Abreisestellung erreicht hat, und dann zurück zur Erde fliegen. Sparsamer wäre es, nicht zu landen, sondern das Raumschiff in eine Satellitenbahn um den Zielplaneten zu bringen. Dadurch könnte Treibstoff eingespart werden.

In jedem Fall erfordert das Wartemanöver zusätzliche Treibstoffmengen. Das Raumschiff besitzt nämlich bei seiner Ankunft am Zielplaneten eine andere Geschwindig-

keit als dieser, und es muß sich ihr erst anpassen. Auch für den Übergang in eine Satellitenbahn um den Zielplaneten oder gar für die Landung wird Treibstoff gebraucht. Ebenso muß beim Verlassen des Zielplaneten oder der Satellitenbahn und beim Übergang in die Heimreiseellipse eine Treibstoffmenge ähnlicher Größe zur Verfügung stehen. Alles in allem ergibt sich ein Antriebsbedarf von mehr als 25 km/s für eine Expedition zu unseren Nachbarplaneten. Das ist eine deutliche Warnung für alle, die in einem verständlichen Überschwang der Begeisterung den Boden des heute technisch Möglichen verlassen möchten.

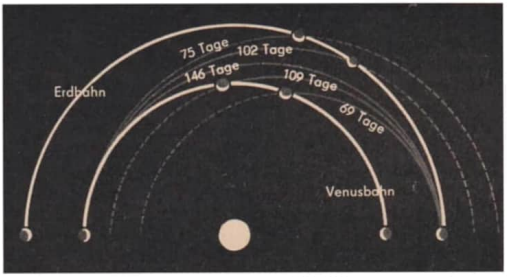
Voreilige Erwartungen werden auch durch einen anderen Umstand gedämpft. Die Wartezeiten betragen bei einer Marsreise 455, bei einer Venusreise 470 Tage. Die Gesamtreisezeit wächst dadurch für die Marsreise auf 975, für die Venusreise auf 762 Tage. Der Nahrungs- und Sauerstoffbedarf der Raumfahrer für die zwei bis drei Jahre dauernde Expedition erfordert enorme Nutzlastgewichte, die sich wesentlich von denen einer Mondexpedition unterscheiden.

Alle diese Schwierigkeiten haben die Pioniere der Raumfahrt nicht davon abhalten können, sich einen Überblick über die möglichen Reiserouten zu verschaffen. Seit vielen Jahren liegen bereits umfangreiche Berechnungen vor. Dr. Walter Hohmann, der im März 1945 bei einem Angriff auf Essen ums Leben kam, veröffentlichte schon 1925 in seinem Buch „Die Erreichbarkeit der Himmelskörper" eine ganze Reihe von Reiserouten. Beachtung verdient unter anderem sein Vorschlag, ein Raumschiff so auf drei verschiedenen Ellipsenbogen fliegen zu lassen, daß es innerhalb von anderthalb Jahren sowohl die Mars- als auch die Venusbahn berührt. Die Abbildung auf Seite 217 zeigt uns die Bahn der „Rundreise". Sie würde die Wartezeiten ersparen, und bei günstiger Stellung der Nachbarplaneten unserer Erde könnte man beide aus der Nähe kennenlernen, ohne allerdings auf ihnen zu landen.

Der sowjetische Astronautiker Ary Sternfeld berechnete 1932 über 65 Raumschiffbahnen zwischen Merkur und Pluto und gab für jede von ihnen die Bahnelemente und die notwendigen Raketenmanöver an. Wir dürfen annehmen, daß die Berechnungen der Raumfahrtpioniere schon jetzt durch elektronische Rechenmaschinen erweitert und verbessert werden. Die früheren Berechnungen waren stets Überschlagsrechnungen, weil die möglichen Bahnstörungen ohne moderne Hilfsmittel nicht in jedem Fall ausreichend berücksichtigt werden konnten. Außerdem waren die Astronautiker bis vor kurzem noch nicht in der Lage, exakte kosmische Fahrpläne aufzustellen, weil die mittlere Entfernung Erde–Sonne, die „astronomische Einheit", nicht genügend genau bekannt war. Sowjetischen Astronomen gelang es 1961, mit Hilfe von Radio–Echo–Beobachtungen der Venus die astronomische Einheit wesentlich genauer als vorher zu bestimmen. Sie beträgt 149 457 000 km mit einer Unsicherheit von weniger als 5000 km. Damit haben die Bahnberechnungen eine sichere Grundlage erhalten. Die Leistungen der vorhandenen chemischen Raketen dürften allerdings bei weitem noch nicht ausreichen, um vielköpfige Forschergruppen zum Mars oder zur Venus zu entsenden. Vorerst muß sich die Erforschung unserer Nachbarplaneten auf den Einsatz unbemannter Meßgerätesätze beschränken.

Der erste Schritt in dieser Hinsicht war der Start der sowjetischen Venussonde am 12. Februar 1961. Eine Mehrstufenrakete transportierte einen schweren Erdtrabanten in eine Umlaufbahn um die Erde – acht Tage nach einen Vorversuch mit einem

„Schnittige" Ellipsenbahnen Erde—Venus (nach W. Hohmann)



6,5 Tonnen schweren Testsatelliten. Als der Erdtrabant den für den Abflug der Venussonde günstigsten Punkt seiner Bahn erreicht hatte, startete von ihm eine kosmische Rakete in der vorgesehenen Richtung und beschleunigte die Venussonde auf eine Geschwindigkeit, die um 661 m/s größer war als die zweite astronautische Geschwindigkeit. Die Richtung mußte dabei so gewählt werden, daß die Venussonde nach ihrem Austritt aus dem Wirkungsbereich der Erdanziehung hinter der Erde zurückblieb, also eine geringere Geschwindigkeit besaß als die Erde in ihrer Bahn um die Sonne. Dadurch gelangte die Venussonde in eine Ellipsenbahn, auf der sie sich allmählich der Bahn der Venus näherte.

Hätten die sowjetischen Forscher bei der Wahl des Starttermins lediglich das Ziel verfolgt, den Treibstoffverbrauch möglichst niedrig zu halten, so wäre ihre Wahl auf den 13. Januar 1961 gefallen. An diesem Tage befanden sich Erde und Venus gerade in einer Stellung zueinander, bei der die Venussonde mit geringstem Treibstoffverbrauch genau in eine berührende Ellipsenbahn hätte gebracht werden können. Diese Stellung der beiden Planeten wiederholt sich jeweils nach etwa 19 Monaten.

Tatsächlich startete die Venussonde aber einen Monat nach diesem Termin, und sie wurde in eine Bahn gebracht, die sowohl die Erd- als auch die Venusbahn nicht berührt, sondern schneidet. Solche „schnittigen" Ellipsen setzen einen größeren Treibstoffverbrauch voraus. Der erhöhte Antriebsbedarf kann aber in Kauf genommen werden, wenn die Abweichungen vom günstigsten Starttermin klein bleiben und sich die schnittige Ellipsenbahn nur unwesentlich von der berührenden Ellipsenbahn unterscheidet. In diesem Fall wird der raketentechnische Mehraufwand vollauf durch einige Vorteile gerechtfertigt, die für den Ablauf des Unternehmens wichtig waren. Erstens konnte die Dauer der Reise zwischen Erde und Venus von 146 auf 97 Tage – also um ein Drittel – verkürzt werden. Zweitens wurden bessere Voraussetzungen für die Funkverbindung zwischen Erde und Venussonde geschaffen. Beim Flug auf einer berührenden Ellipse hätte der Abstand zwischen der Erde und der Venussonde bei deren Ankunft am Ziel etwa 90 Millionen km betragen. Diese Distanz verkürzt sich durch die schnittige Bahn auf 70 Millionen km. Der dritte Vorteil: Die Venusbahn durchstieß Mitte Mai 1961 – also zur Zeit der Ankunft der

Venussonde – gerade die Erdbahnebene. Dadurch entfallen die Schwierigkeiten, die aus dem Neigungswinkel der beiden Planetenbahnen zueinander herrühren. Dank dieser Besonderheiten wird die Bahn der Venussonde sicher ein Vorbild bei künftigen interplanetaren Reisen sein. Der Versuch mit der Venussonde hatte die Aufgabe, zu erforschen, wie ein Raumfahrzeug auf eine interplanetare Bahn gebracht und eine Funkverbindung über große Reichweiten hergestellt werden kann. Weiterhin sollten die Steuerungssysteme der Sonde erprobt und eine Reihe physikalischer und astronomischer Forschungen angestellt werden. Zu diesem Zweck war die Sonde mit einer Anzahl von Meßgeräten ausgerüstet, mit denen unter anderem kosmische Strahlungen, Teilchenstrahlungen der Sonne, Magnetfelder, Mikrometeoritenzahl und Temperaturverhältnisse untersucht wurden. Systeme von Sonnen- und chemischen Batterien lieferten den Strom für die Meßgeräte, die Steuerung und die Funk- und Sendeanlagen der Station. Ein automatisches Orientierungssystem unterband alle Drehbewegungen der Sonde nach ihrem Aufstieg, richtete die Sonnenbatterien auf die Sonne aus und sollte schließlich bei Annäherung an die Venus auch eine scharf bündelnde Parabolantenne in Richtung Erde drehen.
Funkmeßstationen auf dem Territorium der Sowjetunion und auf Spezialschiffen erforschten genau jede Phase des Aufstiegs der Sonde, und ein besonderes Zentrum für kosmische Funkverbindungen stellte auch bei Entfernungen über 100 000 km eine doppelseitige Funkverbindung mit der Sonde her, steuerte ihre Einrichtungen und empfing die Informationen über Distanzen von mehreren Millionen Kilometern. Leider gelang es noch nicht, diese Verbindung bis zum Eintritt der Sonde in die Wirkungssphäre der Venus aufrechtzuerhalten. Die Ursache dafür könnte ein Meteoritentreffer, ein Defekt am Orientierungssystem oder eine andere Störung gewesen sein. Mit der sowjetischen Venussonde wurde zum erstenmal eine Nutzlast von 643,5 kg in eine interplanetare Bahn gebracht, eine Brücke zwischen der Erde und einem Nachbarplaneten geschlagen, und es wurden erste Erfahrungen für künftige interplanetare Reisen gesammelt. Der Start aus einer Umlaufbahn und die Wahl einer Reiseellipse, die bei einem vertretbaren Mehrverbrauch an Treibstoff die Flugdauer erheblich verkürzt, stellen wichtige praktische Fortschritte dar.
Die Zukunft wird zeigen, ob einmal bemannte Raketen mit chemischem Antrieb auf ähnlichen Bahnen zu den Nachbarplaneten vordringen. Allerdings deutet die Entwicklung der letzten Jahre darauf hin, daß neue Triebwerkarten, insbesondere die elektrischen Raketen, zum Verzicht auf die Keplerschen Ellipsenbahnen führen werden. Auf den Skizzenblättern der Forscher zeichnen sich die Umrisse neuartiger interplanetarer Fahrzeuge ab, die von künftigen Raumstationen der Erde starten und ununterbrochen während ihres gesamten Fluges zwischen den Planeten angetrieben werden. Die ersten Bahnen dieser kosmischen Fahrzeuge sind schon berechnet, und der Tag scheint nicht mehr fern, an dem der Mensch auch in dieser Hinsicht die Natur nicht mehr einfach nur nachahmt und seine interplanetaren Raumschiffe auf Planetenbahnen fliegen läßt, sondern ihnen neue Bahnen zumißt, von denen die ersten Raumfahrtpioniere noch nicht zu träumen wagten und für die es in der Natur keine Vorbilder gibt.
Angesichts dieser Perspektiven verlieren Betrachtungen über die Zukunft des interplanetaren Verkehrs mehr und mehr den Beigeschmack des Utopischen. Wir haben allen Grund, optimistisch zu sein.

Landung auf anderen Himmelskörpern

Mit besonderer Liebe pflegen die Verfasser von Raumfahrtromanen jenen Augenblick zu schildern, in dem zum erstenmal Menschen ihren Fuß auf einen anderen Himmelskörper setzen. Die Pioniere der Raumfahrt haben diesen Knotenpunkt der kommenden Entwicklung aus dem Bereich phantastischer Träume in die Sphäre wissenschaftlicher Überlegungen und Berechnungen gerückt.

Die Landung auf einem Himmelskörper wirft ähnliche Probleme auf wie die Rückkehr zur Erde. Ein Raumschiff, das von einem interplanetaren Flug zur Erde zurückkommt, erhält, wenn es nicht gebremst wird, durch die Anziehungskraft der Erde eine Fallgeschwindigkeit von 11,2 km/s. Ebenso wird es bei Annäherung an einen anderen Himmelskörper mit wachsender Geschwindigkeit auf ihn zustürzen, wenn es die erforderliche Flugrichtung hat. Wird es nicht gebremst, so prallt es mit einer Geschwindigkeit auf dem Zielplaneten auf, die ebenso groß ist wie die Fluchtgeschwindigkeit für diesen Himmelskörper. Bei genauer Durchrechnung ergeben sich etwas andere Werte, die auf Unterschiede zwischen den Bahngeschwindigkeiten von Himmelskörper und Raumschiff zurückzuführen sind.

Dennoch liefern uns die Angaben über die Fluchtgeschwindigkeit für die einzelnen Himmelskörper einen ersten Anhaltspunkt dafür, welche Anforderungen eine „weiche" Landung an die Leistungsfähigkeit der Raketentriebwerke oder anderer Bremsmittel stellen wird. Gleichzeitig lassen sie erkennen, wie schwer es im einzelnen sein wird, sich wieder von dem besuchten Himmelskörper zu lösen.

Die Fluchtgeschwindigkeiten sind recht unterschiedlich. In erster Linie hängen sie von der Masse der Himmelskörper ab. Die Riesen unter den Planeten des Sonnensystems, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, haben derartig hohe Fluchtgeschwindigkeiten, daß mit chemischen Treibstoffen weder eine Landung noch eine Loslösung möglich sein wird. Pluto, der rund vierzigmal so weit von der Sonne entfernt ist wie unsere Erde, stellt ein wenig anziehendes Ziel für bemannte Raumreisen dar, denn seine Temperatur liegt nur wenige Grade über dem absoluten Nullpunkt (−273 °C).

Merkur besitzt zwar eine recht geringe Fluchtgeschwindigkeit, doch sind die Bedingungen an seiner Oberfläche ebenfalls sehr ungastlich. Er dreht der Sonne stets dieselbe Seite zu. Dort herrschen Temperaturen von etwa 350 °C, während auf der Nachtseite ähnliche Kältegrade wie auf dem Pluto anzutreffen sind. Vielleicht wagen später einmal kühne, mit weiterentwickelten Hilfsmitteln versehene Astronauten die Landung in der schmalen Randzone zwischen Tag- und Nachtseite, dort, wo man einigermaßen erträgliche Temperaturen erwarten kann.

Himmelskörper	Fluchtgeschwindigkeit (in km/s)	Himmelskörper	Fluchtgeschwindigkeit (in km/s)
Erdmond	2,38	Jupiter	61
Merkur	4,2	Saturn	37
Venus	10,3	Uranus	22
Erde	11,2	Neptun	25
Mars	5,0	Pluto	10 (?)

So bleiben uns zur Diskussion vorerst nur die beiden erdnahen Planeten Venus und Mars, unser guter alter Mond sowie die vielen tausend Planetoiden, schließlich die Monde der Planeten Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.
Die Planetoiden bewegen sich hauptsächlich im Raum zwischen Mars und Jupiter. Die größten dieser Zwergplaneten haben einen Durchmesser von einigen hundert Kilometern, aber man kennt bereits auch viele kleinere von wenigen Kilometern Durchmesser. Vielleicht, ja wahrscheinlich sind es nur große Felsbrocken. Man hat sogar vermutet, daß sie die Trümmer eines großen Planeten sind, der einst zwischen Mars und Jupiter seine Bahn um die Sonne zog. Warum er in aber tausend Teile zerplatzte, wissen die Anhänger dieser Vermutung natürlich nicht. Manche meinen, der einstige Planet sei von seinen kriegerischen Bewohnern in die Luft gesprengt worden, und verbinden trotz der Fragwürdigkeit dieser Annahme damit die Warnung, endlich mit dem Bau von Massenvernichtungsmitteln Schluß zu machen.
Diese Abschweifung ist notwendig, weil sie uns am Verhalten eines der Raumfahrtpioniere erkennen läßt, welche Rolle ein Wissenschaftler in der kapitalistischen Gesellschaftsordnung zu spielen gezwungen sein kann, wenn er nicht konsequent genug ist. Hermann Oberth sprach 1954 in einem Buche die obengenannte Warnung aus und appellierte an die Vernunft – ein Jahr später stellte er sich in den Dienst der Army Ballistic Missile Agency. Diese USA-Forschungsstätte hat die Aufgabe, leistungsfähige Transportmittel für Massenvernichtungsmittel zu bauen ...
Die Planetoiden haben wegen ihrer geringen Masse nur eine unbedeutende Anziehungskraft und eine entsprechend niedrige Fluchtgeschwindigkeit von wenigen Zentimetern in der Sekunde. Landung und Loslösung sind einfach, und lediglich das Anpassungsmanöver an die Bahngeschwindigkeit und Richtung eines Planetoiden erfordert nennenswerte Treibstoffmengen. Man kann sie deshalb vielleicht als Stützpunkte im interplanetaren Raum verwenden. Ihre Substanz könnte einer fortgeschrittenen Raumfahrttechnik dazu dienen, die thermischen Atomraketen oder andere künftige Triebwerke mit Arbeitsstoff oder gar Brennstoff zu versorgen. Eine ähnliche Aufgabe könnten die Monde der großen Planeten erfüllen. Von ihnen aus wäre es leicht, den Zustand ihrer Planeten zu erforschen. Doch das gehört bereits zu einer Periode der Raumfahrt, von der wir offenbar weiter entfernt sind als von der Erforschung des Erdmondes, der Venus und des Mars.
Die Landung von Meßgerätesätzen – später von Menschen – auf unseren nächsten Himmelskörpern wird um so einfacher sein, je besser sich die Planetenatmosphäre zur Abbremsung eignet. In dieser Hinsicht wäre die Venus das günstigste Objekt. Die Dichte ihrer Atmosphäre unterscheidet sich am wenigsten von der unserer Erde. Andererseits gliche eine Venuslandung einem Kopfsprung in unbekanntes Gewässer. Eine gleichförmige und zusammenhängende Wolkenschicht verwehrt uns jeden Blick auf ihre Oberfläche. Die Astronauten der Zukunft werden, bevor sie eine Landung wagen, zunächst mit unbemannten Meßsonden gründlich den Schleier durchdringen.
Allerdings dürfen sie nicht damit rechnen, eine Atmosphäre anzutreffen, die in ihrer Zusammensetzung der irdischen entspricht. Die Gashülle der Venus besteht hauptsächlich aus Kohlendioxyd, und trotz sorgfältiger Untersuchungen fanden die Wissenschaftler bis vor kurzem keine Spur von Wasser und freiem Sauerstoff. Einige Forscher vermuteten, das auf der Venus ursprünglich vielleicht vorhandene

Wasser habe sich unter der Einwirkung der Sonnenstrahlung mit dem Kohlendioxyd zu Formaldehyd verbunden, und die in der Gashülle schwebenden Kristalle dieses Stoffes verursachten die Trübung. In jüngster Zeit erst gelangen von einem Stratosphärenballon aus einige Beobachtungen, die auf Wasserdampf in der Wolkenhülle der Venus hindeuten. Alle diese Fragen werden mit Sicherheit beantwortet werden können, wenn die Astronautik den Wissenschaftlern neue Forschungsmöglichkeiten erschlossen hat.

Eine Landung auf dem anderen erdnahen Planeten würde weit weniger dem Sprung ins Ungewisse gleichen. Die Marsatmosphäre ist dünn und durchsichtig. Nur gelegentlich lassen sich schwache Wolken beobachten, die sich stets bald wieder auflösen und vermutlich aus gefrorenem Wasser bestehen, ferner auch Staubwolken. Die Mars„luft" besteht hauptsächlich aus Stickstoff. Sie enthält geringe Mengen des Edelgases Argon, ferner Spuren von Kohlendioxyd und Wasserdampf, während Sauerstoff bis jetzt noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte. Im Gegensatz zur Erde, wo wir in Seenähe einen Luftdruck von durchschnittlich 1013 Millibar messen können, beträgt der Luftdruck am Boden der Marsatmosphäre nur etwa 80 Millibar. Wasser würde auf dem Mars schon bei etwa 42 °C sieden. Wollten wir auf Erden den gleichen Luftdruck antreffen, so müßten wir uns bis in 17 bis 18 km Höhe begeben.

Es wäre aber verfehlt, wollte man annehmen, dadurch würde die Landung auf dem Mars wesentlich erschwert. Vielmehr haben neuere Untersuchungen gezeigt, daß die früheren Vorschläge von Ziolkowski, F. A. Zander und auch Jurij Wassilewitsch Kondratjuk große Bedeutung gewinnen können. Sie schlugen einst vor, geflügelte Raumschiffe zur Landung auf solchen Planeten zu verwenden, die eine Gashülle besitzen.

Die Verhältnisse auf dem Mars kommen dem entgegen. Einmal hat der Mars eine geringere Anziehungskraft als unsere Erde, und es gilt, „nur" eine Fallgeschwindigkeit von 5 km/s in einem langen Gleiflug abzubremsen. Wegen der geringeren Anziehungskraft des Mars unterscheidet sich auch der Aufbau seiner Atmosphäre wesentlich von dem unserer Lufthülle. Der Mars vermag nicht, die Gashülle so stark an sich zu fesseln, wie es die Erde kann. Luftdruck und -dichte nehmen deshalb auf dem Mars mit zunehmender Höhe viel langsamer ab als auf der Erde. So kommt es, daß etwa 25 bis 30 km über der Marsoberfläche die Gashülle ungefähr ebenso dicht ist wie die Luftschicht der Erde in dieser Höhe, in den Schichten darüber sogar noch dichter. Das versetzt die künftigen Marsbesucher in die Lage, die gleichen Bremsverfahren wie bei der Landung auf der Erde anzuwenden. Nach einem langen Gleitflug können sie ziemlich sanft aufsetzen, denn auf dem Mars hat das Gerät nur 38% des irdischen Gewichtes. Eine Landung mit geflügelten Raumraketen hat wie jede andere Landungsart, bei der die Luft zur Abbremsung ausgenützt wird, die Aufgabe, den Treibstoffbedarf herabzusetzen. Dadurch wird die Rückkehr zur Erde ermöglicht oder erleichtert.

Im Gegensatz zur Erde und ihren Nachbarplaneten besitzt der Erdmond keine oder zumindest eine sehr viel dünnere Atmosphäre. Seine geringe Anziehungskraft vermag Gase kaum festzuhalten. Durch Sonnenstrahlung würden sich die Gasteilchen erwärmen und eine Bewegungsgeschwindigkeit von über 2,4 km/s erhalten. Sie genügte, die Einflußsphäre des Mondes ungehindert zu verlassen. Aus dem gleichen

Grunde besitzen auch die Planetoiden keine Gashülle und auch kein Oberflächenwasser. Wollte jemand den Erdmond mit einer künstlichen Atmosphäre ähnlich der Erde ausstatten, so wäre das ein zweckloses Unterfangen. Es sei denn, er hindere die Luft durch eine undurchlässige Schicht am Entweichen. Von solchen Glasstädten mit einer künstlichen Atmosphäre werden wir noch hören.
Eine weiche Landung auf dem Mond erfordert den Einsatz von Bremsraketen. Selbstverständlich können hierbei die gleichen Triebwerke wie bei der Abreise von der Erde benutzt werden. Vor der Landung muß das Fahrzeug um 180° gedreht werden, so daß die Öffnungen der Raketendüsen in Flugrichtung zeigen.
Der zusätzliche Treibstoffverbrauch für die Landung belastet natürlich alle Mondflugpläne erheblich. Um die Fallgeschwindigkeit von 2,38 km/s abzubremsen, bedarf es einer zusätzlichen Raketenstufe. Vielleicht wird es deshalb leichter sein, auf der Venus oder dem Mars zu landen als auf dem Erdmond. Vorher sind noch außerordentlich komplizierte und schwierige Probleme zu lösen, die wir hier nur andeuten konnten. Alles in allem dürfen wir jedoch feststellen, daß kein Umstand bekannt ist, der eine Landung auf unseren benachbarten Himmelskörpern zum Scheitern verurteilen könnte.

Neue Kolonien?

Wenige Jahre scheinen uns heute von dem Tag zu trennen, an dem Menschen andere Himmelskörper betreten. Neue Quellen der Erkenntnis und des Wissens werden aufbrechen – so meinen die einen; neue Quellen des Reichtums und der Macht – so meinen andere. Wiederum sollen unerhörte Reichtümer erobert werden, wie einst, als die Schiffe der Konquistadoren aufbrachen, die Gold- und Silberschätze Amerikas zu erbeuten und die Schatzkammern der europäischen Herrscher und die Truhen der Kaufleute zu füllen.
Zu gern wird das, was uns bevorsteht, mit dem Auszug des Kolumbus verglichen. Ein Beispiel: Wernher von Braun wurde einmal von einer amerikanischen Dame zurechtgewiesen. „Niemals werden wir amerikanischen Frauen es dulden, daß unsere Männer eines ihrer gefährlichen Raumschiffe betreten, um die Erde zu verlassen!" Seine Antwort: „Was wäre wohl aus Amerika geworden, wenn Mistress Kolumbus genauso gedacht hätte wie Sie, als Christoph Kolumbus aufbrach, um Amerika zu entdecken?" – Das Los der Urbevölkerung Amerikas aber erwähnte der Sohn des ehemaligen Leiters des Ostkommissariats nicht.
Was geschah damals? Fremde Länder wurden gewaltsam erobert und ausgebeutet. Wertlosen Tand gab man für erlesene Kostbarkeiten, Glasperlen für Goldklumpen. Raub, Mord und schändliche Gewalttaten, Slavenjagden und Ausrottung der einheimischen Bevölkerung – das waren die Kulturtaten der europäischen Konquistadoren, der Eroberer. Soll sich all das wiederholen, was Marx so treffend kennzeichnete? „Die Kolonialgeschichte entrollt ein unübertreffliches Gemälde von Verrat, Bestechung, Meuchelmord und Niedertracht. Die Entdeckung der Gold- und Silberländer in Amerika, die Ausrottung, Versklavung und Vergrabung der ein-

geborenen Bevölkerung in die Bergwerke, die beginnende Eroberung und Ausplünderung von Ostindien, die Verwandlung von Afrika in ein Gehege zur Handelsjagd auf Schwarzhäute bezeichnen den Beginn der kapitalistischen Wirtschaftsweise."

Die Internationale Astronautische Föderation (IAF), die Dachorganisation astronautischer Gesellschaften, beschloß zwar vor einigen Jahren: „Wenn eine Weltraumfahrt zu einem Himmelskörper führt, auf dem vernunftbegabte Wesen leben, so darf keine Landung vorgenommen werden, wenn nicht ausdrücklich festgestellt ist, daß weder für die Insassen des Raumfahrzeuges noch für die zu erforschenden Lebewesen eine Gefahr mit der Landung verbunden ist. Die Landung darf erst erfolgen, wenn das Einverständnis der zu Besuchenden dafür vorliegt."

Das klingt sehr philantropisch. Wirft man jedoch einen Blick in die Produkte westlicher Romanschriftsteller, so kann man feststellen, daß heute bereits eine Eroberung ideologisch vorbereitet wird, die sich von den einstigen schmählichen Eroberungszügen und den Kolonialmethoden z. B. in Algerien nur dadurch unterscheidet, daß sie kosmische Maßstäbe aufweist. Der übereinstimmende Grundzug aller dieser utopischen Machwerke ist es, dem jugendlichen Leser – und nicht nur diesem – klarzumachen, daß es der Sinn der Weltraumfahrt sei, alle Laster, Verbrechen und Abscheulichkeiten der kapitalistischen Gesellschaftsordnung auf andere Planeten und auf die Planeten anderer Fixsterne auszudehnen. Ein interplanetarisches Imperium unter Leitung eines diktatorischen Regierungsplaneten, Expeditionen in den galaktischen Raum mit Sieg und fetter Beute, Vernichtung anderer und deshalb widerwärtiger Kulturen auf fernen Fixsternplaneten, galaktische Diktaturen der menschlichen Herrenrasse, Chaos und erbarmungslose Barbarei wären danach die kosmischen Perspektiven der Menschheit. Wir wollen uns nicht weiter in unerquickliche Einzelheiten verlieren.

Kein Wunder, wenn angesichts dieser geistigen Ausschweifungen der Nobelpreisträger Prof. Max Born erklärte: „Raumfahrt ist Ausübung der menschlichen Lust nach Abenteuer, des Triebes, das Äußerste zu versuchen und anerkannte Grenzen zu brechen. Raumfahrt ist ein Sport, der heute militärisch wichtig ist und daher von den Trägern der politischen Macht gefördert wird. Außer dem großen Geschäftsinteresse derjenigen, die daran verdienen, sehe ich nicht, daß Weltraumfahrt zum materiellen Wohlstand der Menschen beiträgt." Raumfahrt, so meint der ehrwürdige Atomphysiker, sei zwar „ein Triumph des Verstandes", zugleich aber „ein tragisches Versagen der Vernunft". Wie konnte dieser Gelehrte, der mithalf, eine ganze Generation von Atomwissenschaftlern auszubilden, zu einer so pessimistischen Auffassung kommen?

Eine Gesellschaftsordnung, in der die Atombomben auf Hiroshima und Nagasaki mit christlichem Segen versehen werden, der Mond zum Eroberungsfeld nuklearer Waffen gemacht und der kalte Krieg in den interplanetaren Raum getragen werden soll, fordert zu diesem Pessimismus heraus, wenn man die Kraft der friedliebenden Menschen nicht kennt.

Kann man mit der Vernunft der Kapitalisten rechnen? Im November 1961 brachten die USA mit einer Rakete 350 Millionen Kupfernadeln in eine Satellitenbahn um die Erde, weil sie sich von diesem kosmischen Drahtverhau Vorteile für die militärische Nachrichtenübermittlung versprachen. Bedenkenlos setzten sie sich über die Warnungen zahlreicher Wissenschaftler hinweg, die gegen dieses intellektuelle Ver-

brechen protestierten. Doch was kümmert es die Kapitalisten, ob die radioastronomische Forschung oder der Flug von Raumschiffen dadurch behindert wird?
Und welcher kapitalistische Staat würde in Wirklichkeit den philanthropischen Beschluß der Internationalen Astronautischen Föderation respektieren und sich einen möglichen Profit entgehen lassen? Die Geschichte zeigt, daß sich die Kapitalisten nie gescheut haben, alle ethischen Ansichten und moralischen Mäntelchen über Bord zu werfen, wenn es ihre Macht- und Profitgier erforderte und sie stark genug waren. Es wäre unrealistisch, zu hoffen, daß kapitalistische Weltraumexpeditionen nicht wiederum zu einem „tragischen Versagen der Vernunft" führten.
Welche perversen Ansichten gewisse Ratgeber der USA vertreten, erfahren wir aus folgendem Zitat: „Der ungeheuere Geldaufwand, den die Raumfahrt verschlingt, kann nur mit militärischen Gründen gerechtfertigt werden. Schon die ersten Etappen zu einem solchen Unternehmen, wie der Einsatz unbemannter Satelliten und der Abschuß bemannter Raumfahrzeuge, sind nur dann angebracht, wenn man sich einen militärischen Vorteil davon versprechen kann." Diese Worte stammen aus dem Munde des einstigen Nazigenerals und Kommandeurs der Heeresversuchsanstalt Peenemünde, Walter Dornberger. Seit dreißig Jahren bemüht er sich, wirksame Waffen für Flächenziele, Fernraketen und ähnliche Massenvernichtungsmittel zu schaffen. Im Dienste der deutschen Imperialisten arbeitete er fünfzehn Jahre daran, aus der Rakete zu den Planetenräumen die „Raumwaffe" zu schmieden, die letzte Hoffnung der Faschisten. Heute ist er maßgebender Berater der US-Rüstungsfirma Bell Aircraft Corporation und fordert, die USA sollen einen Satelliten entwickeln, der Atomwaffen tragen könne!
Dornberger ist keine Ausnahme. Die amerikanischen Raketenexperten Beller und Bergaust empfehlen: „Die Verfechter und Enthusiasten der Raumfahrt tun gut daran, einen vielleicht voreilig oder verdächtig erscheinenden Eifer im Interesse ihrer Sache zu bezähmen und dem Volk und seinen gewählten Vertretern in aller Sachlichkeit die wirtschaftlichen und politischen Möglichkeiten der Raumfahrt aufzuzeigen ..." Dem Volk – damit sind weder die Neger in Little Rock noch die Fabrikarbeiter in Detroit und die Arbeitslosen gemeint, sondern die Aktionäre der Riesentrusts, die Konzerngewaltigen und Milliardäre. Ihnen sollen die Enthusiasten nachweisen, wie man die Raumfahrt in den Dienst der Politik der Stärke stellen, wie man aus ihr neue und noch größere Profite herausschlagen kann.
Das Rezept ist keineswegs neu. Es entspricht den Bedingungen, unter denen die Verfechter der Raumfahrt im Kapitalismus zu arbeiten haben. „Die Bourgeoisie hat die heiligen Schauer der ritterlichen Begeisterung in dem eiskalten Wasser egoistischer Berechnungen ertränkt, den Mann der Wissenschaft in ihren bezahlten Lohnarbeiter verwandelt." (Aus dem Kommunistischen Manifest, 1848.)
So kam es, daß die Schwärmer der Raketenjahre ihre Ideale der Profitgier preisgaben und sich verkauften. Damit es diesmal nicht so weh tut, stellen die Rüstungsherren in weiser Vorsorge schmerzlindernde Mittel bereit. In der amerikanischen Raketenzeitschrift „Jet Propulsion" erscheinen ganzseitige Inserate, mit denen Wissenschaftler geworben werden und die den Lesern einhämmern: „Defense is everybody's business." Ein schöner Spruch, der jedoch gleich zwei Lügen auf einmal enthält. „Defense" heißt laut Wörterbuch „Verteidigung". Kann man aber von Verteidigung sprechen, wenn die Amerikaner Hunderte von Raketenstützpunkten rings

um die Sowjetunion errichten? „... is everybody's business" – „... ist jedermanns Geschäft". Das letzte große „Geschäft" dieser Art, der zweite Weltkrieg, kostete 55 Millionen Menschen das Leben. Verdient haben daran nur wenige, zum Beispiel die Aktionäre der Rüstungsfirma Douglas Aircraft, die jetzt diese Inserate veröffentlicht, um die amerikanischen Wissenschaftler in moralische Vollnarkose zu versetzen, damit sie willig die Atomraketen „Thor", „Honest John", „Nike" und „Ding-Dong" bauen und den Profit der Firma Douglas steigern.

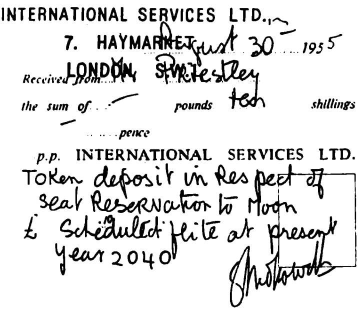
„Wohlstand nur für große Geschäftsinteressenten" – Prof. Born hat allen Grund zu dieser Befürchtung. Profit- und Machtgier waren in den kapitalistischen Ländern die entscheidenden Faktoren in der bisherigen Entwicklung der Raketentechnik und Raumfahrt. Die wenigen Enthusiasten, die sich um des menschlichen Fortschrittes und der Erkenntnis willen mit Raumfahrt befaßten, erwiesen sich gegenüber den Vertretern der Macht als ohnmächtig. Sie mußten sich und ihre Pläne verkaufen oder sie scheiterten. Heute ist die kapitalistische Raketenindustrie ein profitabler Geschäftszweig mit fetten Dividenden – aber nur für die „großen Geschäftsinteressenten".

Schon stürzen sich die Bodenspekulanten auf Ländereien, die ihnen nicht gehören. Vielleicht hoffen sie, daß sie mit den neuen Kolonien mehr Glück haben als mit den alten. Nachdem in den letzten Jahren ein Kolonialreich nach dem anderen zerbrochen ist, eine Kolonie nach der anderen ihre Unabhängigkeit und Freiheit erkämpfte, erhoffen sich die unverbesserlichen Profitmacher bei der „Eroberung" des Weltraums neue fette Beute. In New York und San Franzisko verkaufen findige Grundstücksmakler seit Jahren Gelände auf dem Mond. Beim Grundbuchamt in Chikago und bei der UNO wurde ein „Himmelsstaat" mit dem schönen Namen Coelestia angemeldet. In Japan werden seit 1956 Flächen auf dem Mars verkauft. Im Oktober 1957 waren es schon 16 000 Hektar. Es fehlen „nur" die Raketen, die neuen Kolonien in Besitz zu nehmen. Kein Wunder, wenn nach der Landung des Lunik 2 auf dem Mond die Hauptsorge vieler Kapitalisten der Frage galt: Gehört der Mond nun der Sowjetunion?

Es fanden sich sofort westliche Rechtsgelehrte, die feststellten, eine „bloße symbolische Besitzergreifung durch Aufpflanzen eines Hoheitszeichens genüge nicht, um eine Gebietshoheit zu begründen". (Neue Zürcher Zeitung, 3. Nov. 1959.) Sicherheitshalber wurde gleich hinzugefügt, daß irgendwelche territorialen Ansprüche auch dann nicht anerkannt würden, wenn es gelingen sollte, mit einer bemannten Rakete auf dem Mond zu landen.

Dieses Hinweises an die Adresse der Sowjetunion bedurfte es nicht. Die UdSSR hatte bereits eindeutig erklärt, sie denke nicht daran, auf dem Monde Land zu okkupieren. Es ist nur eigenartig, daß die westlichen Rechtsgelehrten zwar aktiv werden, wenn eine sowjetische Rakete einige Wimpel zum Monde trägt, jedoch stillschweigend zusehen, wenn geschäftstüchtige Kapitalisten Gebiete verkaufen, die ihnen nicht gehören. Ungewollt liefern sie durch ihr Verhalten ein kosmisches Beispiel für den Klassencharakter der kapitalistischen Justiz.

Vor zehn Jahren begann die Hayden-Planetarium-Gesellschaft mit dem Verkauf von Flugscheinen für eine Fahrt zum Mond und engagierte sogar eine Stewardeß. In New York nimmt die Reiseagentur Philipp Jones & Co. seit Jahren Anzahlungen auf einen Mondflug entgegen. Selbst in dem nüchternen England findet Ena Molesworth, die Leiterin der Firma International Services Ltd., seit 1955 zahlreiche zahlungskräftige


INTERNATIONAL SERVICES LTD.,
7. HAYMARKET August 30 1955
LONDON
Received from S.R. Jestley
the sum of — pounds ten shillings
— pence
p.p. INTERNATIONAL SERVICES LTD.
Token deposit in Respect of seat Reservation to Moon & Scheduled flite at present year 2040

Originalquittung für einen Mondflug

und -willige Opfer, die der Firma ihr Geld anvertrauen für die obskure Aussicht, binnen 85 Jahren (!) einen reservierten Platz in einer Mondrakete in Anspruch nehmen zu dürfen. – 1957 waren schon über 30 000 Mondflugkarten verkauft. Im Februar 1961 begann eine amerikanische Versicherungsgesellschaft mit ihren ersten Untersuchungen über „Weltraumversicherungsaspekte". Raumpiloten können bei ihr Versicherungspolicen über 5000 bis 25 000 Dollar für jeden Flug erwerben. Auf diese Weise verdient der geistige Vater dieser Raumfahrtversicherung, General James Doolittle, gleich doppelt an der USA-Raumfahrtforschung – einmal in seiner Eigenschaft als Vorsitzender der Laboratorien für Weltraum-Technologie, zum anderen als Mitglied des Aufsichtsrates der Versicherungsgesellschaft. Wie man sieht, ist Raumfahrt ein sicheres Geschäft für Leute, die es verstehen, die Freiheiten der kapitalistischen Gesellschaftsordnung auszunutzen.

All das erklärt Prof. Borns Befürchtungen. Die Kapitalisten würden, wenn es nach ihrem Willen ginge, erneut unzählige Verbrechen auf sich laden und das wiederholen, was einst bei der Eroberung und Knechtung der alten Kolonien geschah.

Natürlich haben auch die westdeutschen Kapitalisten den neuen Braten schon gerochen. Ihre Ansprüche meldete im Oktober 1958 der Vorsitzende der Westdeutschen Gesellschaft für Raketentechnik und Raumfahrt e. V., Prof. Eugen Sänger, auf einer Tagung dieser Gesellschaft an. Schließlich sind es seine Geldgeber! Seine Worte zeigen uns, wie tief die alten kolonialistischen Vorstellungen in den Hirnen jener Menschen verwurzelt sind. Jetzt fürchten sie, bei der geplanten „zweiten kolonialen Eroberung" wieder einmal zu spät zu kommen. Sänger erklärte: „Während in Deutschland philosophische Erwägungen über Sinn oder Unsinn der Raumfahrt angestellt werden, vollzieht sich in der Welt gegenwärtig der Übergang der Raumfahrt aus ihrer ersten Phase theoretischer und experimenteller Forschung in die Phasen der technischen Entwicklung und Anwendung. Der Vorgang ähnelt fatal jenem der letzten Jahrhunderte, als die Länder der Erde politisch verteilt wurden, während innerdeutsche Zwistigkeiten dieses Land mit sich selbst beschäftigten und bei der Verteilung der Reichtümer dieser Erde durchfallen ließen."

Diese Ideologie kostete, wie wir nur zu gut wissen, unserem Volke im ersten Weltkrieg zwei Millionen Tote, im zweiten mehr als fünf Millionen Tote. Ungeachtet dieser bitteren Erfahrung erklärte Sänger weiter: „Wir wollen heute hinzufügen, daß, wer sich heute noch in Deutschland gegen Raumfahrt stellt, sei es aus Unwissenheit oder Böswilligkeit, unseren deutschen Kindern den **Platz an der Sonne** zu schmälern trachtet, den wir ihnen sichern möchten, indem auch Deutschland an der Eroberung des Weltraums teilnimmt."

„Platz an der Sonne?" Den forderte 61 Jahre zuvor im Reichstag der Fürst Bernhard von Bülow, damals Staatssekretär des Auswärtigen Amtes. Dieser Wortführer der deutschen Reaktion setzte später als Reichskanzler seine ganze Kraft ein, den deutschen Junkern und Großkapitalisten den „Platz an der Sonne" zu verschaffen. Für die Opfer dieser Politik, für die Millionen Tote der beiden Weltkriege fand sich nur ein Platz ein Meter unter der Erde, in den Tiefen des Meeres, im Wüstensand oder in den Verbrennungsöfen und Massengräbern der faschistischen Vernichtungslager.

Die Überlebenden sind nicht gewillt, nun einen gleichwertigen Platz im Raume einzunehmen. „Das arbeitsame und begabte deutsche Volk hat der Welt viele große Denker und hervorragende Wissenschaftler, Dichter und Musiker geschenkt, es hat eine mächtige Industrie geschaffen und besitzt einen hohen Lebensstandard, es hat dies ohne Annexion fremder Territorien erreicht, wozu es von Hitler und Goebbels verführt wurde. Zeigt dies denn nicht, daß das deutsche Volk seine Zukunft auf dem Felde friedlicher Arbeit und nicht auf Kriegsschauplätzen suchen muß?" (Chruschtschow auf dem XXI. Parteitag der KPdSU, 5. Februar 1959.)

Wenn wir in unserer Republik keine praktische Raumfahrt betreiben, so bedeutet das nicht, daß uns die Erkenntnisse verschlossen blieben, die durch Sputniks und kosmische Raketen gewonnen werden. Genauso, wie das größte sozialistische Land unseren Wissenschaftlern seine Erfahrungen bei der Erschließung der Atomkraft vermittelt und uns hilft, Atomkraftwerke zu bauen, genauso wird sich der sozialistische Internationalismus, die brüderliche Verbundenheit zwischen den sozialistischen Ländern auch in dieser Frage bewähren.

Bei der Beobachtung der Sputniks haben neun Stationen auf dem Gebiete unserer Republik eine wertvolle Arbeit geleistet. Die gewissenhaften Bahnvermessungen durch unsere Wissenschaftler fanden die besondere Anerkennung durch den Astronomischen Rat der Sowjetunion. Die Erkenntnisse, zu denen unsere Republik so einen Beitrag lieferte, bleiben nicht in sowjetischen Panzerschränken verborgen. Sie befruchten die Wissenschaft und Technik in allen sozialistischen Ländern und werden sich in naher Zukunft für jeden günstig auswirken.

Eine solche Zusammenarbeit, die frei ist von chauvinistischen Vorbehalten, kolonialistischen Eroberungsgelüsten und individualistischen Profitinteressen, dient dem Frieden und sichert ihn.

Uralt ist die Frage, ob auf anderen Himmelskörpern Leben existiert, ob vielleicht gar vernunftbegabte Wesen, den Menschen ähnlich, irgendwo in den Weiten des Alls leben. Einer der Philosophen aus der Frühzeit der Menschheit nahm die Antwort vorweg: Es sei widersinnig, eine einzige belebte Welt im unendlichen Weltraum anzunehmen, ebenso wie es unsinnig wäre, zu behaupten, auf einem weiten Gefilde könne nur ein einziger Kornhalm wachsen.

Wiederholt geschah es, daß Menschen um dieser Ansicht willen verfolgt wurden. Vor 2500 Jahren wagte es der griechische Philosoph und Wissenschaftler Pythagoras nicht, sich offen zu seiner Überzeugung zu bekennen, und teilte sie nur seinen vertrauten Schülern mit. Im Jahre 1584 erschien in London ein Buch, „Vom Unendlichen, dem All und den Welten". Sein Verfasser, der Italiener Giordano Bruno, ging noch weiter als Kopernikus, der die Sonne als Mittelpunkt des Weltalls annahm.

„Einzig ist der Himmel, das Universum, der allumfassende Äther, der unermeßliche Raum, worin sich alles regt und bewegt. Darin gibt es unzählige Gestirne, Sonnen und Planeten. Wir erblicken die Sonnen nur, weil sie leuchten, die Planeten bleiben unsichtbar, denn sie sind klein und dunkel. Es gibt auch zahllose Erden, die um ihre Sonnen kreisen, um nichts schlechter und nicht weniger bewohnt als der Globus. Denn kein vernünftiger Kopf kann annehmen, daß Himmelskörper, die vielleicht viel prächtiger als der unsere sind, nicht ähnliche oder noch vollkommenere Geschöpfe trügen als die Menschenerde."

Das war eine andere Lehre als das Dogma der katholischen Kirche, die verkündet hatte, Gott habe den Menschen, die Tiere und Pflanzen allein auf der Erde geschaffen, eine andere Lehre als die Worte der Bibel: „Und Gott machte zwei große Lichter: Ein großes Licht, das den Tag regiere, und ein kleines Licht, das die Nacht regiere, dazu auch die Sterne. Und Gott setzte sie an die Feste des Himmels, daß sie schienen auf die Erde ..." Also war Brunos Ansicht Ketzerei.

Mit grausamen Foltern und jahrelanger Dunkelhaft versuchte das katholische Kirchengericht, Giordano Bruno zum Widerruf zu zwingen. Es war vergeblich. Seinen Richtern und Henkern rief Bruno zu: „Ich erwarte euer Urteil mit geringerer Furcht, als ihr es fällt. Die Zeit wird kommen, wo alle sehen, was ich sehe." Weder Kerker noch Scheiterhaufen konnten seine Überzeugung brechen: „Das All ist unendlich, und endlose Sonnen mit ihren Planeten folgen in ihm ihrer Bahn."

Bruno starb den Ketzertod. Seine kühne Vermutung hat in der Zwischenzeit eine wissenschaftliche Grundlage gefunden, denn es zeigte sich, daß auch um andere Fixsternsonnen Planeten kreisen. Allein in unserem Milchstraßensystem gibt es etwa 100 Milliarden Fixsterne, und wieviel solcher Milchstraßensysteme gibt es im All? Ihre Zahl ist größer als 100 Millionen. Und da sollte es nur einen einzigen Planeten geben, auf dem die natürliche Entwicklung der Materie zu so hohen Formen des organischen Lebens geführt hat wie auf der Erde?

Wer freilich die Entwicklung zu leugnen versucht, die sich überall nach den Gesetzmäßigkeiten der Materie vollzieht, wer einem Zufall, vielleicht gar dem Eingriff eines übernatürlichen Wesens die Entstehung des Lebens zuschreiben möchte, wird, wenn er die Wahrheit und die gesellschaftliche Entwicklung fürchtet, sich sogar diesen Vernunftgründen verschließen.

In nicht allzu ferner Zukunft wird die Menschheit Gewißheit über den Entwicklungszustand der Nachbarplaneten unserer Erde gewinnen. Nach dem heutigen Stand der Erkenntnis dürfen wir nicht damit rechnen, dabei mit Intelligenzwesen zusammenzutreffen, hingegen sind niedere Lebensformen wie Flechten und Moose auf dem Mars nicht gänzlich ausgeschlossen.

Aber auch wenn in unserem Sonnensystem keine weiteren Spuren von Leben anzutreffen wären, so spricht das nicht für überlebte Anschauungen. Die Wissenschaftler haben nachgewiesen, daß die Entwicklung von Leben an bestimmte Bedingungen gebunden ist, die sich nur in eng begrenzten Bereichen in der Nähe von Fixsternen ergeben.

Die Existenz lebender Organismen setzt im wesentlichen die Erfüllung von drei Bedingungen voraus. Erstens muß eine Atmosphäre mit freiem Sauerstoff und zweitens muß Wasser in flüssiger Form vorhanden sein. Drittens darf die Temperatur weder zu niedrig noch zu hoch sein. Als äußerste Grenzen werden angegeben: –70 °C und +80 °C.

Nur drei Planeten unseres Sonnensystems, Venus, Erde und Mars, bieten die notwendige Temperatur, außerdem ein schmaler Gürtel zwischen Tag- und Nachtseite des Planeten Merkur.

Die drei Planeten bewegen sich in der Ökosphäre der Sonne. Darunter verstehen die Astronautiker jenen Bereich des Raumes um die Sonne, in dem die rotierenden Planeten auf Temperaturen erwärmt werden, wie sie für das Dasein lebender Eiweißverbindungen erforderlich sind. Die Ökosphäre hat die Form einer Kugelschale und umfaßt den Raum im Abstand von 92 bis 275 Millionen Kilometern von der Sonne.

Wie wir bereits erwähnten, werden die ersten beiden Bedingungen unserem Wissen nach nur auf unserer Erde erfüllt. Ob diese Feststellung zutrifft, werden wir wahrscheinlich noch zu unseren Lebzeiten erfahren. In jedem Falle verspricht die Erforschung des Sonnensystems weitaus tiefere Einsichten in die Entwicklungsgesetze der Materie, als sie sich auf der Erde gewinnen lassen. Auch diese Perspektive läßt die Astronautik immer mehr zu einem gesellschaftlichen Bedürfnis werden.

Haben andere Sonnen auch eine Ökosphäre? Ja, doch ist ihre Ausdehnung sehr unterschiedlich. Der polnische Wissenschaftler Jan Gadomski untersuchte alle bekannten Fixsterne, die nicht weiter als 17 Lichtjahre von unserer Sonne entfernt sind. Unter diesen 59 Sternen gibt es fünf mit sehr breiten Ökosphären.

Fixsternsonne	Entfernung von unserer Sonne (in Lichtjahren)	Breite der Ökosphäre (in Millionen km)
Sirius A	8,7	678
Atair	16,5	564
Prokyon	11,3	435
α Centauri B	4,3	216
Sonne	—	183

Elf Sternensonnen besitzen Ökosphären mit einer Breite zwischen etwa 151 und 41 Millionen Kilometern, die übrigen hingegen sehr schmale von etwa 10 Millionen Kilometer Breite.

Die Berechnungen des polnischen Gelehrten zeigen, daß die Möglichkeit der Existenz von Leben nicht auf unser Sonnensystem beschränkt ist.
Reisen zu anderen Fixsternsonnen gehören zweifellos nicht zum Forschungsprogramm unseres Jahrtausends. Ob sie im ersten Jahrhundert des kommenden Jahrtausends Wirklichkeit werden, ist ungewiß. Sicher ist nur, daß es heute utopisch erscheint, alle Planeten der Galaxis systematisch mit Raumschiffen zu erforschen. Immerhin hat unser Milchstraßensystem einen Durchmesser von etwa 80 000 Lichtjahren, das sind rund 800 Billiarden Kilometer, und enthält rund 100 Milliarden Fixsternsonnen und eine unbekannte Anzahl Planeten. Jeder einzelne Erdbewohner müßte also ungefähr 40 Fixsternsysteme erforschen!
Vor diesen Zahlen brauchen wir jedoch nicht zu erschauern. Die menschliche Sehnsucht nach einer Begegnung mit denkenden Wesen anderer Sterne, die in ungezählten Romanen ihren Niederschlag fand, kann auch erfüllt werden ohne solche massenweisen Expeditionen.
Das Mittel hierzu kennen wir seit dem Jahre 1888. Damals entdeckte Heinrich Hertz die elektromagnetischen Wellen, die Grundlage der modernen Funktechnik. 73 Jahre später überbrückten bereits die Funksignale der ersten sowjetischen Venussonde eine Distanz von mehreren Millionen Kilometern mit der Geschwindigkeit des Lichtes. Verglichen mit den Entfernungen auf der Erde ist das sehr viel. Die nächsten Fixsternsonnen sind aber mehr als zehnmillionenmal so weit von uns entfernt. Wird es gelingen, Nachrichtenverbindungen über derart große Entfernungen herzustellen? Mit den herkömmlichen Geräten erscheint das sehr fraglich. In den letzten Jahren hat sich jedoch ein neuer Zweig der Wissenschaft entwickelt. Die Quanten-Radiophysik wird mit ihren Forschungsergebnissen sowohl die Sende- als auch die Empfangstechnik revolutionieren. „Quantengeneratoren" erzeugen scharf gebündelte elektromagnetische Wellen, deren Energie außerdem auf einen sehr engen Frequenzbereich konzentriert ist. „Quantenverstärker" besitzen ein sehr geringes Eigengeräusch und können deshalb auch viel schwächere Funksignale empfangen als die üblichen Geräte. Sowjetische Gelehrte, die einen entscheidenden Beitrag zur Entwicklung der Quanten-Radiophysik leisteten, vertreten die Ansicht, mit ihrer Hilfe werde die Funkverbindung zwischen der Erde und den benachbarten Fixsternsystemen möglich.
Selbstverständlich können derartige Experimente nur gelingen, wenn die vermuteten außerirdischen Intelligenzwesen in ihrer Entwicklung mindestens eine ähnliche Stufe wie die irdischen Menschen erreicht haben, wenn sie eine hochentwickelte Funktechnik besitzen und an der Erforschung des Weltraumes arbeiten. Gibt es in dem uns nahen Teil der Galaxis solche Lebewesen? Das wissen wir natürlich noch nicht. Sofern aber intelligente Wesen existieren, die sich bewußt um die Verbesserung ihrer Lebensbedingungen und um Einsicht in die Naturgesetze bemühen und die dabei auch die elektromagnetischen Wellen entdeckt haben, ist es sogar wahrscheinlich, daß sie die Funktechnik in weit höherem Maße beherrschen als wir. Diese Behauptung mag zunächst verblüffen, ist jedoch gerechtfertigt. Die irdische Funktechnik entwickelte sich in einem historisch außerordentlich kurzen Zeitabschnitt von knapp 75 Jahren, und es ist kaum anzunehmen, daß den vermuteten außerirdischen Intelligenzwesen für die Entwicklung ihrer Funktechnik ein ebenso kurzer Zeitraum zur Verfügung stand. Trifft aber diese spekulative Annahme zu, so werden die

außerirdischen Wesen sowohl unsere Signale empfangen als auch selbst Signale aussenden können.
Die Deutung solcher Signale würde sicher sehr schwierig, aber nicht unmöglich sein. Wir denken dabei an die Erfolge sowjetischer Wissenschaftler bei der Übersetzung der rätselhaften Maya-Schriften mit Hilfe elektronischer Rechenmaschinen. Sollten nicht auch Intelligenzwesen verschiedener Sonnensysteme eine gemeinsame Sprache finden können? Kommt aber eine solche Nachrichtenverbindung zustande, so wird die menschliche Kultur daraus einen unvorstellbar großen Nutzen ziehen können.
Vorerst tragen diese skizzenhaften Überlegungen noch einen überwiegend theoretischen Charakter, denn die einsatzfähigen Instrumente genügen noch nicht für einen Nachrichtenempfang. Das National Radio Astronomy Observatory in Green Bank, Westvirginia, untersuchte zwar 1960 und 1961, ob aus den Fixsternsystemen Tau Ceti und Epsilon Eridani künstliche Signale zu uns dringen, mußte inzwischen jedoch diese Forschung einstellen, weil seine Radioteleskope nicht ausreichen, um die Entfernungen von 10 bzw. 12 Lichtjahren zu überbrücken. Sicher wird in den kommenden Jahrzehnten mit verbesserten Mitteln versucht werden, mit unseren „Brüdern im All" in Verbindung zu treten.
In der gegenwärtigen Phase tritt dieser Zweig der Raumforschung gegenüber den Versuchen zurück, die Ökosphäre unserer eigenen Fixsternsonne zu erforschen und mit bemannten Raumschiffen zu erschließen.
Bekanntlich nehmen die Ökosphären der Sternensonnen nur einen verschwindend kleinen Teil des Raumes um die Fixsterne und zwischen den Fixsternsystemen ein. Das bedeutet jedoch nicht, daß das Forschen und Wirken des Menschen unbedingt auf diesen begrenzten Raum beschränkt bleiben müßte. Der Mensch besitzt vielmehr die Fähigkeit, sich seine Ökosphäre zu schaffen und zu erhalten. Diese Feststellung reicht bereits in die Zukunft hinüber, steht aber auf dem Boden wissenschaftlicher Erkenntnisse.
Sobald der Mensch die wenige Kilometer hohe Schicht am Boden des Planeten Erde verläßt, muß er sich die ihm zuträgliche Ökosphäre schaffen. Neben der Antriebsfrage ist das ein Kernpunkt der Astronautik. In den nächsten Kapiteln wollen wir uns deshalb einen Überblick darüber verschaffen, welche Verhältnisse den Menschen im Weltraum erwarten und wie er sich auf sie vorbereiten und ihnen begegnen kann.

Das Schreckgespenst „Weltraumkälte"

Als sich der Ikarus der griechischen Sage, vor dem Zorn des kretischen Königs Minos fliehend, bei seinem Fluge zu sehr der Sonne näherte, schmolz das Wachs, das die Federn seiner selbstgefertigten Schwingen band ... Sollte nicht dort, wo die Strahlen der Sonne in voller Stärke wirken, durch keine Wolke, kein Staubteilchen geschwächt, eine Temperatur herrschen, die weit über der erträglichen liegt?
Dieser Ansicht begegnen wir recht selten, um so mehr aber ihrem Gegenteil. Durch Raumfahrtromane, ja selbst durch populärwissenschaftliche Bücher geistert mit erstaunlicher Zählebigkeit das Schreckgespenst der „Weltraumkälte".

Viele Menschen sind der Ansicht, der Weltraum habe eine Temperatur von –273 °C, also die tiefste Temperatur, die möglich ist. Vielleicht entstand diese Auffassung, als Ballone und Flugzeuge bei ihren Vorstößen in größere Höhen feststellten, daß die Temperatur immer mehr abnimmt. Mit jedem Kilometer Höhe sinkt die Temperatur um etwa 6 °C. Nicht wenig hatten die Eroberer des Luftraumes unter der eisigen Kälte zu leiden. Als am 30. September 1933 der Stratosphärenballon „UdSSR 1", von 24 320 Kubikmetern Wasserstoffgas emporgetragen, die Rekordhöhe von 19 km erreichte, betrug die Temperatur der Außenluft –65 °C. Mit elektrisch geheizten Westen, Stiefeln, Handschuhen und Kopfhauben suchten sich die Flieger zu schützen, die damals mit offenen Flugzeugen und 500-PS-Motoren bis in Höhen von 14 km vordrangen. Kein Wunder, wenn aus der Erfahrungstatsache „Je höher, um so kälter" die Schlußfolgerung gezogen wurde, den Menschen erwarte im Weltraum eine ungeheure Kälte.

Wird die „Weltraumkälte" die Raumreise zu einem tollkühnen und todbringenden Wagnis werden lassen? Bevor wir diese Frage beantworten, wollen wir uns daran erinnern, was wir unter Wärme und Temperatur verstehen.

Alle Körper bestehen aus sehr vielen kleinen Teilchen, die durch Zwischenräume voneinander getrennt sind. Diese Teilchen, die Moleküle, bewegen sich. Steigt die Temperatur, so wächst auch die Geschwindigkeit der Bewegung; bei sinkender Temperatur nimmt sie ab. Auf die Bewegung der Moleküle ist die Temperatur zurückzuführen. Kämen die Moleküle eines Stoffes völlig zur Ruhe, so hätte er die Temperatur des absoluten Nullpunktes: –273 °C. Eine niedrigere Temperatur ist physikalisch nicht denkbar.

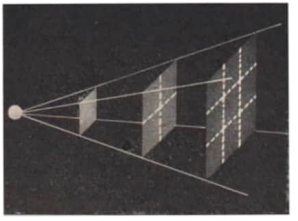
Temperatur ist nichts anderes als das Maß für die Wärmebewegung der Moleküle eines Körpers, für seinen Wärmezustand. Der Raum selbst hat keine Temperatur, er ist weder warm noch kalt, denn er besteht nicht wie ein Körper aus Molekülen. Es wäre deshalb gedankenlos und falsch, von der Temperatur des Weltraumes und von Weltraumkälte zu sprechen.

Sinnvoll ist hingegen die Frage nach der Temperatur, die ein bestimmter Körper im Weltraum annimmt. Jedoch kann diese Frage erst dann beantwortet werden, wenn man den Körper nicht isoliert, sondern im Zusammenhang mit seiner Umgebung betrachtet. Denn jeder Körper existiert nicht für sich, losgelöst und unabhängig von den anderen. Er gibt Wärmeenergie an seine Umgebung ab und nimmt Wärme aus seiner Umgebung auf.

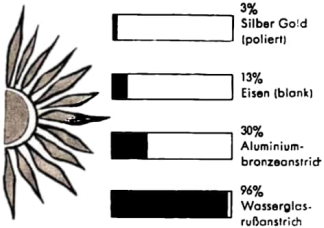
Den Inhalt des Begriffes „Umgebung" dürfen wir dabei selbstverständlich nicht auf den ursprünglichen irdischen Umfang beschränken. Im Weltraum können auch Himmelskörper im Abstand von vielen Millionen Kilometern noch zur näheren Umgebung gehören und einen spürbaren Einfluß ausüben. Wir denken dabei stets in erster Linie an unsere Sonne, die auf einen Körper im Weltraum unmittelbar wirkt, während zum Beispiel im winterlichen Zimmer ihre Wärme nur mittelbar zur Geltung kommt.

Betrachten wir die Wechselbeziehungen zwischen einem Körper und seiner Umgebung! Normalerweise geht die Übertragung von Wärmeenergie auf drei Arten vor sich. Einmal kann die Wärme innerhalb eines Körpers von Teilchen zu Teilchen fortgeleitet werden, zum anderen kann sie von frei beweglichen Stoffteilchen mitgeführt werden. Diese beiden Arten der Wärmeübertragung erfordern in jedem Fall

einen Stoff, der die Wärme transportiert. Beispiele dafür sind der Suppenlöffel und das heiße Wasser der Zentralheizung.
Natürlich eignet sich auch die Luft ausgezeichnet zum Transport von Wärmeenergie. Jedes Kubikzentimeter Zimmerluft enthält 27 000 000 000 000 000 000 Moleküle – allerdings nur in Meereshöhe. Mit wachsender Höhe vermindert sich die Teilchenzahl und damit auch die Transportmöglichkeit für Wärmeenergie. Es ist deshalb nicht verwunderlich, daß für einen in etwa 25 km Höhe schwebenden Körper die Wärmeübertragung durch Luftteilchen ganz beträchtlich gesunken und schließlich bei 40 km verschwunden ist. Obgleich einzelne Luftteilchen in großen Höhen eine sehr große Wärmeenergie besitzen können, ist wegen der geringen Teilchenzahl die Gesamtmenge der auf diese Weise übertragenen Energie bedeutungslos gegenüber einer dritten Art der Wärmeübertragung, der Wärmestrahlung.
Deutlich bekam diese Tatsache der schweizerische Forscher Professor August Piccard bereits in 15 km Höhe zu spüren. Trotz einer Außenluft-Temperatur von –55 °C stieg die Temperatur im Inneren der Kugelgondel seines Stratosphärenballons auf nahezu +40 °C. Wie kam es zu diesem Temperaturunterschied und zu der Backofenhitze in Piccards Gondel?
Im Weltraum wird Wärmeenergie praktisch ausschließlich durch Wärmestrahlung übertragen. Diese elektromagnetische Wellenstrahlung besteht im wesentlichen aus unsichtbarem infrarotem Licht. Sie ist nicht auf irgendwelche transportierende Moleküle angewiesen. Wäre es anders, würde uns die Sonne nicht wärmen. Der Wärmetransport durch Strahlung wird um so verlustfreier vor sich gehen, je weniger Stoffteilchen sich den Strahlen in den Weg stellen.
Hauptquelle der Wärmestrahlung im Weltraum ist die Sonne. Sie strahlt eine Energiemenge aus, die man sich kaum vorstellen kann. Eine Kugel von 290 km Durchmesser, mit Benzin gefüllt, würde den „Brennstoffbedarf" der Sonne gerade für eine Sekunde decken, und der Inhalt eines Benzinfasses von der Größe der Erde reichte nur einen Tag, um durch Verbrennung die gleiche Wärmeenergie zu erzeugen, die von der Sonne nach allen Seiten ausgestrahlt wird.
Nur ein verschwindend kleiner Teil der Sonnenenergie kommt den Planeten und ihren Monden zugute. Etwa die zweihundertmillionenfache Menge strahlt in den interstellaren Raum, den Raum jenseits unseres Sonnensystems aus.
Ein Raumschiff wird um so mehr Wärmeenergie erhalten, je näher es sich der Sonne befindet. Betrachten wir einen Körper, der den gleichen Abstand von der Sonne wie die Erde hat. Bei senkrechtem Einfall der Strahlung trifft auf jeden Quadratmeter seiner der Sonne zugewandten Fläche in einer Minute eine Wärmemenge, die ausreicht, um einen Liter Wasser um 20 °C zu erwärmen. Befände sich der Körper doppelt so weit von der Sonne entfernt, so müßte er die vierfache Fläche besitzen, um die gleiche Wärmemenge zu empfangen. Auf einen Quadratmeter entfällt also nur ein Viertel der ursprünglichen Wärmemenge. Im Abstand des Planeten Neptun, der etwa die dreißigfache Entfernung von der Sonne besitzt, beträgt die Stärke der Sonnenstrahlung nur noch $^1/_{900}$. Umgekehrt ist sie im halben Erdabstand von der Sonne viermal so stark. Wir erkennen hier den gleichen mathematischen Zusammenhang wie bei der Schwerkraft (Abb. S. 336 oben links).
Nun wird die Sonnenstrahlung aber nicht vollständig von dem Körper aufgenommen, auf den sie trifft. Bei manchen Körpern kann ein Teil mehr oder weniger ge-



Abnahme der Strahlungsintensität



Wärmeaufnahme durch verschiedene Oberflächen

schwächt hindurchgehen; sie sind durchlässig für die Wärmestrahlung, genauso wie Glas für das sichtbare Licht durchlässig ist. Ein Teil der Strahlung wird in jedem Falle zurückgeworfen, bei hellen und glatten Flächen sehr viel, bei dunklen und rauhen hingegen nur ein geringer Prozentsatz.

Der Rest der Wärmeenergie wird vom Körper aufgenommen und erwärmt ihn. Nicht ohne Grund schmilzt der Schnee in staubigen Industriegebieten schneller als in Gegenden, in denen er viele Tage hindurch weiß bleibt. Die dunkle, staubbedeckte Schneeoberfläche verschluckt die Sonnenstrahlen und die sonstige Wärmestrahlung. In China bestreut man deshalb Gletschereis, das man zum schnellen Abtauen bringen will, mit Ruß oder Kohlenstaub und kann auf diese Weise die Bewässerung beeinflussen.

Ein Raumschiff im Weltall nimmt aber nicht nur Wärmeenergie auf, es strahlt auch selbst wieder Wärme aus. Je heißer es ist, um so größer ist seine Wärmeausstrahlung. Sie wächst mit steigender Temperatur, genauer gesagt mit der vierten Potenz der absoluten Temperatur (gemessen in Grad Kelvin, °K). Erwärmt sich ein Körper zum Beispiel von 0 °C (273 °K) auf 273 °C (546 °K), so verdoppelt sich seine absolute Temperatur, und die Wärmeausstrahlung steigt auf das 2^4-fache, das Sechzehnfache.

Genauso wie die Wärmeaufnahme hängt auch die Ausstrahlung ferner von der Farbe und Beschaffenheit sowie der Größe der Oberfläche ab. Dunkle und rauhe Flächen strahlen die Wärme besser ab als weiße und glatte. Deshalb versieht man Thermosflaschen mit einer spiegelnden Oberfläche. Im Gegensatz zur Wärmeaufnahme erfolgt die Ausstrahlung nach allen Seiten, nicht etwa nur auf der Schatten- oder auf der Sonnenseite.

Auf Grund dieser Wechselbeziehungen zwischen Raumschiff und Umgebung können wir nun die Ausgangsfrage beantworten. Das Raumschiff nimmt auf der Sonnenseite Wärme auf und strahlt gleichzeitig Wärme nach allen Seiten ab. Bei einer bestimmten Temperatur ist die aufgenommene Energiemenge genau so groß wie die abgestrahlte. Das Raumschiff befindet sich dann im Strahlungsgleichgewicht. Diese Temperatur nimmt das Fahrzeug automatisch an und behält sie bei. Jede Zunahme über die Gleichgewichtstemperatur hinaus würde die Abstrahlung erhöhen und damit die Temperatur korrigieren. Umgekehrt ist es ausgeschlossen, daß die Tem-

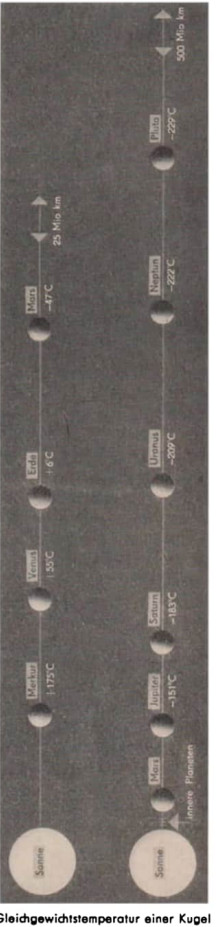
peratur unter die Gleichgewichtstemperatur sinkt, solange das Gleichgewicht nicht künstlich verändert wird. Die Temperatur ist also stabil.

Seit vielen Jahren sind wir in der Lage, die Gleichgewichtstemperatur für jeden bestimmen Fall hinreichend genau zu berechnen. Im Bereich der Erdbahn ergibt sich für einen kugelförmigen Körper mit vollkommen gleichmäßiger Oberfläche eine Gleichgewichtstemperatur von +6 °C. Aus der Abb. rechts ersehen wir, welche Temperatur ein kugelförmiger Körper in verschiedenen Abständen von der Sonne annimmt.

Schon in der Gegend der Mars- und der Venusbahn erhalten wir Temperaturen, an die der normale Mitteleuropäer nur mit Grausen denkt. Bestätigt sich damit die These von den Schreckgespenstern? Durchaus nicht! Wir können zwar die Gesetzmäßigkeiten in der Natur nicht nach unseren Wünschen ändern. Aber wir können sie geschickt ausnutzen und die Verhältnisse so ändern, daß das Strahlungsgleichgewicht in unserem Sinne beeinflußt wird und das Raumschiff die benötigte Temperatur annimmt.

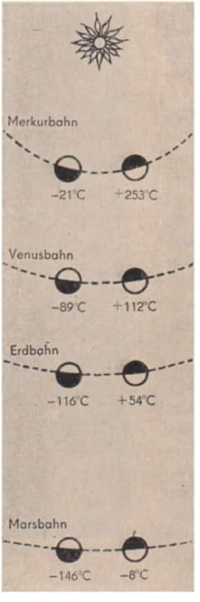
Bleiben wir zunächst noch bei der Kugel! Eine Hälfte ihrer Oberfläche versehen wir mit einem dunklen und rauhen Anstrich, die andere Hälfte mit einem hellen und polierten Überzug. Drehen wir jetzt die dunkle Seite zur Sonne, so wird die Kugel die Wärmestrahlung gut aufnehmen, während die Abstrahlung von Wärme auf der hellen Rückseite sehr klein wird. Die Kugel strahlt erst bei einer höheren Temperatur soviel Wärme ab, wie sie aufnimmt. Ihre Gleichgewichtstemperatur liegt jetzt höher. In der Marsbahn wäre sie nicht –47 °C, sondern –8 °C. Das ist schon annehmbarer.

Drehen wir hingegen die polierte Seite zur Sonne, so vermindert sich die Wärmeaufnahme außerordentlich, während die dunkle Rückseite intensiv die Wärme ausstrahlt. Würden die Sonnenstrahlen vollkommen zurückgeworfen, so läge sogar im Bereich der Merkurbahn die Gleichgewichtstemperatur nahe dem absoluten Nullpunkt. Eine solche radikale Temperaturverminderung beabsichtigen wir jedoch nicht. Es genügt, wenn die Blankseite der Kugel etwa 95% der Strahlung reflektiert.

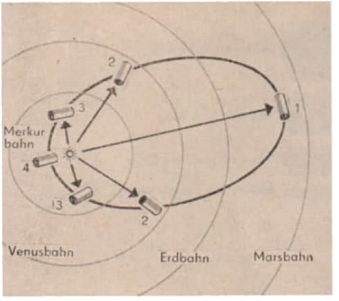


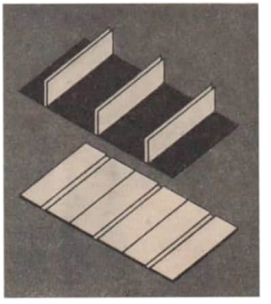
Gleichgewichtstemperatur einer Kugel
im Bereich der inneren Planeten | im Bereich der äußeren Planeten

Dann beträgt die Gleichgewichtstemperatur in der Gegend des Merkur –21 °C. Drehten wir aber die Blankseite von der Sonne fort, so stiege die Temperatur sogar auf +253 °C. Das werden wir natürlich unterlassen.
Mit dem einfachen Mittel des zweifarbigen Anstriches hätten wir somit den Raum zwischen Merkur und Mars von den Schreckgespenstern Kältetod und Hitzschlag befreit. Die Zwischentemperaturen können wir bequem einstellen, indem wir nach Bedarf die Kugel etwas drehen. Nur müssen wir in jedem Falle dafür sorgen, daß die Wärme stets gleichmäßig verteilt wird und von der Sonnen- zur Schattenseite fließen kann. Diese Aufgabe erfüllt bei den Sputniks eine Gasfüllung, die durch kleine Ventilatoren umgewälzt wird. Die Gaszirkulation bildet sich nämlich nicht wie auf der Erde von selbst aus, sondern muß künstlich aufrechterhalten werden, weil es wegen der Gewichtslosigkeit keine Wichteunterschiede zwischen kaltem und heißem Gas gibt. Durch die künstliche Gasumwälzung vermeiden wir Temperaturdifferenzen, die sonst die Gleichgewichtstemperatur verschieben würden.
Unsere Methode der Temperaturregelung können wir natürlich nur verwenden, wenn die erforderlichen Drehmanöver einwandfrei gelingen. Wir benutzen dabei das gleiche Hilfsmittel, das wir bereits bei den Bahnänderungen im Weltraum



Gleichgewichtstemperatur von Kugeln mit unterschiedlicher Oberfläche im Bereich der inneren Planeten



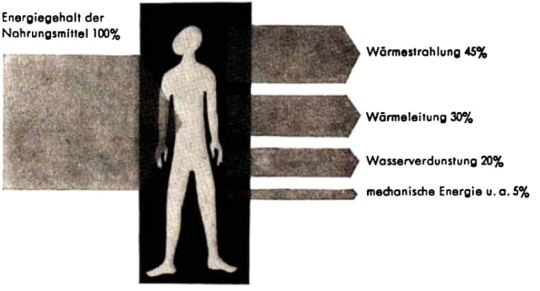


als Drehvorrichtung kennenlernten. Drehdüsen, aber auch Drehkreisel funktionieren unabhängig von der Umgebung des Raumschiffes. Wir brauchen nicht zu befürchten, daß bei ihrer Verwendung eine ähnliche Panne auftritt wie bei dem Stratosphärenflug Professor Piccards.

Der Forscher hatte die Kugelgondel seines Ballons mit einem zweifarbigen Anstrich versehen lassen, um die Temperatur nach Belieben einstellen zu können. Zum Drehen wollte er einen kleinen Propeller benutzen. Aber der Antriebsmotor versagte, weil die Akkumulatoren entladen waren. So wurde die Sonnenstrahlung von der schwarz angestrichenen Seite der Kugel aufgenommen, und die Temperatur im Innern stieg auf tropische Werte, obgleich die Außenluft 90 °C kälter war.

Wenn wir an Stelle einer Kugel eine andere Form des Raumschiffes verwenden, können wir die Temperatur zusätzlich durch Lageveränderungen regeln. Je kleiner die Fläche ist, die wir der Sonne zuwenden, um so niedriger liegt die Gleichgewichtstemperatur. Ein langer Metallträger würde selbst in Sonnennähe eine sehr geringe Temperatur annehmen, wenn nur seine Stirnfläche von der Sonnenstrahlung getroffen wird. „Weltraummonteure", die aus solchen Trägern eine Raumstation zusammenfügten, müßten demnach darauf achten, daß stets die Breitseite der Bauteile von der Sonne beschienen wird, sonst könnten sie sich leicht an den tiefgekühlten Trägern verletzen.

Durch zweckmäßigen Anstrich und durch Lageveränderungen lassen sich in weiten Bereichen des Sonnensystems die für unser Wohlbefinden erforderlichen Temperaturen erzeugen. Als Beispiel dafür betrachten wir die Temperaturregelung bei einem walzenförmigen Raumfahrzeug, dessen Mantel zur Hälfte weiß, zur Hälfte schwarz angestrichen ist. Auch die Grundkreise der Walze sollen eine unterschiedliche Farbe besitzen. Wir rechnen mit 95% Zurückwerfung durch die weiße, mit 5% Reflexion durch die schwarze Farbe. Nur durch Lageveränderung unserer Raumwalze könnten wir die Gleichgewichtstemperatur in weiten Bereichen des Sonnensystems auf 15 °C halten. Die Abbildung oben zeigt, welche Stellung unser Gerät auf einer Ellipsenbahn einnehmen muß, wenn es sich der Sonne bis auf 22 Millionen Kilometer nähert oder sich bis auf 205 Millionen Kilometer entfernt.



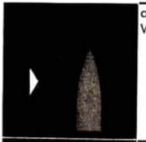
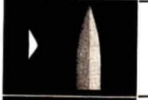
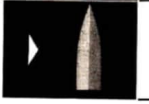
Unsere zweifarbigen Raumschiffe sind natürlich nur Modelle, und in der Praxis wird man eine bessere Methode verwenden als den zweifarbigen Anstrich. Diese Methode stammt von Ziolkowski. Er dachte sich das künftige Raumschiff mit einem mattschwarzen Anstrich versehen, der von einem Schuppenpanzer aus glänzendweißen Platten bedeckt werden kann. In dieser Stellung der Platten vermindern sich Wärmeaufnahme und -abgabe im notwendigen Umfang. Werden die Platten hingegen abgespreizt, so erreicht die Wärmestrahlung die mattschwarze Raumschiffoberfläche und heizt das Fahrzeug. Wird die Schattenseite freigegeben, erfolgt ein vermehrter Abfluß von Wärme (Abb. S. 239 oben rechts).

Der historische Vorschlag des Vaters der Raumfahrt spielt nicht nur in den heutigen Projekten eine Rolle, sondern wurde bereits in der Praxis mit Erfolg angewendet. Schon Sputnik 3 und Lunik 3 hatten eine derartige Vorrichtung an Bord, die automatisch mit Hilfe von Platten die Temperatur regelte.

Bei unseren Überlegungen haben wir bisher völlig außer acht gelassen, daß das Raumschiff nicht nur von der Sonne Energie empfängt. Auch die Vorgänge im menschlichen Körper erzeugen Wärme. Mehr als 95% der ausnutzbaren chemischen Energie ihrer Nahrungsmittel geben die Raumschiffpiloten in Form von Wärme an ihre Umgebung ab. Jeder Mensch ersetzt einen kleinen Ofen, der täglich rund 2500 Kilokalorien Wärme liefert. Das ist etwas weniger, als ein Braunkohlenbrikett bei seiner Verbrennung erzeugt. Wir können diese Tatsache nicht unbeachtet lassen.

Damit wir einen Überblick über ihre Auswirkung erhalten, haben wir einmal für ein granatenförmiges Raumschiff berechnet, wie sich die Gleichgewichtstemperatur ändert, wenn fünf Piloten mitfahren. Das Raumschiff sei fünf Meter lang und habe einen größten Durchmesser von drei Metern. Wir beschränken uns auf den Bereich der Erdbahn, verwenden aber verschiedene Anstriche und Lagen. Die Rechnung ergibt, daß sich die Temperatur im allgemeinen nur unerheblich erhöht.

Außer den Menschen befinden sich aber noch andere Wärmequellen an Bord. Die zahlreichen unentbehrlichen Geräte erzeugen nebenbei Wärme. Wir wollen annehmen, unser Raumschiff sei mit Geräten ausgerüstet, die etwa 10 Kilowatt an elektrischer Leistung benötigen. Zwanzig mittlere Bügeleisen hätten den gleichen

Lage zur Strahlungsrichtung, Oberflächenbeschaffenheit	Gleichgewichtstemperatur		
	ohne eigene Wärmequellen	mit fünf Raumfahrern	mit fünf Raumfahrern und Geräten (10 kW)
	+ 12 °C	+ 13,5 °C	+ 37,5 °C
	− 56 °C	− 53 °C	− 13 °C
	+ 72 °C	+ 74 °C	+ 101,5 °C
	− 107,5 °C	− 92 °C	+ 7,5 °C

Stromverbrauch. Der größte Teil dieser Energie wird in Wärme umgewandelt. Wegen der vermehrten Wärmezufuhr steigt die Gleichgewichtstemperatur erheblich, und es ergeben sich spürbare Unterschiede zu den bisherigen Werten.

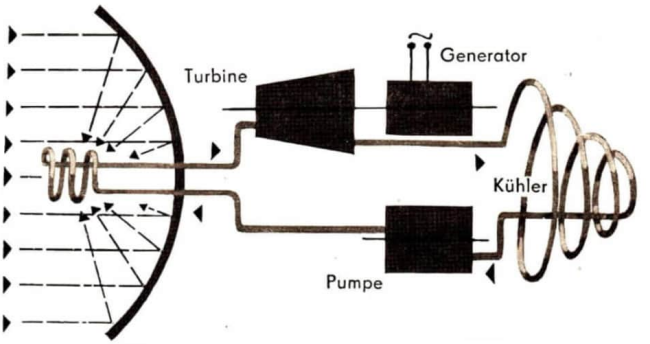
Im Bereich der Erdbahn wird es also bei Meßsatelliten und Raumschiffen kein Heizungsproblem geben, sondern eher ein Kühlungsproblem. Grundsätzliche Schwierigkeiten sind jedoch nicht zu erwarten. Wenn alle anderen Mittel nicht ausreichen, bleibt uns immer noch ein bewährtes Mittel: der Sonnenschirm. Im Schatten von Metallfolien vermögen wir uns der Sonne zu nähern, ohne zu verschmachten. Umgekehrt können wir auch über den Bereich der Marsbahn vordringen, wenn wir die dort schwächere Sonnenstrahlung mit Spiegeln auf unser Raumschiff konzentrieren. In sehr großem Abstand von der Sonne und gar im interstellaren Raum versagt auch diese Methode. Darüber brauchen wir uns aber keine Sorge zu machen. Ehe solche Reisen möglich sind, müssen neue Energiequellen für die Raumfahrt verfügbar sein, mit deren Hilfe dann auch interstellare Raumfahrzeuge ausreichend und ohne großen „Brennstoffverbrauch" geheizt werden können.

Mit Hilfe der Wissenschaft und Technik wird es nicht nur möglich sein, die Schreckgespenster Kälte und Hitze zu bändigen, sondern sie in nützliche „Geister" umzuwandeln, die dem Menschen helfen werden, Naturgeheimnisse zu entschleiern. Der Weltraum wird in den Händen des künftigen Astronauten ein gigantisches Forschungslaboratorium sein. Mit Sonnenschirmen und Spiegeln ist es möglich, auf einfache Art sehr extreme Temperaturen zu erzeugen. Dort können auch große Körper auf Temperaturen abgekühlt werden, die dem absoluten Nullpunkt sehr viel näher kommen, als es in den besten Kältelaboratorien auf der Erde möglich ist. Dabei kommt es nicht auf „Kälterekorde" an, sondern auf neue Forschungsmöglich-

keiten. Bei sehr tiefen Temperaturen zeigt eine Reihe von Stoffen in verschiedener Hinsicht ein ungewöhnliches Verhalten. Zum Beispiel sinkt der elektrische Widerstand in vielen Metallen sprunghaft in der Nähe des absoluten Nullpunktes; er verschwindet praktisch, so daß ein elektrischer Strom viele Stunden in unverminderter Stärke durch eine Drahtschleife fließen kann. Im Weltraum wird die Untersuchung dieser und anderer Erscheinungen leichter und umfassender durchgeführt werden können als auf der Erde.
Kälte- und Hitzeexperimente werden aber nur ein Teil der Aufgaben sein, die im Forschungslaboratorium Weltraum von den Wissenschaftlern der Zukunft bearbeitet werden. Es gibt noch andere, nicht minder wichtige Abteilungen in diesem einzigartigen Versuchsfeld.

Sonnenkraftwerke im All

Für den Betrieb der Meß- und Sendegeräte und der anderen Einrichtungen des Raumschiffes werden große Mengen von Energie hauptsächlich in Form von Elektrizität benötigt. Die Anlagen des Raumschiffes oder der Raumstation sollen viele Tage, Monate oder Jahre unabhängig von den Energiequellen der Erde arbeiten. Das erfordert neue Methoden der Energiegewinnung.
Die Höhenforschungsraketen schleppen zur Deckung ihres Energiebedarfs Batterien mit. Diese sind meist schwerer als die Meßgeräte und Übertragungseinrichtungen und verschlingen über 50% des Nutzlastgewichtes. Dabei brauchen die Batterien den Strom nur für wenige Minuten zu liefern! Es wäre deshalb unzweckmäßig, sich bei längeren Raumreisen auf diese Art der Energieversorgung zu stützen.
In den Plänen der Raumfahrtpioniere finden wir immer wieder den Vorschlag, sich der Strahlungskräfte der Sonne zu bedienen. „Unerschöpfliche Energie kann sich der Mensch nutzbar machen, wenn es ihm gelingt, im Weltraum Fuß zu fassen." Schon Ziolkowski erkannte diese Perspektive. Keine Wolke, kein Staubteilchen, weder die Lufthülle der Erde noch der Wechsel von Tag und Nacht beeinträchtigen im All die Stärke der Sonnenstrahlung. Jeder Quadratmeter Fläche erhält, wenn die Strahlen senkrecht auftreffen, im Erdabstand von der Sonne die Leistung von 1,4 kW oder 1,9 PS zugestrahlt. Damit könnte ein Durchschnittshaushalt seinen Stromverbrauch vollkommen decken. Eine Fläche von der Größe unserer Republik nimmt in 15 Minuten dieselbe Energiemenge auf, die von allen Kraftwerken der DDR in einem ganzen Jahr in Form von Elektroenergie geliefert wird (Stand des Jahres 1959).
Das Problem, Sonnenkraft in unmittelbar verwendbare Energieformen umzuwandeln, kann auf verschiedene Art gelöst werden. In sonnigen Gebieten der Erde gibt es Helioanlagen, die mit Spiegeln die Wärmestrahlung auf Dampfkessel konzentrieren. Den anderen Arten von Kraftwerken gegenüber haben sich diese Anlagen nicht durchsetzen können. Sie werden nur in Gegenden verwendet, die von den Stromversorgungsnetzen zu weit entfernt sind. Ein Hauptmangel ist ihre Abhängigkeit vom Standort und vom Wetter, von den Tages- und Jahreszeiten. Hinzu kommt, daß die Spiegel nur einen Bruchteil der Sonnenenergie auf den Dampfkessel konzentrieren, weil die Luft die Strahlung teilweise verschluckt und zerstreut.
Alle diese Nachteile entfallen im Weltraum. Hohlspiegel sammeln die unge-



schwächte Sonnenstrahlung, vereinigen sie in ihrem Brennpunkt und lassen die Flüssigkeit in der schwarzgestrichenen Rohrschlange verdampfen. Der Dampf wird einer Turbine zugeführt und gibt dort Energie ab. Die Turbine ihrerseits treibt einen Stromerzeuger an. Auf der Schattenseite des Spiegels befinden sich Kondensationsrohre, in denen sich der entspannte Dampf abkühlt und verflüssigt. Eine Pumpe fördert die Flüssigkeit zurück in die Verdampfungsrohre und schließt so den Kreislauf. Als Arbeitsflüssigkeit kommt nicht nur Wasser in Frage. Unter den Bedingungen des Weltraumes wäre sogar Quecksilber besser geeignet. Mit dieser Methode wird es voraussichtlich gelingen, etwa 30–35% der zugestrahlten Sonnenenergie in Elektrizität zu verwandeln. Demnach brauchen wir im Bereich der Erdbahn ungefähr 2–2,5 m^2 wirksame Spiegelfläche, um ein Kilowatt zu erzeugen.

Wollten wir an Stelle einer solchen Anlage einen irdischen Benzinmotor verwenden, so müßten wir unter Berücksichtigung der Verluste in jeder Stunde 0,3 Liter Benzin aufwenden, um ein Kilowatt zu erzeugen. Das klingt recht harmlos. Wir brauchen aber außerdem noch ein Kilogramm Sauerstoff zur Verbrennung dieser Benzinmenge. Je Kilowattstunde sind das schon 1,3 kg Treibstoff. Unangenehm ist nicht der irdische Preis dieser Stoffe, sondern der Umstand, daß man zu ihrem Transport die vielfache Menge an Raketentreibstoffen benötigt.

Die 10-kW-Anlage einer Raumstation verbrauchte bei dieser Methode in jeder Woche 2,2 Tonnen Benzin und Sauerstoff, deren Beförderung in die Kreisbahn schätzungsweise über 400 Tonnen Raketentreibstoffe verschlingen müßte. Ein Spiegel von 25 m^2 leistet ungefähr dasselbe. Die zugehörige Anlage dürfte etwa 500 kp wiegen und stellt eine einmalige Ausgabe dar. Für ihren Dauerbetrieb ist nichts weiter als etwas Schmieröl erforderlich.

Die Sonnenkraftgewinnung braucht nicht unbedingt auf dem Umweg über mechanische Energie zu erfolgen. Man kann Elektrizität auch direkt aus Sonnenenergie herstellen. Erwärmt man die Berührungsstelle zweier verschiedener Metalle oder auch Halbleiter, so entsteht ein schwacher elektrischer Strom. Allerdings ist die Spannung gering. Sie läßt sich aber vervielfachen, indem man eine Anzahl solcher

Thermoelemente hintereinanderschaltet und die Berührungsstellen so ordnet, daß sie abwechselnd nach verschiedenen Seiten liegen. Die eine Reihe der Berührungsstellen wird erwärmt, während die andere Reihe abgekühlt wird. Dabei entsteht ein Strom, dessen Spannung um so höher ist, je größer der Temperaturunterschied zwischen den beiden Reihen der Berührungsstellen ist. Auf der Erde beträgt der Wirkungsgrad einer solchen Thermosäule nur etwa 3%, aber unter den Bedingungen des Weltraumes wird eine Steigerung auf über 8% möglich sein.

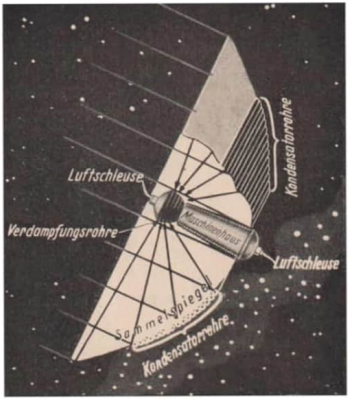
Mehr Zukunftsaussichten hat offensichtlich eine zweite Art der direkten Energieumwandlung. Fotozellen, wie sie in elektrischen Belichtungsmessern verwendet werden, erzeugen elektrische Energie aus Sonnenlicht. In den letzten Jahren gelang es, neuartige Materialien für den Bau solcher Sonnenbatterien zu entwickeln, mit deren Hilfe 6 bis 7%, neuerdings sogar 15% der einfallenden Strahlungsenergie in Elektrizität umgewandelt werden. Die Untersuchungen gehen weiter mit dem Ziel, nicht nur den Wirkungsgrad zu verbessern, sondern auch Fotozellen mit größerer wirksamer Oberfläche zu schaffen. Auf diesem Wege wird es möglich sein, je Quadratmeter etwa 0,3 kW zu gewinnen. Wie außerordentlich zuverlässig solche Fotozellen arbeiten können, bewies Sputnik 3. Sein mit Sonnenenergie gespeister Sender „Majak" funkte die Meßergebnisse fast zwei Jahre – genau 691 Tage – zur Erde, bis schließlich der Satellit nach 10 037 Erdumkreisungen am 6. April 1960 in die dichten Schichten der Atmosphäre eintrat und verglühte.

Betriebssicherheit, Lebensdauer und Verschleißfreiheit solcher Anlagen dürften die sowjetischen Forscher veranlaßt haben, mit großem Nachdruck die schwierigen Untersuchungen weiterzuführen. Damit verwirklichen sie Gedanken, wie sie von Ziolkowski und Zander dargelegt und später von Tichonrawow weiterentwickelt wurden. 1936 erschien in Moskau und Leningrad eine Arbeit von M. K. Tichonrawow, „Wege zur Nutzung der Strahlungsenergie für kosmische Flüge", in der dargelegt wird, wie man die mit Fotozellen gewonnene Sonnenenergie auch zum Antrieb von Raumschiffen verwenden kann. Auf derartige Verfahren werden wir noch eingehen.

Welche Methode man in der Praxis verwendet, hängt von den jeweiligen Anforderungen ab. Für große Raumstationen und Raumschiffe empfiehlt es sich wegen des hohen Wirkungsgrades, Verdampferanlagen zu benutzen. Doch können die besonderen Vorzüge von Sonnenbatterien die Konstrukteure auch veranlassen, auf diese Methode zurückzugreifen, besonders, wenn es gelingt, deren Leistungen weiter zu vergrößern. Das ist um so wahrscheinlicher, weil die Technik der neuartigen Materialien, der Halbleiter, noch recht jung ist. Für unbemannte Forschungsgeräte wird man ohnehin Fotozellen benutzen müssen, weil sie im Gegensatz zu den Verdampferanlagen nicht gewartet zu werden brauchen.

Außer diesen physikalischen Methoden der Energiegewinnung werden künftige Astronauten auch eine biologische Methode verwenden. „Biologische Sonnenkraftwerke" sind schon auf der Erde eine Grundlage für die Existenz von Menschen und Tieren. Die chlorophyllhaltigen Pflanzen wandeln Sonnenenergie in chemische Energie um und stellen aus einfachen Stoffen komplizierte Verbindungen her, die uns als Nahrung dienen. Zugleich vermögen nur die Pflanzen jenen Sauerstoff zu ersetzen, den Mensch und Tier verbrauchen. Was die Sonnenbatterien für die Geräte, das können die grünen Pflanzen für die Raumfahrer sein.

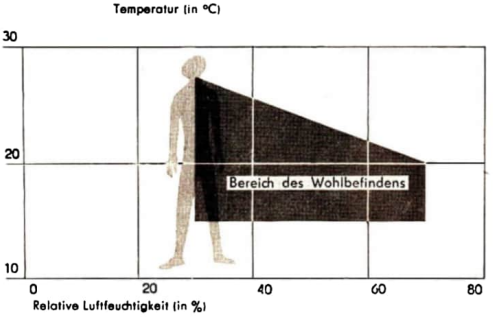
So stellte sich 1929 der Österreicher Potocnik die Energiestation im Weltraum vor



Die Sonnenkraftwerke besitzen allerdings einen Nachteil: Sie können nur im Bereich der inneren Planeten verwendet werden, dort also, wo die Sonnenstrahlung noch ausreichend stark ist. Fahrten über dieses Gebiet hinaus gehören gegenwärtig noch ins Reich der Theorie, und es wird geraume Zeit dauern, bis die notwendigen Transportmittel hierzu entwickelt sind. Vermutlich werden für die Versorgung von Meßgeräten und den Bedarf der Raumfahrer schon vorher geeignete Energiequellen verfügbar sein, die nicht mehr auf die Sonne angewiesen sind.

In verschiedenen Laboratorien arbeitet man jetzt an „Atomkraftwerken", die so klein und leicht sind, daß auch eine Raumrakete sie mitführen kann. Man versucht sogar, die Atomkraft ohne den gewöhnlichen Umweg (Wärmeenergie, mechanische Energie) direkt in elektrischen Strom zu verwandeln. Bei den „thermionischen Zellen" z. B. werden elektrische Ladungen durch Reaktorhitze abgespalten und auf einer Fangschicht niedergeschlagen. Dadurch entsteht eine Spannung von etwa einem halben Volt. Diese oder eine ähnliche Methode wird es gestatten, mit außerordentlich geringen Mengen von „Brennstoff" auszukommen.

Zur Zeit gibt es zwar noch mannigfache Schwierigkeiten, jedoch vertreten sowjetische Wissenschaftler die Ansicht, es sei möglich, nichtmaschinelle thermoelektrische Umformer mit einem Wirkungsgrad von 50–60% zu schaffen. Diese neue Energiequelle könnte die irdische Energiewirtschaft revolutionieren. Mit Aufmerksamkeit verfolgen die Astronauten deshalb die Entwicklung der Atomtechnik. Sie erhoffen sich eine leistungsfähige Energiequelle nicht nur für die Versorgung des Raumschiffes, sondern auch für den Antrieb im interplanetaren Raum. Elektrische Triebwerke könnten die Raumfahrt auf eine neue, höhere Stufe heben. Wir werden später auf diese Pläne noch eingehen.



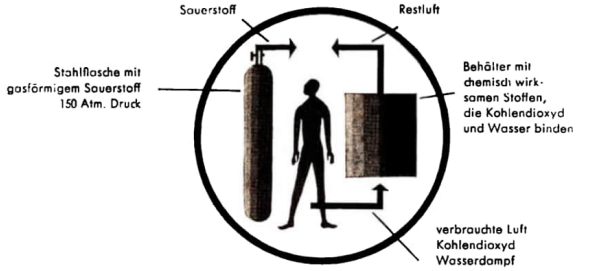
Grenzen des menschlichen Wohlbefindens in einer Raumschiffkabine (nach Burgeß)

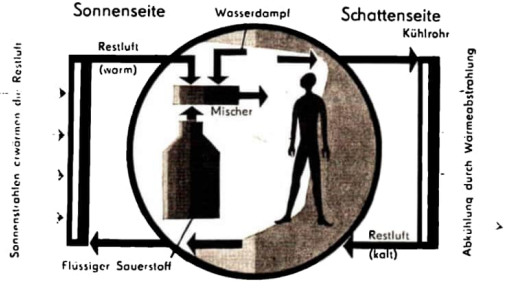
Luftversorgung im luftleeren Raum

Nicht ohne Grund haben wir bei unseren bisherigen Gedankenversuchen die Raumreisenden in eine große Büchse eingesperrt. Außerhalb der dichten Schichten der Erdatmosphäre kann der Mensch nur in einem luftdicht verschlossenen Behälter existieren. Sein Leben im Weltraum gleicht einem „Leben in der Büchse", und Druck und Zusammensetzung der Atemluft dürfen sich nur in bestimmten Grenzen verändern.

Normalerweise atmen wir Luft ein, die rund 21% Sauerstoff und 79% Stickstoff enthält. Ein Teil des Sauerstoffes wird im Körper in Kohlendioxyd und Wasser umgesetzt, so daß die ausgeatmete Luft nur noch 15% Sauerstoff, dafür aber 5% Kohlendioxyd enthält. Luft dieser Zusammensetzung ist giftig und bewirkt Bewußtlosigkeit und Tod. Schon 1% Kohlendioxyd in der Atemluft wird auf die Dauer schädlich sein. Auch der Wassergehalt der Luft muß in bestimmten Grenzen gehalten werden. Jedes bemannte Raumschiff ist darum mit einer Anlage auszurüsten, die ständig den verbrauchten Sauerstoff ersetzt und das Kohlendioxyd und einen Überschuß an Wasserdampf aus der Raumschiffluft entfernt.

Leider lassen sich altbewährte irdische Methoden im Weltraum nur begrenzt verwenden. In den Sauerstoffgeräten des Grubenrettungsdienstes und der Feuerwehr sowie in U-Booten wird der verbrauchte Sauerstoff aus Stahlflaschen ergänzt, während Kohlendioxyd und Wasser durch chemisch wirksame Stoffe aufgenommen werden. Dieses zuverlässige Verfahren hat jedoch den Nachteil, daß die Sauerstoffbehälter sehr schwer sind. Die Stahlflaschen für den hochverdichteten Sauerstoff wiegen etwa das Zehnfache ihres Inhaltes. Nun braucht ein Mensch in 24 Stunden bei mäßiger Arbeit etwa 1,2 kg Sauerstoff. Die „Verpackung" dieser Gasmenge wiegt allein etwa 12 kg. Unangenehm ist auch das hohe Gewicht der chemisch aktiven Substanzen. Bei den üblichen Stoffen sind pro Kopf und Tag etwa 25 kg erforderlich. Allerdings ließe sich diese Menge durch andere, teuere Stoffe wie Lithiumoxyd noch stark verringern.

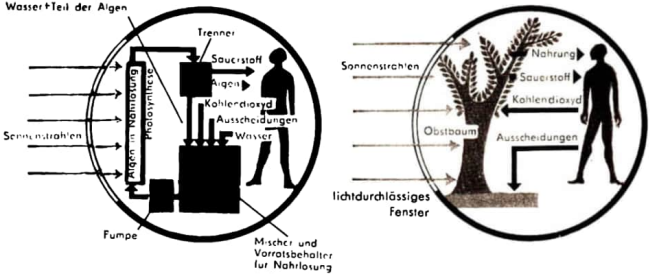




In einem U-Boot spielt das Gewicht keine solche überragende Rolle wie bei einem Raumschiff, bei dem jedes Kilogramm Nutzlast mit der vielfachen Menge an Treibstoffen in den Raum transportiert werden muß. Mit Recht wird erwartet, daß diese Methode nur für kurze Fahrzeiten und zu Sonderzwecken eingesetzt wird.

In jüngster Zeit benutzt man bei Höhenflugzeugen mit Erfolg verflüssigten Sauerstoff. Ein Liter davon ergibt beim Verdampfen 790 Normalliter Sauerstoffgas. Natürlich muß das kalte Gas noch vorgewärmt werden. Für die Aufbewahrung des flüssigen Sauerstoffes braucht man – das ist der besondere Vorteil – keine starkwandigen Stahlgefäße. Man muß lediglich die leichten Behälter vor unbeabsichtigter Wärmezufuhr schützen, weil der flüssige Sauerstoff bei –183 °C verdampft. Solche Schutzmaßnahmen sind im Weltraum leichter möglich als innerhalb der Atmosphäre.

Im Weltraum kann man sogar auf chemisch aktive Substanzen verzichten, wenn man die verbrauchte Luft durch eine Rohrschlange mit schwarzer und rauher Oberfläche im Schatten des Raumschiffes leitet. Die Wärme strahlt aus, das Rohr samt Inhalt kühlt sich ab, und bei –79 °C scheidet sich außer dem Wasser auch das Kohlen-



dioxyd in fester Form ab. Nur der restliche Sauerstoff und der Stickstoff bleiben gasförmig und werden anschließend in einem Rohr auf der Sonnenseite wieder erwärmt. Diese Restluft reichert man aus den mitgeführten Vorräten mit Sauerstoff an. Der trockenen Luft wird man noch etwas Wasserdampf beimischen. Die in dem Kühlrohr abgeschiedenen Stoffe können von Zeit zu Zeit durch Erwärmen wieder entfernt werden. Mit dieser Methode sparen wir das Gewicht der Stahlflaschen und der chemisch wirksamen Stoffe ein. Nach wie vor muß jedoch der Sauerstoff mitgeschleppt werden.

Diesen Nachteil vermeiden wir, wenn wir uns einer Methode bedienen, die auf Ziolkowski zurückgeht. Der Vater der Raumfahrt plante, die Astronauten möglichst unabhängig von Vorräten zu machen, und schlug vor, im Raumschiff oder in der Raumstation genau denselben Kreislauf wie auf der Erde herzustellen.

Unter der Einwirkung des Sonnenlichtes nehmen die grünen, chlorophyllhaltigen Pflanzen Kohlendioxyd und Wasser auf und bilden daraus Sauerstoff und organische Stoffe (Kohlehydrate). Diesen Prozeß nennt man Assimilation. Die Pflanzen liefern die Energie für die Lebensvorgänge der Tiere und Menschen, denn diese sind auf die von der Pflanze erzeugten Stoffe angewiesen und bauen sie wieder ab (Dissimilation). Assimilation und Dissimilation sind entgegengesetzt ablaufende Vorgänge:

Assimilation: Kohlendioxyd + Wasser + Sonnenenergie → Kohlehydrate + Sauerstoff.

Dissimilation: Kohlehydrate + Sauerstoff → Kohlendioxyd + Wasser + Energie.

Ziolkowski dachte an den Bau eines Treibhauses, einer Art Weltraumorangerie, die den Menschen nicht nur mit Sauerstoff, sondern auch mit Nahrungsmitteln versorgt. Umgekehrt kommen die Ausscheidungen des Menschen den Pflanzen zugute. Die einzige Hilfsquelle dieser selbständigen interplanetaren Landwirtschaft wäre mithin die Sonne.

Ziolkowskis Vorschlag kann wohl erst in ferner Zukunft in dieser Form verwirklicht werden. Vorläufig sind unsere Raketen noch nicht in der Lage, einen ganzen Obst- und Gemüsegarten in den Raum zu transportieren. Es wäre allerdings nicht unbedingt notwendig, Gartenerde mitzuschleppen. Pflanzen können auch in Nährlösungen aufgezogen werden. Daraus leitet sich eine interessante Variante der Ziolkowskischen Methode ab.

Kosmische Nutzpflanzen sollen unempfindlich sein und eine hohe chemische Aktivität besitzen. Unter den besonderen Bedingungen des Weltraumes ließen sich besonders winzig kleine Wasserpflanzen, Algen, vorteilhaft verwenden. Man kann sie in einer Nährlösung wachsen lassen, die mit menschlichen Ausscheidungen „gedüngt" wird. Vorher wird man die Fäkalien keimfrei machen, indem man sie einer starken ultravioletten Bestrahlung aussetzt. Bestimmte Bakterienarten, die in den Fäkalien enthalten sind, könnten sonst das Gedeihen der Wasserpflanzen, der Algen, nachteilig beeinflussen. Die toten Bakterien dienen ebenfalls der Ernährung der Algen. Ein Entwurf für eine Algenanlage sieht vor, in einem Mischer die algenhaltige Nährlösung mit Kohlendioxyd und den sonstigen Ausscheidungen zu versetzen und die Mischung durch eine Pumpe in den Bestrahlungsbehälter zu fördern. Dort wird die Algenkultur etwa zwei Minuten der Lichtwirkung ausgesetzt. Anschließend gelangt sie wieder in den Vorratsbehälter und Mischer, wo sie drei Minuten lang im Dunkeln verbleibt. Eine Trennvorrichtung erlaubt die Gewinnung von Sauerstoff und von Nähralgen.

Eine Algenkultur von 200 Liter Nährlösung mit 55 Gramm Algen im Liter soll ausreichen, den Sauerstoffbedarf eines Menschen zu decken. Nebenbei entsteht täglich ein halbes Kilogramm neue Algensubstanz, die nicht nur Kohlehydrate, sondern auch reichlich Fett, Eiweiß und Vitamine enthält und deshalb als Nahrung dienen soll. Da man bezweifeln darf, daß sich selbst gut trainierte Vegetarier auf die Dauer mit Algenrohkost und Algengemüse abfinden werden, erarbeiteten Ernährungswissenschaftler und einfallsreiche Köche für die künftigen Raumfahrer eine Reihe von Küchenrezepten für verschiedene Suppen, Braten und andere Speisen, die alle aus dem Grundstoff Algen bestehen. Leicht wird es gewiß nicht sein, bei monatelangen Fahrten eine abwechslungsreiche und bekömmliche Kost auf dieser Grundlage herzustellen.

Das ist aber nur eines von vielen neuen Problemen. Die besonderen Bedingungen im Raum werfen auch hier eine Unmenge von Fragen auf, die noch der Klärung bedürfen. Zum Beispiel müssen Lichtfilter für den Bestrahlungsbehälter entwickelt werden, die alle schädlichen Bestandteile des Sonnenlichtes zurückhalten, damit die Algen nicht getötet werden. Es gilt, leistungsfähige und widerstandsfähige Algenarten zu finden. Vielleicht wird sich die Chlorella-Alge am besten eignen. Man wird versuchen, ihre Eigenschaften durch Züchtung zu verbessern.

Nun noch eine überraschende Besonderheit der Raumfahrt! Wenn die Astronauten viele Tage oder Monate abgeschlossen in ihrer Kabine leben, sammeln sich in der Luft Giftstoffe an. Sie stammen einmal aus den Absonderungen des menschlichen Körpers. Schweiß enthält zum Beispiel Ammoniak. Viele Gifte bilden sich bei der Zubereitung von Speisen. Wenn Fett verbrennt, wird das starke Gift Akrolëin erzeugt. Gründliche Astronautiker haben eine Liste von etwa dreißig Giftstoffen zusammengestellt, die in jedem normalen Haushalt entstehen. Auf der Erde kümmert uns das wenig; man lüftet die Fenster, und der Dunst verzieht sich. Raumfahrer können das nicht. Was ist zu tun, wenn ein Kabel durchschmort oder ein Lager heiß läuft? Jedesmal werden Gifte frei. Manche Stoffe „riechen", und die Ausdünstungen sammeln sich an und verpesten die Kabinenluft.

Diese Giftstoffe sind nur ein winziges Teilproblem am Rande der Astronautik. Doch müssen auch solche „Kleinigkeiten" befriedigend gelöst sein, bevor Menschen

längere Raumreisen antreten. Jede übersehene „Kleinigkeit" kann den Astronauten zum Verhängnis werden. Raumfahrt kann nur gelingen, wenn Wissenschaftler nahezu aller Richtungen eng zusammenarbeiten, wenn die Erbauer der Raumschiffe ein Kollektiv sind und jeder sein Bestes leistet.

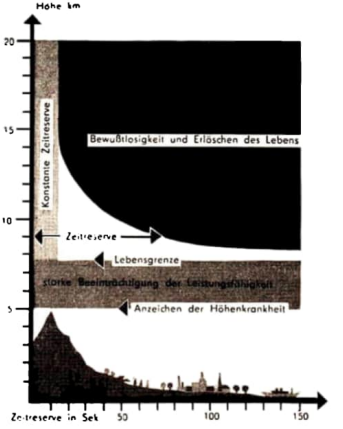
Die Gewißheit, daß er sich fest auf die gemeinsame Arbeit aller verlassen kann, wird dem Raumfahrer helfen, auch schwierige Situationen zu meistern, und ihm in der Einsamkeit des Alls Kraft geben. Was wird der Raumfahrer empfinden, wenn er fern der Erde in der Abgeschlossenheit seiner Kabine Stunde um Stunde, Tag um Tag verbringt? Wird er nicht unter der Einsamkeit, unter der absoluten Stille des Raumes leiden? In den letzten Jahren fanden zahlreiche Versuche statt, die auf diese Frage eine teilweise Antwort geben sollten. Viele Tage mußten die Raumfahrtkandidaten in Kabinen verbringen, in die kein Laut, kein Lichtzeichen von außen eindringt, in denen sie vollkommen von der Außenwelt isoliert sind. Oft stellten sich schon nach wenigen Stunden Wahnvorstellungen ein, weil einzelne Versuchspersonen nicht der seelischen Belastung gewachsen waren. Das ist die schwerste Prüfung: Endloses Warten, einsam und eingeschlossen, ohne Bewegung, ohne den Wechsel von Tag und Nacht, losgelöst von den Menschen – all das führt zu Ruhelosigkeit und Nervosität, zu Depressionen und zu einer Art Weltraumangst. Unkontrollierte Gedankenabläufe überwältigten die Versuchspersonen, Trugvorstellungen trübten ihre Urteilskraft, und oft genug stellten sich Weinkrämpfe und panikartige Reaktionen ein, die die beobachtenden Ärzte veranlaßten, die Versuche vorzeitig abzubrechen.

Nur Menschen mit starker Willenskraft, seelischer Ausgeglichenheit und großem Verantwortungsbewußtsein vermögen einen langen Aufenthalt in der Kabine zu ertragen. Sie können es umso besser, wenn sie während dieser Zeit nicht bloß passive Fahrgäste sind, sondern sich aktiv am Gelingen des Versuches beteiligen und ein festes Arbeitsprogramm erfüllen; wenn sie immer wissen und fühlen, daß die Heimat ihnen vertraut. Aus diesem Gefühl der Verbundenheit und der Verantwortung schöpfen sie die Kraft, die sie bei ihrer schweren Aufgabe so sehr brauchen.

Jenseits der Atmosphäre

Wir leben auf dem Grunde des Luftozeans und sind an den Luftdruck von einer Atmosphäre gewöhnt. Unser Körper kann sich einem veränderten Druck nur in geringem Maße anpassen. Besteigen wir einen hohen Berg oder fliegen wir in einem Flugzeug, so können sich schon in ungefähr 3 km Höhe die ersten Anzeichen von Höhenkrankheit einstellen. Durch den verminderten Luftdruck wird der Sauerstoffbedarf nicht mehr genügend gedeckt. Darunter leiden zuerst die Gehirnzellen und damit die geistigen Funktionen des Menschen, die ja an die Gehirnzellen gebunden sind. Das Urteilsvermögen läßt nach, obgleich wir uns, ähnlich wie bei einem beginnenden Alkoholrausch, noch für völlig normal halten. Verkennen wir unseren Zustand und versäumen es, rechtzeitig den Sauerstoffmangel zu beheben – diese Gefahr ist groß –, so bemerken wir die schwereren Formen der Höhenkrankheit nicht und ver-

fallen in Bewußtlosigkeit. In 5,5 km Höhe ist der Druck auf etwa die Hälfte abgesunken, und die Lunge versorgt das Blut nur unzureichend mit Sauerstoff. Nur Menschen, die durch eine längere Anpassungszeit an die Sauerstoffarmut gewöhnt sind, vermögen noch körperliche und geistige Leistungen zu vollbringen – eine Fähigkeit, die um so mehr schwindet, je höher die Menschen steigen.
Im allgemeinen ist bei 7,5 km die Lebensgrenze erreicht. Ein längerer Aufenthalt in dieser Höhe führt unweigerlich zum Tode. Bei 8 km tritt nach etwa 3 Minuten Bewußtlosigkeit ein, Herztätigkeit und Atmung setzen aus, und schließlich erlischt das Leben. Einen Kilometer höher ist die „Zeitreserve" auf 80 Sekunden zusammengeschrumpft. In 10 km Höhe tritt schon nach 50 Sekunden Bewußtlosigkeit ein. Darüber hinaus sinkt die Zeitreserve immer mehr und erreicht in einer Höhe von 13 bis 15 km einen Wert von 10 bis 15 Sekunden, der sich nicht weiter vermindert.
Auch in großen Höhen bleibt die Zeitreserve konstant. Ein Mensch, der durch irgendeinen Unglücksfall plötzlich einem stark verminderten Druck ausgesetzt wird, hat mithin knapp eine Viertelminute Zeit, geeignete Gegenmaßnahmen zu ergreifen. Dem Astronauten gibt die Zeitreserve die Aussicht, bei Beschädigungen der Raumschiffkabine sinnvoll zu handeln.
Wenn der Druck stark absinkt, wird die Atmung der Raumfahrer erschwert oder unterbrochen. Die Lungenluft entweicht durch den Mund. Zwar bleibt den Raumfahrern bis zum Ersticken noch eine Zeitreserve; neben dem Sauerstoffmangel treten jedoch noch andere gefährliche Erscheinungen im Körper auf. In den Körperhöhlen (z. B. Magen, Darm, Mittelohr, Nasennebenhöhlen) sind Gase enthalten, die sich bei Druckabfall auf das Vielfache ihres ursprünglichen Volumens ausdehnen und dadurch schmerzhafte Beschwerden und Koliken, ja sogar Schleimhautablösungen und Blutgeschwülste verursachen können.
Fällt der Luftdruck auf 1/3 des normalen Wertes (das entspricht dem Druck in etwa



Wirkung der Luftdruckverringerung und Zeitreserve bei Druckabfall

8,5 km Höhe), so treten die im Blut und in den Körpergeweben gelösten Gase, hauptsächlich Stickstoff, in Form von Gasblasen aus. Einen ähnlichen Vorgang können wir beim Öffnen einer Selterwasserflasche beobachten. Die Stickstoffbläschen führen zu Gelenk-, Nerven- und Kopfschmerzen, Augenflimmern, Zittern und leichten Lähmungen. Gefährlicher sind Verstopfungen von Blutgefäßen. Lebenswichtige Teile zum Beispiel des Gehirns können dadurch von der Blutzufuhr abgeschnitten werden und sterben ab. Die meisten dieser Druckfallbeschwerden lassen sich jedoch durch Druckerhöhung wieder beheben und sind nicht unmittelbar lebensbedrohend, sofern der Drucksturz nicht schlagartig eintritt.

Die eigentliche Gefahrengrenze wird erreicht, wenn der Luftdruck in der Kabine auf $^1/_{20}$ des gewohnten Wertes absinkt. Bei diesem stark verminderten Druck siedet Wasser schon bei ungefähr 37 °C, also bei Körpertemperatur. Da der menschliche Körper zu etwa 65% aus Wasser besteht, schließt ein derartiger Drucksturz jede Hoffnung auf eine Rettung der Betroffenen aus. In Höhen über 18 km kann man deshalb bei größeren Lecks nicht mehr mit der Zeitreserve rechnen. Als Vorkehrung gegen Katastrophen müssen die Raumfahrer darum in allen kritischen Situationen einen Druckanzug anlegen.

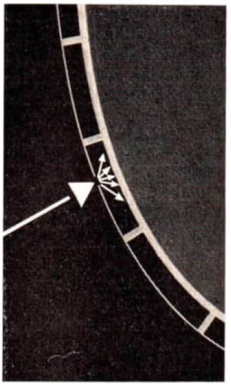
In den Raumfahrtromanen bilden Meteore ein unentbehrliches Requisit, und bis vor wenigen Jahren zählte man sie noch zu den Hauptgefahren der Raumfahrt. Die Versuche mit Sputniks und kosmischen Raketen haben jedoch gezeigt, daß die Gefahr eines Zusammentreffens mit größeren Meteoriten verschwindend gering ist. Kleine Teile, Mikrometeoriten mit einer Masse von etwa einem milliardstel Gramm, können der Raumschiffwand nichts anhaben, und selbst empfindliche optische Flächen werden erst im Laufe von Monaten und Jahren so zerkratzt, daß sie ausgewechselt werden müssen.

Dennoch wird man sich auch in dieser Hinsicht sichern, weil sich die Meteore mit Geschwindigkeiten bewegen, die die zweite astronautische Geschwindigkeit noch übertreffen. Meteore haben deshalb eine gewaltige Durchschlagskraft, wenn ihre Masse ungefähr ein Gramm oder darüber beträgt. Solchen Brocken wird man kaum begegnen. Auf jeden Fall wird man die Raumschiffkabinen unterteilen und die einzelnen Teile mit luftdichten Schottentüren gegeneinander abschließen.

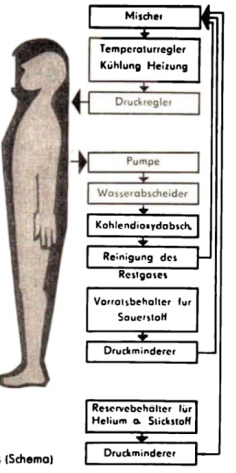
Bei einem „Volltreffer" entweicht die Luft mit etwa 740 m/s, also etwa mit doppelter Schallgeschwindigkeit, in den Weltraum. Ist das Leck klein und wird es schnell genug entdeckt, so können die Astronauten, falls sie noch aktionsfähig sind, mit einem „Schnellverschluß" in Form von Gummiplatten das Loch verschließen. Der innere Überdruck preßt die Platten gegen die Schadenstelle. Dabei kommt die Zeitreserve den Astronauten sehr zustatten.

Diese „Pflastermethode" stellt aber keineswegs ein zuverlässiges Allheilmittel gegen Meteoriteneinschläge dar. Unter Umständen können sehr kleine Löcher entstehen, die nur schwer zu entdecken sind. Zum anderen wird die Begegnung mit größeren Meteoriten zu Schäden führen, die die Existenz der Raumfahrer ernstlich gefährden.

Ein Meteorit von einem Gramm Masse, der das Raumfahrzeug mit einer Geschwindigkeit von 50 km/s trifft, enthält die gleiche Energiemenge wie 0,3 kg Trinitrotoluol-Sprengstoff. Diese Sprengladung reicht völlig aus, um ein Raumschiff unbrauchbar zu machen. Durchschlägt ein Meteorit von dieser Größe die Wand des Raumschiffes,



Meteorschutz



Luftversorgungsanlage eines Raumtauchers (Schema)

so wird er im Inneren der Kabine wie eine explodierende Granate wirken. Diese verheerenden Folgen lassen sich auch nicht umgehen, indem man die Kabine in die Treibstofftanks einbettet. Voraussichtlich werden diese Flüssigkeiten keinen Schutz bieten, sondern durch die Energie der einschlagenden Meteoriten so auseinandergetrieben, als sei eine Sprengladung in der Flüssigkeit explodiert. Zum Glück deuten die bisherigen Ergebnisse der Raumfahrtforschung daraufhin, daß bei kurzfristigen Versuchen ein Zusammentreffen mit Meteoriten dieser Größe nahezu ausgeschlossen ist.

Für Raumstationen mit sehr langen Lebenszeiten sind Meteoritenbegegnungen nicht ganz so unwahrscheinlich. Hier empfiehlt sich ein Meteorschutz in Form von dünnen Blechen, die außen in geringem Abstand vor der eigentlichen Kabinenwand befestigt werden. Trifft ein Meteor auf die Schutzwand, so zerplatzt es in viele winzige Teilchen, die der Kabinenwand weit weniger gefährlich sind als das kosmische Geschoß.

Ihre luftdicht verschlossenen Kabinen können die Astronauten im Weltraum nur in Spezialanzügen verlassen. Damit die Kabinenluft nicht ins Freie entweicht, wird man sich einer Luftschleuse bedienen. Bevor die äußere Tür geöffnet wird und der Raumfahrer das Fahrzeug verläßt, wird man die Luft aus der Schleuse in die Kabine zurückpumpen. Jedes Kubikmeter Luft, das sonst verlorenginge, müßte mit einem Aufwand von mehr als 100 Kilogramm Treibstoff ersetzt werden.

Luftdichte Kabinen werden nicht erst in 2000–3000 km Höhe gebraucht, dort, wo nach den Erkenntnissen, die durch kosmische Raketen gewonnen wurden, die letzten Aus-

läufer der Erdatmosphäre anzutreffen sind. Praktisch beginnt der Weltraum in **dieser** Hinsicht bereits in 25 km Höhe. Der Heidelberger Professor Strughold, der 1947 nach den USA ging, hat für diese Erscheinung den Begriff „partielle Weltraumäquivalenz" eingeführt. Er bezieht sich auf die besonderen Verhältnisse in Luftschichten, die zwar durchaus noch zur Erdatmosphäre zählen, in denen man aber bereits zum Teil mit Weltraumbedingungen zu rechnen hat.

Bis zu einer Höhe von 12 km vermögen Sauerstoffgeräte den Mangel an Sauerstoff auszugleichen. Darüber hinaus kann unser Körper den Atemsauerstoff nicht mehr der verdünnten Umgebungsluft entnehmen, auch wenn diese aus reinem Sauerstoff bestünde. Deshalb wird es auch nicht möglich sein, auf dem Mars mit einfachen Sauerstoffgeräten auszukommen, wie es in manchen Romanen leichtfertig dargestellt wird, denn an der Oberfläche des Mars herrscht ein Luftdruck, wie er auf der Erde in 17–18 km Höhe zu finden ist.

In Höhen über 12 km hilft nur Überdruckatmung, die einen Druckanzug oder eine Druckkabine voraussetzt, in welcher der Luftdruck auf jenem Wert gehalten wird, wie er in höchstens 12 km Höhe über der Erdoberfläche anzutreffen ist. Im allgemeinen benutzt man jedoch einen höheren Druck. Die Höhenflugzeuge besitzen Luftverdichter, mit denen die dünne Außenluft bis auf den Kabinendruck verdichtet wird. Dieses Verfahren läßt sich nur unterhalb 25 km Höhe anwenden. Dort ist die Luftdichte so weit abgesunken, daß die Kompressoren sehr groß sein müßten, um den Druckunterschied bewältigen zu können. Andererseits würde die Temperatur der Luft durch die Verdichtung unangenehm steigen, und eine Kühlung wäre unverhältnismäßig schwierig. Überdies kann man die Außenluft auch deshalb nicht mehr verwenden, weil ihr Ozongehalt zu hoch ist. Ozon (O_3), eine besondere, dreiatomige Form des Sauerstoffes, schädigt die Atmungsorgane bei Konzentrationen, wie sie in jenen Höhen anzutreffen sind.

Aus diesen Gründen muß die Kabine in einer Höhe von 25 km völlig unabhängig von der Umgebung sein und einen in sich geschlossenen Luftkreislauf besitzen. Selbständige Lufterneuerungsanlagen werden mithin schon in einer Höhe notwendig, die man gewöhnlich noch nicht zum Weltraum rechnet, und nicht erst im interplanetaren Raum. Hermetische Druckkabinen müssen absolut zuverlässig sein. Ein Materialfehler, der durch nachlässige Röntgenuntersuchung nicht entdeckt wurde, kann durch die Erschütterungen und Schwingungen während des Aufstieges leicht einen Riß verursachen.

Den Konstrukteuren von Druckkabinen kommen die Erfahrungen aus dem Flugzeugbau zugute. Raketenflugzeuge, die heute schon mehrere Dutzend Kilometer hoch steigen, befinden sich hinsichtlich des Druckes bereits im Weltraum. Die Vorkehrungen für Raumfahrzeuge unterscheiden sich davon lediglich durch die Zeitdauer, für die sie getroffen werden müssen.

Zwischen 25 und 40 km Höhe ist eine Zone erreicht, in der die Temperatur eines ruhenden Körpers in zunehmendem Maße nur durch das Strahlungsgleichgewicht bestimmt wird. Hier vermindert sich der Wärmeübergang zwischen dem **ruhenden** Körper und den Luftteilchen wegen ihrer sinkenden Zahl stark und fällt schließlich nicht mehr ins Gewicht. Diese Art von partieller Weltraumäquivalenz ist jedoch für uns weniger von Interesse, weil sie sich nur auf Höhenballone auswirkt, die sich gegenüber ihrer Umgebung annähernd in Ruhe befinden.

Für Raumfahrzeuge wird diese Grenze erst in über 200 km Höhe erreicht, wenn die Luftdichte so weit abgesunken ist, daß trotz der ungeheuren Geschwindigkeiten der Luftwiderstand praktisch unmerklich gering wird. Auch für einen schnellen Körper ergibt sich hier die Temperatur nur noch aus dem Strahlungsgleichgewicht. Damit entfallen die Schwierigkeiten, die die Luftreibung den Raketenkonstrukteuren bereitet und die mit dem Begriff „Hitzebarriere" verbunden sind. Die Reibungshitze macht sich bereits beim Aufstieg bemerkbar, doch ist sie hier nicht so problematisch, weil die Rakete erst in großer Höhe kosmische Geschwindigkeiten erreicht. Kehrt ein Raumfahrzeug zur Erde zurück, so wird unterhalb der 200-km-Grenze die Aufheizung zu einem Kernproblem.
Gleichzeitig tritt noch in anderer Hinsicht partielle Weltraumäquivalenz ein. Antriebslose Körper werden in über 200 km Höhe nicht mehr spürbar abgebremst, so daß sich die Insassen im Zustand der Gewichtslosigkeit befinden. Seit den Sputnikversuchen wissen wir allerdings, daß auch dort der bremsende Einfluß noch ausreicht, um allmählich die Bahn eines Satelliten zu verändern.
Andere typische Weltraumerscheinungen werden die Raumfahrer schon in geringeren Höhen erleben. Bei 45 km Höhe trifft sie die ultraviolette Strahlung der Sonne mit unverminderter Stärke. Gegen diese chemisch sehr wirksamen Strahlen schützt uns Erdmenschen die Ozonschicht der Luft, die Raumfahrer hingegen die Kabinenwand sowie ein Fenstermaterial, das für UV-Strahlung undurchlässig ist.
In etwa 125 km Höhe hat sich die Farbe des Himmels völlig verändert. Er erscheint schwarz, weil das sichtbare Licht nicht mehr gestreut wird. Um so greller wird die Raumfahrer das Licht der Himmelskörper treffen. Entfernt man sich weiter von der Erde, so verschwindet auch die Schutzwirkung der Lufthülle gegenüber den Meteoriten, die erst in etwa 130 km Höhe aufleuchten und verdampfen. Nur großen Brokken gelingt es, bis zur Erdoberfläche vorzudringen.
Noch eine andere Erscheinung macht sich bemerkbar. Die Luft wird bei 150 km Höhe so dünn, daß sich der Schall nicht mehr ausbreiten kann. Das „Schweigen des Weltalls" umgibt den Raumfahrer. Gleichzeitig fällt die sogenannte Schallbarriere fort, jene beträchtliche Vergrößerung des Widerstandsbeiwertes bei Schallgeschwindigkeit. Natürlich ist es dort auch nicht mehr möglich, mit Tragflächen einen Auftrieb zu erzeugen.

Im „schwerelosen" Raum

Um es gleich zu sagen: Es ist irreführend, von einem „schwerelosen Raum" zu sprechen, in dem sich ein Raumschiff bewegt. Zur Gewichtslosigkeit bedarf es in keinem Falle eines Raumes, der frei ist von jeder Anziehungskraft. Einen solchen Raum gibt es nur in manchen Romanen, nicht aber in der Wirklichkeit.
Wie kommt es zu dem Zustand der Gewichtslosigkeit, durch den die Wunschträume zahlloser Menschen endlich in Erfüllung zu gehen scheinen? Werden die Raumfahrer wie im Märchen durch die Kabine und durch den Weltraum schweben?
Jedes Kind weiß aus Erfahrung, daß ein Stein schneller zur Erde fällt als eine Flaumfeder. Ursache dafür ist der unterschiedliche Luftwiderstand. Der Grieche Aristoteles

Der schiefe Turm zu Pisa, den Galilei zur Demonstration der Fallgesetze benutzte

zog jedoch den irrigen Schluß, ein doppelt so schwerer Körper falle doppelt so schnell zum „Mittelpunkt der Welt".

Die Vertreter der mittelalterlichen Wissenschaft übernahmen diesen und andere Irrtümer des großen griechischen Gelehrten unbesehen. Das war kein Zufall, sondern ist nur ein Beispiel für die Geschichte vieler Irrtümer und Vorurteile, die von den Wissenschaftlern der damals herrschenden Klasse zum Bestandteil und zur Stütze ihrer Ideologie und ihrer Herrschaft gemacht wurden. Die kirchlichen Gelehrten dachten nicht daran, die Behauptung des Aristoteles durch einen Versuch nachzuprüfen. Recht bald hätten sie sonst feststellen können, daß sich Aristoteles irrte, denn der Versuch, die Praxis, ist der zuverlässige Prüfstein für den Wahrheitsgehalt einer wissenschaftlichen These und unseres Wissens überhaupt. Indem wir das Wissen anwenden und zur Befriedigung unserer Lebensbedürfnisse ausnutzen, erhalten wir die Gewißheit, daß unser Wissen exakt und zuverlässig ist. Verzichten wir auf die Bestätigung durch die Praxis, so endet das Forschen und beginnt das Spekulieren.

Die meisten der mittelalterlichen Wissenschaftler aber untersuchten nicht die Tatsachen, sondern ersetzten die Forschung durch spitzfindige theoretische Überlegungen, die das kirchliche Lehrgebäude nicht gefährden konnten. Sie hüteten sich, die von der Religion gesetzten Grenzen zu überschreiten und nach neuen Wegen der Forschung zu suchen. Fruchtlose Spekulationen und blinder Autoritätsglaube herrschten in der Wissenschaft ebenso wie in der Theologie. So wurde durch die Herrschaft der Kirche und ihrer Denkmethoden die freie Entwicklung der Wissenschaft gehemmt.

Gehemmt, aber nicht aufgehalten! In den zweitausend Jahren seit Aristoteles waren die technischen und gesellschaftlichen Bedürfnisse gewachsen. Trotz der Fesseln des

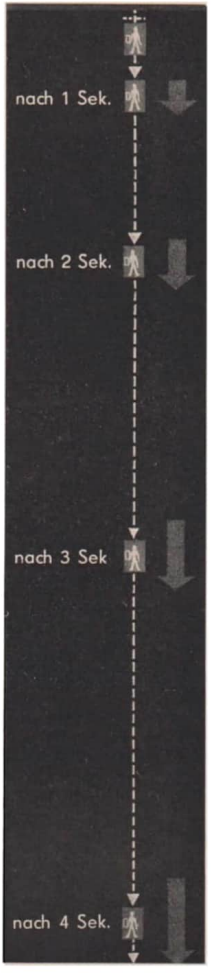
Dogmas befruchteten und förderten sie die wissenschaftliche Forschung, die ihrerseits neue Voraussetzungen für die Weiterentwicklung der Technik und der Gesellschaft schuf. Zu den Bahnbrechern der wissenschaftlichen Forschungsmethode gehörte Galileo Galilei. Er entdeckte die Gesetze der Körperbewegung und legte den Grund zur wissenschaftlichen Mechanik. Galilei überwand auch diesen Irrtum des Aristoteles.

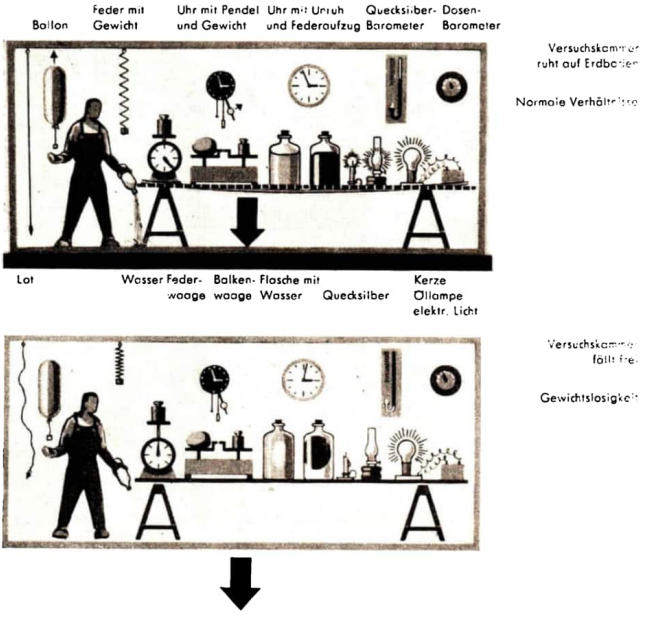
Galilei stellte sich einen fallenden Körper vor, der durch einen Schnitt in zwei Hälften geteilt wird. Im Augenblick der Zerlegung müßte auch die Fallgeschwindigkeit halbiert werden, wenn Aristoteles recht hätte. Das entspricht aber offenbar nicht der Wirklichkeit. Galilei beschränkte sich nun im Gegensatz zu Aristoteles und zu den mittelalterlichen Gelehrten nicht auf theoretische Überlegungen, sondern er überprüfte seine Erkenntnisse durch Versuche. Vom schiefen Glockenturm in Pisa ließ er aus einer Höhe von 200 Fuß zwei verschieden schwere Metallkugeln herabfallen. Sie schlugen zu gleicher Zeit auf der Erde auf. Körper aus Blei, Marmor und Holz brachten dasselbe Ergebnis, sehr zum Mißfallen seiner Kollegen, die dem experimentierenden Forscher mit erlesenen Spitzfindigkeiten zu Leibe rückten und ihn schließlich aus seinem Lehramt für Mathematik an der Universität in Pisa verdrängten.

Heute, 370 Jahre später, lernt jeder Schüler den Satz: Im luftleeren Raum fallen alle Körper gleich schnell. Diese Erkenntnis hilft uns, zu verstehen, wie die Gewichtslosigkeit zustande kommt.

Wir wollen dazu einen Gedankenversuch durchführen. Ein Gegenstand oder ein Mensch befinde sich in einer geschlossenen Kammer, die im luftleeren Raum fällt. Mit wachsender Geschwindigkeit stürzen Kammer und Inhalt in Richtung Erdmittelpunkt. Obgleich die Fallgeschwindigkeit in jedem Augenblick größer wird, fallen Kammer und Passagier stets gleich schnell. Der Kammerinsasse wird dabei eine bemerkenswerte Feststellung machen.

Vor dem Beginn des Fallens stand er sicher auf dem Boden der festgehaltenen Kammer. Er hatte ein Gewicht, denn die Anziehungskraft der Erde drückte ihn gegen den Kabinenboden. Jetzt aber verliert er buchstäblich den Boden unter den Füßen. Der Anziehung folgend fällt die losgelassene Kammer mit derselben Geschwindigkeit wie er selbst, und die Anziehungs-





kraft kann ihn nicht mehr gegen den Boden drücken, weil dieser von ihr selbst dem Passagier unter den Füßen fortgezogen wird. Der Mensch schwebt in der Kammer, er ist ohne Gewicht. Auch das Gewichtsstück in seiner Hand, das er eben noch nur mit Mühe hielt, wiegt nun genau so wenig wie der Mensch.

Diesen eigenartigen Zustand wollen wir gründlich kennenlernen. Dazu wiederholen wir den Gedankenversuch mit einer größeren Versuchskabine, die wir mit einigen Geräten ausgestattet haben. Solange die Kabine fest aufgehängt ist oder auf einer festen Unterlage steht, laufen alle Vorgänge in völlig gewohnter Weise ab. Fällt die Kammer aber im luftleeren Raum, so ändert sich das Bild grundlegend. Alle Körper, auch die flüssigen und gasförmigen, verlieren ihr Gewicht.

Die Tischplatte wird sich nicht mehr unter der Last der Geräte durchbiegen. Das Gewicht an der Decke vermag nicht mehr die Feder zu dehnen, und die Federwaage zeigt das Gewicht „Null" an. Bei der Tafelwaage werden wir zunächst keine Veränderung bemerken, weil sie nicht Kräfte unmittelbar mißt wie eine Federwaage, sondern Kräfte vergleicht. Jetzt sind aber keine Gewichtskräfte mehr vorhanden, die verglichen werden könnten. Das Gerät verliert die Voraussetzung für seine

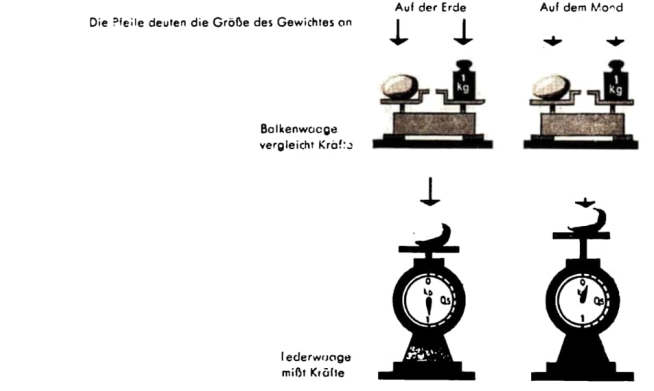
Anwendung. Ein geringer Stoß genügt, um die Waage aus dem „Gleichgewicht" zu bringen.

Die Pendeluhr stellt ihre Tätigkeit ein. Ihr Zuggewicht vermag nicht mehr die Kraft zu liefern, die Räderwerk und Pendel antrieb, und auch dem Pendel fehlt die Hauptvoraussetzung für das gewohnte Verhalten, nämlich das eigene Gewicht. Zum Glück leisten aber alle Uhren mit Federaufzug und Unruhfeder, also Taschen- und Armbanduhren, weiterhin unbeeinflußt ihre Dienste. Sie funktionieren trotz Gewichtslosigkeit genauso einwandfrei wie die moderne Quarzuhr, die in den sowjetischen kosmischen Raketen auf die Sekunde genau den Mechanismus auslöst, der die Natriumdampfwolke im Weltraum zur Kontrolle der Flugbahn erzeugt.

Das Quecksilber im Barometer ist gewichtslos und wird durch den Luftdruck, der nach wie vor wirkt, in den oberen luftleeren Teil der Barometerröhre hineingeschoben. Wenn wir jetzt den Luftdruck messen wollen, müssen wir ein Dosenbarometer benutzen, das ähnlich wie die Taschenuhr bereits unter normalen Verhältnissen weitgehend unempfindlich gegenüber Lageveränderungen ist, abgesehen von heftigen Stürzen etwa auf Steinfliesen.

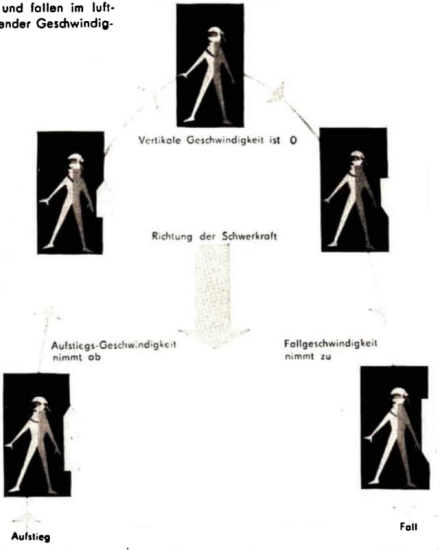
Die Flüssigkeiten zeigen ein höchst unirdisches Verhalten. Das Quecksilber in der Flasche zieht sich zu einer Kugel zusammen. Es schwebt in der Flasche. Das Wasser hingegen benetzt die Innenwand der Flasche und drängt die Luft in die Mitte. Aus der umgekehrten Flasche fließt kein Wasser heraus, es sei denn, der Passagier schleudert es durch eine heftige Bewegung aus der Flasche. Das wird er jedoch lieber unterlassen, da er jedes einzelne der im Raume schwebenden Wassertröpfchen mit Löschpapier wieder einfangen müßte.

Ein solches Unterfangen dürfte aber ziemlich schwierig sein, denn die normalen Arten der Fortbewegung sind ausgeschlossen. In gewisser Hinsicht kann man den Schwebezustand des Passagiers mit der Lage eines Menschen vergleichen, der sich auf einer ideal glatten und unvergleichlich schlüpfrigen Fläche fortbewegen möchte.



Während dieser Mensch aber nur „zweidimensionale" Schwierigkeiten hätte, muß unser Passagier „dreidimensionale" überwinden.
Auch die Gase benehmen sich ungewöhnlich. Der Luftdruck ist zwar noch vorhanden, denn die Gasteilchen bewegen sich immer noch mit der von ihrer Temperatur abhängigen Geschwindigkeit und erzeugen durch ihren ständigen Aufprall den Druck. Aber es bestehen keine Gewichtsunterschiede mehr. Der mit Wasserstoff gefüllte Ballon steigt nicht mehr nach oben. Sein Auftrieb verschwindet ebenso wie der Auftrieb von heißen Gasen.
Unter irdischen Verhältnissen werden die Verbrennungsprodukte der Kerze und der Öllampe und die verbrauchte Luft durch den Auftrieb automatisch von der Flamme entfernt. Sie steigen nach oben, indes die Frischluft zur Flamme strömt. Fehlt der Auftrieb, so erstickt die Flamme in ihren eigenen Verbrennungsprodukten, wenn wir nicht künstlich für Luftzufuhr, etwa durch einen Ventilator oder durch Druckluft sorgen. Nur das elektrische Licht erfüllt seine Aufgabe nach wie vor.
Wir müssen sogar befürchten, daß der Passagier das Schicksal der Flamme teilt, sobald er die Luft nicht mehr durch akrobatische Übungen in Bewegung hält. Die Gefahr der Erstickung kann leicht durch einen Ventilator ausgeschaltet werden. Allerdings wird man ihn nicht einfach „auf den Tisch stellen" können. Wenn er nicht befestigt ist, wird er wie ein Propeller durch die Luft fliegen, wobei sich der Ständer des Ventilators in entgegengesetztem Sinne dreht.
Vor Beginn des Versuches wies das Lot zuverlässig die Richtung zum Erdmittelpunkt. Während des Fallens behält es lediglich „aus Gewohnheit", genauer wegen seiner Trägheit, die ursprüngliche Lage bei. Die geringste Kraftwirkung – zum Beispiel die Rückdrehkraft eines zusammengedrillten Fadens – bringt das Lot aus seiner Lage.
Besonders merkwürdig ist eine andere Tatsache. In der abgeschlossenen Kammer ist der Passagier noch nicht einmal in der Lage, Richtung und Geschwindigkeit seines Falls festzustellen. Er kann auch nicht messen, ob und wie stark seine Geschwindigkeit zu- oder abnimmt.
Wir denken uns dazu eine Kammer mit einem Passagier im luftleeren Raum schräg nach oben geworfen. Zunächst steigt die Kammer mit abnehmender Geschwindigkeit. Sobald die Bewegungsenergie, die ihr durch den Wurf erteilt wurde, aufgezehrt ist, hat die Kammer den höchsten Punkt ihrer Flugbahn erreicht und beginnt mit wachsender Geschwindigkeit zu fallen. Genau dasselbe geschieht auch mit dem Insassen. Er steigt und fällt mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Kammer, ohne gegen eine der Wände gedrückt zu werden, die mit ihm steigen und fallen. In keinem Punkt der Flugbahn verhält sich der Passagier anders als die Kammer. Er schwebt während der gesamten Steig- und Fallzeit gewichtslos in der Kammer – vorausgesetzt, daß der Luftwiderstand fehlt – und merkt nicht, ob er noch steigt oder schon fällt.
Ein Beschleunigungsmesser etwa nach dem Prinzip der Federwaage, wie er irrtümlich zu diesem Zweck bereits vorgeschlagen wurde, versagt ebenso wie die Federwaage selbst. Der Passagier kann sich über seinen Bewegungszustand und seine Lage im Raum nur orientieren, indem er die Umgebung beobachtet. Das kann mit visuellen, fotografischen, spektrografischen und funktechnischen Mitteln geschehen. Sie ermöglichen es dem Raumfahrer, seine Bewegung im Raum zu erkennen und zu begründen. Der Versuch, die Wahrheit zu erkennen, wird ihm nur gelingen, wenn

Versuchskammer und Pilot steigen und fallen im luftleeren Raum mit stets übereinstimmender Geschwindigkeit



er die Dinge im Zusammenhang, in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit betrachtet und untersucht. Ohne diesen Zusammenhang, isoliert von den umgebenden Erscheinungen, bleibt ihm seine Bewegung unverständlich und nicht sinnvoll änderbar.

Wir führen einen weiteren Gedankenversuch durch und stellen uns eine Beobachterkammer vor, die auf einer Ellipsenbahn um die Sonne oder die Erde oder einen anderen Himmelskörper läuft. Der Passagier ist ebenso wie die Kammer, die ihn umschließt, ein Himmelskörper, ein Satellit oder Planetchen, er fliegt auf derselben Bahn um das Anziehungszentrum wie die Kammer, und Richtung und Geschwindigkeit seiner Bewegung ändern sich im gleichen Maße wie die der Kabine. Wiederum wird er weder gegen den Boden noch gegen die Decke der Kammer gepreßt, weil diese ebenso wie er in bezug auf das Anziehungszentrum steigt oder fällt. Während der gesamten Umlaufzeit ist der Passagier also völlig gewichtslos. „Oben" und „unten" haben ihren irdischen Sinn verloren.

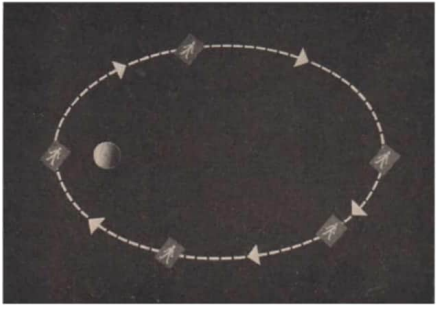
Die gleiche Betrachtung können wir für den Flug auf anderen Kegelschnittbahnen anstellen. Was geschieht aber, wenn die Bahn eines Raumschiffes durch einen anderen Himmelskörper gestört wird? Erhält zum Beispiel der Pilot einer Rakete, die dicht am Mond vorbeifliegt, nicht einen Teil seines Gewichtes zurück, wenn die Anziehungskraft des Mondes auf ihn wirkt? Nein – zwar ändert sich seine Bahn, aber auch sein Raumschiff wird in genau der gleichen Weise die Bahn ändern, so daß er nach wie vor gewichtslos bleibt.

Der Zustand der Gewichtslosigkeit ist der normale Zustand im Weltraum. Er tritt ein, sobald sich ein Raumschiff antriebslos auf einer Trägheitsbahn im leeren Raum bewegt, solange also die Raketentriebwerke nicht arbeiten. Weil diese aber nur für eine kurze Zeit während des Aufstieges, der Anpassungsmanöver und der Bahnkorrekturen in Betrieb genommen werden, befinden sich die Passagiere eines Raumschiffes nahezu ununterbrochen in diesem Zustand, sofern sie es nicht vorziehen und vermögen, sich künstlich einen Ersatz für das verlorengegangene Gewicht zu verschaffen.

Bei allen diesen Versuchen müssen wir uns darüber im klaren sein, daß der Begriff „leerer Raum" nicht treffend ist und nur aus Gewohnheit verwendet wurde. Stets ist der Raum erfüllt mit Staub und Strahlenteilchen, mit Kraftfeldern, und überall wirkt die Anziehungskraft der Himmelskörper. Unter einem „leeren Raum" können wir deshalb nur einen Raum verstehen, in dem so wenig Materie enthalten ist, daß das Raumschiff nicht spürbar abgebremst wird. Einen völlig „leeren Raum", einen „Raum an sich", gibt es nur in den Köpfen einiger Philosophen.

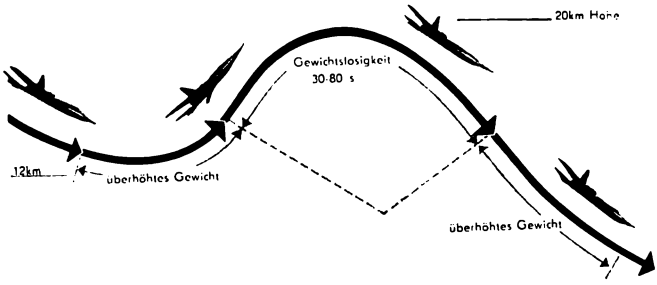
Bis jetzt haben wir nur theoretische Überlegungen angestellt. Wir brauchen uns aber nicht vorzuwerfen, nach der mittelalterlichen Methode der Theologen und Gegner Galileis verfahren zu sein. Die Praxis stimmt mit unseren Betrachtungen völlig überein.

Allerdings stoßen derartige Experimente in den dichten Luftschichten auf erhebliche Schwierigkeiten, da wir den Zustand der Gewichtslosigkeit nur erreichen können, wenn wir einen Körper frei fallen lassen. Leider nimmt die Geschwindigkeit des fallenden Körpers sehr schnell zu, und in noch stärkerem Maße wächst der Luftwiderstand. Von diesem wird der Körper schon nach kurzer Zeit so stark abgebremst, daß er nicht mehr „frei" fällt. Vermindert man den Luftwiderstand durch Stromlinienform und hebt ihn durch einen zusätzlichen Antrieb des Fallkörpers oder durch Versuche im Vakuum auf, so tritt ein anderes Hindernis zutage. Innerhalb weniger Sekunden wachsen Fallgeschwindigkeit und Fallstrecke auf erstaunliche Werte. So erfordern zum Beispiel zehn Sekunden Gewichtslosigkeit bereits eine Fallstrecke



In einer Satelliten- oder Planetenbahn bewegen sich Raumkabine und Pilot mit stets übereinstimmender Geschwindigkeit um die Erde bzw. um die Sonne

von etwa 500 Metern. Die Endgeschwindigkeit würde bei diesem Versuch über 350 Stundenkilometer betragen; deshalb brauchte man zusätzlich noch eine Bremsstrecke von mindestens 100 Metern.
In der Praxis mußte man sich lange Zeit mit sehr viel kürzeren Fallstrecken begnügen. Hermann Oberth untersuchte zum Beispiel in seiner Jugend, wie sich Flüssigkeiten im Zustand der Gewichtslosigkeit verhalten, indem er sie in eine Flasche füllte und damit vom Sprungturm ins Wasser sprang. Mit solch einfachen Versuchen bestätigten die Raumfahrtpioniere die Richtigkeit ihrer theoretischen Schlußfolgerungen. Filmaufnahmen, die zeigen, daß eine Kerze, die ungebremst und geschützt fällt, infolge der Gewichtslosigkeit verlischt, gelangen erstmals bereits vor über 20 Jahren.
Die Versuche im irdischen Laboratorium gestatten natürlich noch keine sicheren Rückschlüsse darüber, wie sich der menschliche Organismus verhält, wenn er viele Minuten, Stunden oder gar Tage hindurch gewichtslos ist. Noch vor wenigen Jahren vertraten die Wissenschaftler sehr unterschiedliche Ansichten. 1951 meinte zum Beispiel ein Mediziner, „daß unter Bedingungen völliger Gewichtslosigkeit das Leben nicht länger als Minuten aufrechterhalten werden kann". Das stand in krassem Widerspruch zu der Vermutung vieler Raumfahrtpioniere, der Mensch werde den Zustand der Gewichtslosigkeit auch für eine längere Zeit ohne Schaden ertragen. Meinung stand gegen Meinung. Theoretische Erwägungen allein vermochten diese wichtige Frage nicht zu entscheiden. Nur das Experiment konnte eine verbindliche Antwort geben.
Den ersten Fortschritt in dieser Hinsicht brachten Versuche mit Flugzeugen. Gewichtslosigkeit tritt beim Sturzflug auf, wenn die Wirkung des Luftwiderstandes durch die Kraft der Motoren ausgeglichen wird, aber auch beim Flug in einer parabelähnlichen Bahn, in der sich das Flugzeug fast wie ein geworfener Körper bewegt (Abb. S. 264).
Mit dieser Methode konnte die Zeitdauer der Gewichtslosigkeit auf etwa eine Minute ausgedehnt werden. Die Versuchspersonen überstanden die Versuche zwar ohne leiblichen Schaden, jedoch zeigte sich, daß nicht jeder Mensch gleichartig auf die Gewichtslosigkeit reagiert. Einige der Versuchspiloten empfanden sie als einen Sturz ins Bodenlose, wurden von lähmender Angst gepackt und waren unfähig zu besonnenem Handeln. Anderen gelang es, das anfängliche Angstgefühl zu unterdrücken und sich anzupassen, und der Rest schließlich blieb von allen unangenehmen Empfindungen verschont und fühlte sich vollkommen wohl.
Flugzeugversuche bilden deshalb ein wichtiges Hilfsmittel bei der Auswahl von Raumpiloten. Außerdem ermöglichen sie ein zielstrebiges Training. Der Raumfahrer soll die Gewichtslosigkeit nicht nur passiv ertragen, er muß auch trotz der ungewohnten Situation aktiv handeln können. Jeder Parabelflug dauert etwa eine Minute – verglichen mit der Dauer eines Raumfluges, eine sehr kurze Zeit; aber eine lange Zeit, wenn man sie gut zu nutzen versteht. Flug folgt auf Flug, und bei jedem Flug lernt der Raumkandidat etwas Neues hinzu.
Er lernt, wie man die Kraft der Muskeln maßvoll einsetzt, wie man Kopf, Hände, Arme und Füße auch dann richtig bewegt, wenn sie weniger wiegen als eine Flaumfeder. Er lernt, seinen Körper zu beherrschen, wenn sich der Boden unter seinen Füßen verliert, wenn es kein Oben und Unten mehr gibt und nur noch die Augen ihm helfen, sich in der Kabine zurechtzufinden. Er lernt noch einmal Essen und Trin-



ken, Lesen und Schreiben. Alles ist neu, ungewöhnlich, unirdisch; jede Bewegung anders als auf der Erde. Der Raumpilot übt, wie man Meßgeräte abliest und Funkverbindungen herstellt. Besonnen muß jeder Handgriff ausgeführt werden. Dieses systematische Training befähigt ihn, auch in der Phase des freien Fluges durch das All sinnvoll zu handeln und Forschungsaufträge gut zu erfüllen.

Aber auch die so nützlichen Parabelflüge können noch keine verbindliche Antwort auf die Frage geben, wie der lebende Organismus auf eine längere Gewichtslosigkeit reagieren wird. Das irdische Leben hat sich seit vielen Millionen unter den Bedingungen einer stets gleichbleibenden Schwerkraftwirkung entwickelt, und alle Vorgänge im Körper sind auf diese Wirkung eingestellt. Deshalb mußten vor dem ersten Menschenflug ins All noch andere Methoden benutzt werden, die besser geeignet sind, alle möglichen Gefahren auch einer langen Gewichtslosigkeit rechtzeitig zu erkennen.

Höhenraketen befinden sich samt ihrem Inhalt nach Brennschluß bis zum Wiedereintritt in die dichten Luftschichten im Zustand der Gewichtslosigkeit. Schon 1949, als die ersten sowjetischen Höhenraketen mit ausreichender Nutzlastkapazität zur Verfügung standen, wurde die erste Versuchsserie mit Tieren durchgeführt. Damals erreichte man Höhen von etwa 100 km. Diese Steighöhe mag manchem heute recht bescheiden vorkommen. Es wäre jedoch falsch, wollte man die Bedeutung dieser Tierversuche unterschätzen. Bereits in jenen Jahren mußten sehr schwierige und komplizierte Probleme bearbeitet und gelöst werden, die mit dem Raumflug des Menschen in einem sehr engen Zusammenhang stehen.

Der Aufstieg von Versuchstieren erfordert luftdichte Kabinen, die das Fortleben der Tiere unabhängig von den äußeren Bedingungen im kosmischen Raum sichern, und Geräte, die den Luftdruck und die Temperatur in der Kabine automatisch konstant halten, den verbrauchten Sauerstoff ersetzen und gleichzeitig das von den Tieren ausgeschiedene Kohlendioxydgas und einen Überschuß an Wasserdampf aus der Kabinenluft entfernen. Die Tiere müssen ferner vor der Hitze geschützt werden, die beim schnellen Flug durch die dichten Luftschichten entsteht, und nicht zuletzt ist ein zuverlässiges Landeverfahren notwendig.

Sowjetische Forscher lösten schon vor Jahren diese Aufgaben und schufen darüber hinaus neue Mittel für die wissenschaftliche Auswertung der Tierversuche. Sie entwickelten eine neue Art von Meßgeräten, die alle wichtigen Lebensäußerungen der Tiere – Atmung, Herztätigkeit, Blutdruck, Körpertemperatur, Muskelbewegungen – messen und registrieren. Solche Messungen werden täglich von den Ärzten vorgenommen und sind an sich nichts Neues. Der entscheidende Unterschied gegenüber den althergebrachten Methoden besteht jedoch bei den Raketenversuchen darin, daß hier die Ärzte und Biologen auf der Erde bleiben, während ihre Schützlinge mit der mehrfachen Geschwindigkeit eines Strahlflugzeuges durch den Raum fliegen. Die herkömmlichen Meßgeräte erfordern die Anwesenheit des Wissenschaftlers, sie müssen bedient und abgelesen werden und eignen sich deshalb nicht. Außerdem genügen sie den extremen Anforderungen bei einem Raketenflug nicht, weil ihre Funktion durch Überbelastung, Vibrationen, Stoßbelastungen und auch durch die Gewichtslosigkeit beeinträchtigt werden kann. Bei den sowjetischen Tierversuchen wurden neuartige Geräte benutzt, die ohne die Anwesenheit des Menschen und ohne korrigierenden Eingriff laufend alle notwendigen Messungen ausführen und sich zudem durch hohe Störfestigkeit, geringes Gewicht und niedrigen Raumbedarf auszeichnen. Weiterhin wurden spezielle Registrier- und Übertragungseinrichtungen entwickelt, die automatisch eine Vielzahl von Meßwerten aufzeichnen bzw. auf dem Funkweg zur Erde übertragen, und Bodenanlagen, die die übermittelten Funksignale wieder entschlüsseln und in die einzelnen Meßwerte zerlegen.

Die systematische Vorbereitung auf den ersten Raumflug des Menschen trat in der Sowjetunion also schon im Jahre 1949 in ein Stadium ein, in dem die grundlegenden Probleme experimentell erforscht und die ersten Erfahrungen für den Bau der bemannten Raumschiffe gesammelt wurden. In den folgenden Jahren erweiterten die sowjetischen Forscher planmäßig die Dauer und den Schwierigkeitsgrad der Versuche. Sie setzten Höhenraketen mit größerer Steighöhe und Nutzlast ein und erprobten verschiedene Varianten der Landung. Sie verbesserten die Kabinenausrüstungen und ergänzten das Forschungsprogramm zum Beispiel durch die Aufzeichnung von Elektrokardiogrammen, Elektroenzephalogrammen und Elektromyogrammen, die über die schwachen elektrischen Ströme im Herzen, im Hirn und in den Muskeln der Versuchstiere Auskunft geben. Film- und später Fernsehkameras ermöglichten die visuelle Beobachtung der Tiere während der Versuche.

Der Übergang zu einer höheren Qualität gelang den sowjetischen Forschern bereits 1957: Sputnik 2 erbrachte die ersten Angaben, wie sich ein Tier verhält, wenn es mehrere Tage lang ohne Gewicht ist. Diesem ersten Schritt folgte in der Zeit vom August 1960 bis März 1961 eine Serie von fünf Versuchen mit Raumschiff-Satelliten, bei denen verschiedene Tiere jeweils für 24 Stunden in eine Umlaufbahn gebracht wurden.

Besonders die Versuche mit Hunden geben eine exakte Antwort auf die Frage, wie sich ein höheres Lebewesen unter den Bedingungen des kosmischen Raumes verhält und wie es in den einzelnen Phasen des Raumfluges reagiert. Nicht ohne Grund haben die sowjetischen Gelehrten für diesen Zweck gerade den Hund ausgewählt. Auf Grund jahrzehntelanger Erfahrungen sind die Lebensvorgänge im Körper des Hundes und seine Reaktionen auf Umwelteinflüsse sehr gut bekannt. Schon in der Vergangenheit haben Hundeversuche viel dazu beigetragen, die Vorgänge im

Die Hunde Zyganka und Mischka werden für einen Versuchsflug in der Luftdruckkammer vorbereitet

menschlichen Körper aufzuklären und besser zu verstehen. Erinnert sei nur an die berühmten Forschungen des hervorragenden sowjetischen Physiologen Pawlow.
Die Ergebnisse der Hundeversuche gestatten verbindliche Voraussagen, wie der Mensch einen längeren Raumflug ertragen wird. Vergessen wir dabei nicht, daß der Raumfahrer, ausgerüstet mit hohem Wissen und Können, versehen mit den Hilfsmitteln der modernen Technik, bewußt seines gesellschaftlichen Auftrages und seiner Verantwortung, auch der zähesten Eskimohündin unendlich überlegen ist.
Erst nachdem die sowjetischen Wissenschaftler die Gewißheit erlangt hatten, daß ein höheres Lebewesen auch viele Stunden hindurch die Gewichtslosigkeit und die anderen Einflüsse während des kosmischen Fluges unbeschadet übersteht, startete der erste Mensch in den Weltraum.

Schwerer als eine Figur aus Eisen

Wann wird der Raumfahrer wieder ein Gewicht verspüren? Die Antwort ist einfach: Wenn er durch eine Kraft gegen eine Unterlage gedrückt wird.
Solange wir uns auf der Erde befinden, verursacht ihre Anziehungskraft die Gewichtsempfindung. Wir nehmen unser Gewicht nicht nur mit den Drucksinnesorganen der Haut unserer Fußsohlen oder des Gesäßes wahr. Jedes Teilchen unseres Körpers wird mit einer bestimmten Kraft in Richtung zum Anziehungszentrum gezogen, und der Körper muß dieser Kraft widerstehen. Dadurch entstehen in jedem Körperteil zusätzliche Zug- und Druckspannungen, denen Muskeln, Haut, Knochen, Knorpel- und Bindegewebe standhalten. Der Muskelsinn orientiert uns ebenso wie der Drucksinn der Haut über Größe und Richtung der Belastung. Zudem besitzen wir im Ohr ein Organ, das Labyrinth, mit dessen Hilfe wir Änderungen unserer Lage in bezug auf die Schwerkraft wahrnehmen.

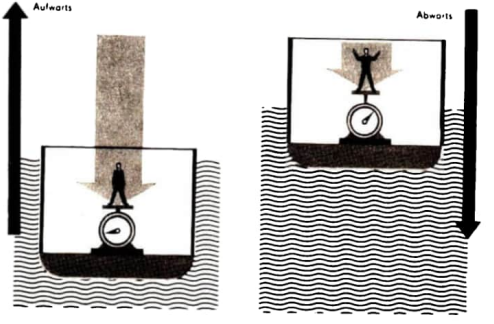
Wir bemerken eine gleichbleibende Belastung normaler Größe und Richtung, wie sie bei Ruhelage oder gleichförmiger Bewegung auftritt, kaum noch, weil wir uns schnell an sie gewöhnen. Wie empfindlich jedoch unsere Sinnesorgane auf Änderungen der Belastung reagieren, kann jeder feststellen, der sich einem Hochseedampfer bei Windstärke 8 anvertraut. Wir wollen dabei weniger daran denken, wie der ständige Wechsel des Gewichtes auf den Mageninhalt wirkt. Wer einmal versucht hat, bei schwerem Seegang durch das Schiff zu „gehen", wird die eigenartigen Empfindungen bei diesem Versuch nie vergessen.

Wir stellen einen Hochseereisenden auf eine Federwaage und beobachten ihn bei Seegang. Jedesmal, wenn sich das Schiff nach unten bewegt, hat er das Gefühl, der Boden versinke unter seinen Füßen, und die Beine werden merkwürdig leicht. Die Federwaage zeigt nur einen Bruchteil seines normalen Gewichtes an.

Hebt sich das Schiff wieder, so fühlt sich der Seefahrer gegen den Boden gepreßt, seine Arme, sein ganzer Körper wiegen viel mehr als zuvor, und er vermag kaum ein Bein zu heben. Diese Wahrnehmungen spiegeln völlig den wirklichen Sachverhalt wider. Die Abwärtsbewegung hat eine Ähnlichkeit mit dem freien Fall, und die Gewichtsverminderung ist eine Folge davon. Umgekehrt ähnelt die Aufwärtsbewegung des Schiffes der Bewegung einer Rakete. Auch beim Start eines Raumschiffes werden die Insassen stärker gegen ihre Unterlage gedrückt, als es auf der Erde normalerweise der Fall ist, und ihr Gewicht wird größer.

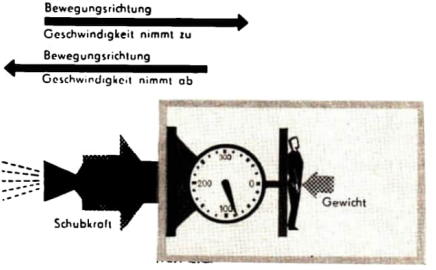
Bleiben wir noch einen Augenblick bei dem Seefahrer auf der Waage! Wir haben noch nicht exakt genug beobachtet. Zwar wird der Seefahrer bei der Abwärtsbewegung leichter – aber nur so lange, wie sich die Geschwindigkeit der Abwärtsbewegung vergrößert! Genauso müssen wir genauer feststellen: Der Seefahrer wird nur so lange schwerer, wie die Geschwindigkeit der Aufwärtsbewegung zunimmt, mit anderen Worten, so lange er beschleunigt wird.

Beim Hochseedampfer sind die Geschwindigkeitsänderungen verhältnismäßig klein, so daß auch das Gewicht der Seefahrer nicht sehr stark vom normalen Gewicht abweicht. Wenn eine Rakete startet, nimmt ihre Geschwindigkeit viel stärker zu. Da-



Schema einer Versuchskammer im Raum
Oben: Antriebsloser Flug

Geschwindigkeitsänderung 0 m/s in der Sekunde
Beschleunigung 0 m/s²



Geschwindigkeitsänderung 10 m/s in der Sekunde
Beschleunigung 10 m/s² = 1 g

Geschwindigkeitsänderung 30 m/s in der Sekunde
Beschleunigung 30 m/s² = 3 g

durch wird während der Antriebsperiode das Gewicht der Passagiere so erheblich vergrößert, daß ernstliche Schädigungen eintreten, wenn nicht besondere Schutzmaßnahmen ergriffen werden. Zum besseren Verständnis wollen wir eine Reihe von Gedankenversuchen durchführen.

Denken wir uns zunächst eine Beobachterkammer im Weltraum, die ohne Antrieb auf einer Kegelschnittbahn dahinfliegt, so daß der Insasse gewichtslos ist. Jetzt schal-

ten wir den Raketenantrieb ein. Die Schubkraft der Rakete verändert die Geschwindigkeit der Kabine und des Passagiers. Bewegt sich die Kammer in der Richtung der Schubkraft, so nimmt die Geschwindigkeit zu. Die Bewegung wird beschleunigt. Während der Beschleunigung schwebt der Raumfahrer nicht mehr in der Kabine. Sobald der Antrieb einsetzt, bewegt sich die Kabine zunächst schneller als der Insasse, so daß dieser mehr oder weniger sanft gegen die Wand prallt und nun ebenfalls mitbeschleunigt wird.

Wenn sich die Kammer aber entgegengesetzt der Raketenschubkraft bewegt, so wirkt die Rakete bremsend und verzögert die Bewegung der Kammer. Ihre Geschwindigkeit nimmt ab, und der Raumfahrer prallt wieder gegen die Wand und wird ebenfalls abgebremst.

In beiden Fällen wird er das gleiche empfinden. Solange seine Bewegung durch Raketenkraft beschleunigt oder verzögert wird, erhält und verspürt er ein Gewicht. Wie groß dieses ist, hängt von der Größe der Geschwindigkeitsänderung ab. Wenn sich die Geschwindigkeit in jeder Sekunde um 10 m/s ändert, die Beschleunigung oder Verzögerung also 10 m/s in der Sekunde oder 10 m/s^2 (≈ 1 g) beträgt, erhält er sein normales, sein irdisches Gewicht (1 G). Dabei bedeutet „g" nicht „Gramm", sondern stellt die Maßeinheit „eine Erdbeschleunigung" dar. In keiner Weise unterscheidet sich das Gewicht des Passagiers während der Beschleunigung von dem Gewicht, das er auf der Erde durch die Erdanziehung erhält.

Was geschieht aber, wenn die Raketenschubkraft so groß ist, daß sie die Bewegung der Beobachterkabine im Weltraum nicht um 10 m/s^2, sondern um 30 m/s^2 beschleunigt oder verzögert? Jetzt wirkt auf ihn das Dreifache der Erdbeschleunigung, 3 g, und er wird viel stärker gegen seine Unterlage gepreßt, weil er dreimal soviel wiegt wie auf der Erde. Das dreifache Gewicht (3 G) existiert tatsächlich und nicht nur in seiner Einbildung. Der Stuhl, auf dem er sitzt, muß jetzt 210 kp statt 70 kp aushalten.

Zweifellos lassen sich Stühle konstruieren, die selbst tonnenschweren Raumfahrern gewachsen sind. Ob aber der Raumfahrer selbst sein eigenes Gewicht noch ertragen kann? Bei 13 g wöge er statt 70 kp gar über 900 kp. Er hätte etwa das doppelte Gewicht einer gleichgroßen Eisenfigur, und das Blut in seinen Adern wäre so schwer wie Quecksilber auf der Erde! Der Mensch vermag sich zwar in erstaunlichem Maße seinen Umweltsbedingungen anzupassen, doch hier scheint diese Fähigkeit überfordert zu sein. Sein gesamter Organismus hat sich während einer Millionen Jahre dauernden Entwicklung auf die Bedingung „1 g" eingestellt. Wo liegen nun die Grenzen seiner Beschleunigungsfestigkeit?

Diese Frage tauchte schon vor Jahren auf, als es nämlich festzustellen galt, wo die Grenzen der körperlichen Widerstandsfähigkeit von Flugzeugpiloten bei Geschwindigkeits- und Richtungsänderungen liegen. Beim Katapultstart und bei der Landung von Flugzeugen, besonders aber beim Sturzflug und bei Kurvenflügen treten enorme Beanspruchungen auf, die um so gefährlicher sind, weil unter Umständen schon verhältnismäßig geringe Beschleunigungen zu Störungen des Bewußtseins führen können.

Wenn der Pilot aufrecht sitzt, wird schon bei 4–5 g nach 3–5 Sekunden das Sehvermögen gestört. Das Blut versackt in die unteren Blutgefäße, die sich unter dem vermehrten Gewichtsdruck erweitern, während das Gehirn nicht mehr ausreichend

Die Widerstandsfähigkeit des Menschen gegenüber Beschleunigungskräften ist am größten, wenn der Pilot senkrecht zur Kraftrichtung liegt

günstigste Lage

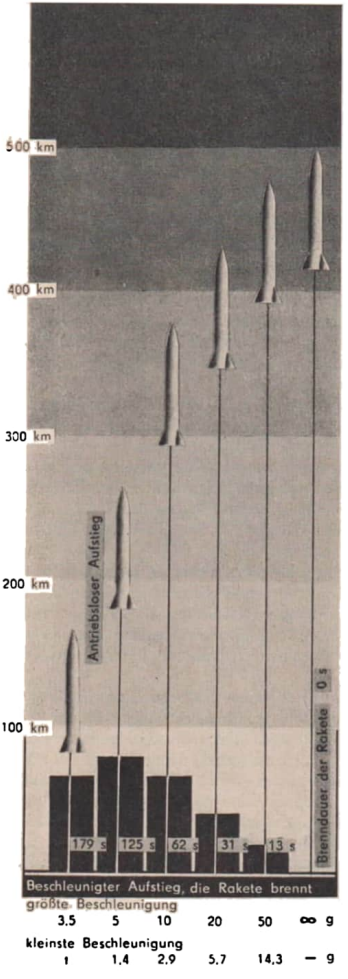
durchblutet und mit Sauerstoff versorgt wird. Schwarze Schleier scheinen über seine Augen zu fallen, und schließlich wird der Pilot bewußtlos.

Was kann man dagegen tun? Für Flieger wurden Anti-Schwerkraftanzüge konstruiert, das sind feste Bekleidungsstücke, die dicht am Körper anliegen und außerdem mit fünf Luftkammern ausgepolstert sind. Eine befindet sich vor dem Bauch, die anderen liegen um Ober- und Unterschenkel des Piloten. Wenn die Beschleunigung wächst, öffnet sich automatisch ein Ventil und läßt Druckluft in die Kammern treten. Dadurch wird der Unterkörper stark zusammengepreßt, und das Blut kann nicht so leicht versacken. Ein solcher Anzug ist für Flieger sicher sehr wertvoll, doch erhöht er die Widerstandsfähigkeit nur um etwa 1,5 g.

Wirkungsvoller und für die Raumfahrt brauchbarer ist ein anderes Mittel, auf das Ziolkowski 1914 hinwies und das heute als ein ideales Mittel gilt, die Beschleunigungsfestigkeit des Menschen zu steigern. In liegender Stellung vermag der Mensch 4–5 g mehrere Minuten lang zu ertragen, ohne daß sich Seh- oder gar Bewußtseinsstörungen einstellen. Durch systematisches Training läßt sich die Belastbarkeit sogar auf 6–8 g erhöhen. Mehrere Minuten wiegt der Mensch soviel wie eine gleichgroße Eisenfigur! Daß er dabei nicht den Arm zu heben vermag, versteht sich von selbst. Auch aus diesem Grunde dachte Ziolkowski an eine Programmsteuerung von Raumschiffen während der Beschleunigungsperiode.

Der Weitblick des Vaters der Raumfahrt wird auch an einem anderen Vorschlag deutlich, dessen Wurzeln in das vorige Jahrhundert reichen. Ziolkowski erdachte ein Beschleunigungsschutzgerät, das aus einem Gefäß mit einer Flüssigkeit besteht, die die gleiche Wichte wie der menschliche Körper besitzt, z. B. Salzwasser. In dieses Gefäß legt sich der durch einen wasserdichten Anzug geschützte Raumfahrer während der Beschleunigungsperiode hinein.

Dem Schutzgerät liegt die Beobachtung zugrunde, daß die Entwicklung des Kückens im Hühnerei nicht durch Stöße und Erschütterungen beeinträchtigt wird, die das Ei erleidet. Ziolkowski beschrieb seine Feststellung schon 1891 in einer Abhandlung „Über den Transport zerbrechlicher Gegenstände". Er hoffte, auf diese Weise die Beschleunigungsfestigkeit des Menschen auf 10 g und mehr zu erhöhen.
Zwei sowjetische Wissenschaftler, Professor Nikolai Alexejewitsch Rynin und Doktor Lichatschow, führten 1930 verschiedene Versuchsreihen durch. Sie ließen Hühnereier aus unterschiedlichen Höhen in Sand fallen und setzten Karauschen und Frösche einem Andruck von mehreren hundert „g" unter Wasser aus. Es traten keine Schädigungen ein. Heute, siebzig Jahre nach Ziolkowskis genialer Schlußfolgerung, bestätigt die Praxis, daß seine Überlegungen auch in bezug auf Menschen richtig waren. Vor kurzem überstand ein Versuchspilot vier Minuten eine Beschleunigung von 13 g! Das war nur möglich, weil er sich während des Versuchs in einem Wasserbecken befand.
Woher weiß man, welche Belastungen ertragen werden können? Beschleunigungskräfte treten nicht nur bei geradlinigen, beschleunigten oder verzögerten Bewegungen, sondern stets auch bei Drehbewegungen auf. In jeder Zentrifuge wird diese Tatsache ausgenutzt. Deshalb dachte Ziolkowski daran, die Beschleunigungsfestigkeit der Raumfahrer mit Zentrifugen zu bestimmen.
Den sowjetischen Forschern Rynin, Lichatschow, Karassik, Wassiljew und Sergejew gelang schon vor dreißig Jahren ein wichtiger experimenteller Nachweis. Sie bauten im Leningrader Institut der Verkehrsingenieure zwei Zentrifugen, mit denen sie Beschleunigungen von 100 und 2800 g erzeugen konnten. Ihre Versuche mit Tieren zeigten, daß die Beschleunigungsfestigkeit durch eine gleichmäßige Verteilung des Auflagedruckes erhöht wird. Diese Erkenntnis ist heute aktueller denn je. Sie führt zur Entwicklung von Konturbetten, das sind gepolsterte Auflageflächen aus Schaumstoff, die sich genau den Körperformen anpassen.
In den letzten Jahrzehnten wurden an vielen Stellen der Erde Versuchszentrifugen verschiedener Größe gebaut, darunter Riesenkarussells mit dreißig Metern Durchmesser und mit Antriebsmotoren von Tausenden PS Leistung. Diese Zentrifugen helfen nicht nur den Ärzten, aus der Schar der Raumfahrtbewerber die widerstandsfähigsten herauszufinden, sondern spielen auch beim Training der Raumpiloten eine wichtige Rolle.
Jeder Raumkandidat absolviert nach einem bestimmten Programm Zentrifugenversuche unterschiedlicher Dauer und Belastung und gewöhnt sich dadurch an die Verhältnisse während des Aufstieges und der Landung. In diesen entscheidenden Phasen des Raumfluges wird das Raumschiff automatisch gesteuert; dennoch muß der Pilot lernen, in jedem Augenblick richtig zu beobachten und notfalls auch entschlossen zu handeln. Deshalb versieht man die Zentrifugenkabine mit einer Innenausstattung, die der einer echten Raumkabine entspricht, und ahmt den voraussichtlichen Ablauf des Raumfluges möglichst naturgetreu nach. Meßgeräte und Fernsehkameras sorgen dafür, daß die verantwortlichen Ärzte ununterbrochen das Befinden und die Reaktionen des Raumpiloten überwachen können.
Allmählich wird die Drehzahl der Zentrifuge gesteigert, und die Überbelastung wächst – genau wie beim Aufstieg des Raumschiffes. Leider läßt sich die Gewichtslosigkeit nicht nachahmen, wohl aber die Belastung während des Landevorganges.

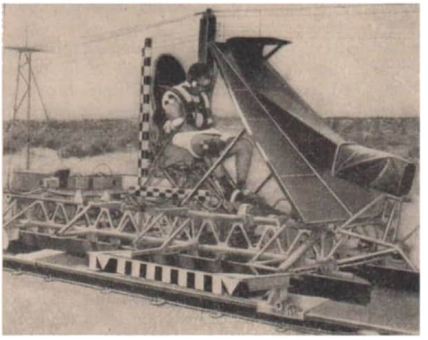


Der Pilot trägt dabei den Raumanzug und erlebt viele Einzelheiten des künftigen Raumfluges bereits auf der Erde. Seine Glieder werden schwer wie Blei; er kann nur mit Mühe atmen; eine gewaltige Kraft preßt ihn in seinen Sitz – aber trotzdem muß er genau beobachten, Meßgeräte ablesen, seine Wahrnehmungen laufend ins Mikrophon sprechen und sogar trotz der Belastung bestimmte Handlungen ausführen. Die kontrollierenden Ärzte stellen fest, wie groß die Belastung höchstens sein darf und wie sich die verschiedene Dauer und Stärke der Belastung auf die Urteilsfähigkeit und das Reaktionsvermögen des Raumpiloten auswirken.

Ein Automat versorgt die Skalen der Geräte in der Kabine mit Daten, wie sie während eines echten Raumfluges zu erwarten sind, und die Ausbilder können überdies von außen in den geordneten Ablauf des Programms eingreifen und den Piloten in Situationen hineinstellen, die seine Beobachtungs- und Urteilskraft beanspruchen und ihn veranlassen, so zu handeln, als befände er sich tatsächlich in einem Raumschiff. Einrichtungen, die auf diese oder ähnliche Weise wesentliche Bedingungen eines Raumfluges nachahmen, nennt man Simulatoren. Mit ihrer Hilfe lassen sich im irdischen Laboratorium komplette Probeflüge „simulieren".

Natürlich dienen diese Versuche nicht nur der Ausbildung der Piloten, sondern auch der Erprobung der verschiedenen Geräte der Raumkabine unter raumflugnahen Bedingungen. Der Pilot kann überdies den Konstrukteuren Hinweise geben, wie einzelne Geräte oder deren Anordnung und Bedienung verbessert werden können. In kollektiver Zusammenarbeit zwischen Raumpiloten, Konstrukteuren, Ärzten und Ausbildern entsteht auf diese Weise schon vor dem

ersten Raumflug eine Kabine, die den Bedürfnissen des echten Raumfluges weitgehend genügt.
Die Raumschiffkonstrukteure müssen nicht nur genau wissen, was sie dem Menschen zumuten dürfen. Auch auf die Konstruktion des Raumschiffes hat die Wahl der Beschleunigung einen großen Einfluß. Die Triebwerke könnten zum Beispiel so gebaut werden, daß ihre Schubkraft sehr groß ist, die Rakete sehr stark beschleunigt wird und schon nach kurzer Zeit die Fluchtgeschwindigkeit erreicht.
Umgekehrt wäre auch eine Rakete denkbar, deren Triebwerke so schwach sind, daß sie dem Gerät nur eine geringe Beschleunigung erteilen, so daß es erst nach längerer Zeit die Fluchtgeschwindigkeit erhält. Zwar müssen die Triebwerke in diesem Fall länger arbeiten. Dafür verbrauchen sie aber je Sekunde weniger Treibstoff.
Was ist nun günstiger? Wir wissen bereits, daß die langsame Methode mehr Treibstoff erfordert, weil hier die Rakete gewissermaßen länger mit der Schwerkraft kämpfen muß. Besonders klar wird uns diese Tatsache, wenn wir ein Beispiel durchrechnen. Die Abbildung auf Seite 272 zeigt, welche Steighöhen sich mit einer einstufigen Rakete bei verschiedenen Triebwerken erreichen lassen. Jedes der Triebwerke möge mit konstantem Massedurchsatz arbeiten, das heißt, die Treibstoffmenge, die in jeder Sekunde verbrannt wird, sei bei jeder einzelnen Rakete während der gesamten Brennzeit gleichbleibend. Das entspricht den tatsächlichen Verhältnissen bei modernen Großraketen. Ihre Triebwerke sind für einen ganz bestimmten Massedurchsatz gebaut, bei dem die Energie der Treibstoffe am besten ausgenutzt wird.
Die Schubkraft bleibt dabei während des gesamten Aufstieges nahezu gleich. Weil aber durch den Treibstoffverbrauch die Raketenmasse ständig abnimmt, verändert sich auch die Beschleunigung und wächst von einem kleinsten Wert bis zu einem Maximalwert. Unsere Abbildung gibt uns einen Überblick, welche Wirkung die Wahl verschiedener Beschleunigungen auf die Höhe hat. Jede der Beispielraketen enthalte die gleiche Treibstoffmenge. Der Vollständigkeit halber haben wir noch die Höhe angegeben, die bei ungeheuer großem Massedurchsatz theoretisch zu erreichen wäre, wobei wir natürlich von dem Gewicht des dazu notwendigen Triebwerkes ganz absehen wollen.
Die Abbildung legt den Schluß nahe, bis hart an die Grenze der Beschleunigungsfestigkeit des Menschen zu gehen, Raumraketen also mit der größten Beschleunigung aufsteigen zu lassen, die erreichbar und zuträglich ist. Dennoch wird man sich nicht an diese Folgerung halten können, weil sie nur einen der wichtigsten Faktoren berücksichtigt. Um aber in dieser Frage die beste Lösung zu finden, muß man möglichst alle Faktoren in ihrer Wirkung und gegenseitigen Verflechtung untersuchen. Dafür einige Beispiele: Obgleich es zunächst empfehlenswert erscheint, möglichst schnell die Höchstgeschwindigkeit zu erreichen, wird man in der Praxis darauf verzichten müssen, weil sonst das Gerät bereits in niedrigen Höhen Geschwindigkeiten erreicht, die so hoch sind, daß der Luftwiderstand einen Strich durch die Rechnung macht, und die wegen der Luftreibung sogar die Existenz des Gerätes und seiner Insassen gefährden.
Weiterhin müssen die Konstrukteure berücksichtigen, daß nicht nur die Passagiere ein Vielfaches ihres irdischen Gewichtes wiegen, sondern auch die Bauteile der Rakete und besonders die Treibstoffe. Steigt die Rakete mit einer Beschleunigung



Stapp vor einer Versuchsfahrt mit dem Raketenschlitten

von 60 m/s² senkrecht empor, so beträgt die Wichte des flüssigen Sauerstoffes siebenmal soviel wie auf der Erde, das sind 7,8 p/cm³! Der Sauerstoff erreicht damit die irdische Wichte des Eisens. Der bedauerliche Unterschied besteht nun darin, daß ein Eisenblock von selbst zusammenhält, während die Flüssigkeit in einem genügend starken Behälter untergebracht sein muß, der auch bei solchen enormen Beschleunigungskräften nicht zerbricht. Starke, dickwandige Treibstoffbehälter aber würden wiederum das Masseverhältnis verschlechtern und die Erfolge zunichte machen, die im Kampf um hohe Ziolkowskizahlen errungen wurden.

Schon diese Beispiele deuten an, wie vielschichtig und kompliziert die Probleme sind, die vor den Schöpfern moderner Großraketen stehen. Erfolge sind nur möglich auf der Grundlage einer umfassenden und allseitigen Theorie und gestützt auf ebensolche praktische Erfahrungen, und sie setzen eine Industrie voraus, die auf allen Gebieten Höchstleistungen hervorzubringen vermag. Welche Bedeutung dabei einer kollektiven Zusammenarbeit zukommt, liegt auf der Hand.

Die genaue Kenntnis der menschlichen Beschleunigungsfestigkeit ist nicht nur für den Aufstieg erforderlich. Auch bei Kursänderungen und Anpassungsmanövern im Weltraum treten Beschleunigungskräfte auf. Hier lassen sich aber ohne Schwerkraftverluste relativ niedrige Beschleunigungen verwenden.

Schließlich ist es notwendig, bei der Rückkehr zur Erde oder bei der Landung auf einem Himmelskörper die kosmische Geschwindigkeit des Raumschiffes oder zumindestens der Kabine samt ihrer Besatzung erheblich zu verringern. Unabhängig davon, ob das Fahrzeug durch Raketentriebwerke oder durch Luftwiderstand abgebremst wird, entstehen Beschleunigungskräfte, die nicht unberücksichtigt bleiben dürfen.

Sicherlich wird man Belastungen vermeiden, wie jene, denen sich der Amerikaner John Stapp tollkühn aussetzte. In einer langen Reihe von Versuchen unterwarf er sich in den letzten Jahren Beanspruchungen, von denen man annehmen müßte, daß sie tödlich wirken. Stapp untersuchte am eigenen Leibe, wie sich der menschliche

Körper bei stoßartigen Beschleunigungen verhält. Dazu benutzte er einen Schlitten, der, auf Schienen laufend, von großen Feststoffraketen getrieben wurde. Seine Assistenten banden ihn in sitzender Stellung auf dem Schlitten fest. Dann zündete man die neun Raketen, die den Schlitten mit einer Kraft von 20000 kp innerhalb von fünf Sekunden auf über 1000 km/h beschleunigten.

Dieser Teil der Versuche war noch der „harmlosere", denn die Beschleunigung überstieg „kaum" acht g. Was folgte, war eine viel schwerere Prüfung. In einer Sekunde wurde der Schlitten mitsamt John Stapp wieder zum Stillstand gebracht. Jäh stoppte die Wasserbremse das Fahrzeug, und für einen Augenblick wog Stapp 3040 Kilopond, das Vierzigfache seines normalen Gewichtes. Wenn jemand mit 80 km/h gegen eine Betonmauer prallt, treten die gleichen Beschleunigungskräfte auf. John Stapp kam mit blutunterlaufenen Augen davon. Seine Sehkraft, die er zunächst eingebüßt hatte, kehrte nach kurzer Zeit zurück.

Der Sinn dieser Selbstmordversuche? Stapp ist Oberst der US-Air Force und Leiter des luftmedizinischen Forschungszentrums in Neu-Mexiko. Seine Versuche gaben der amerikanischen Luftwaffe Aufschluß über die Größe der Beschleunigung, die man den Piloten von Kriegsflugzeugen zumuten kann, wenn sie zum Beispiel ihr Schnellflugzeug verlassen, um sich mit dem Fallschirm zu retten. Der Luftwiderstand verzögert schlagartig die Bewegung des aussteigenden Fliegers. Stapps Versuche dienten dem militärischen Zweck, kostbares „Pilotenmaterial" vor vorzeitigem Verschleiß zu bewahren.

John Stapp erhielt für seinen Einsatz eine Reihe der höchsten amerikanischen Tapferkeitsauszeichnungen. Ob er das Geld für seine Versuche bekommen hätte, wenn sie nicht militärischen Aufgaben gedient hätten? Erinnern wir uns nur an die Schlittenversuche Max Valiers oder an die Beschleunigungsversuche von Johannes Winkler. Vor dreißig Jahren benutzte Winkler ein Karussell auf irgendeinem Rummelplatz, das er für ein anständiges Trinkgeld mietete. Er war froh, auf diese Weise ein paar kleine Experimente durchführen zu können. So arbeiteten die „Raumfahrtnarren" im Kapitalismus, bevor ihre Pläne als kriegstauglich befunden wurden.

Was zeigen uns Stapps Versuche? Erstens, daß auch aus diesem Grunde das Vernesche Mondprojektil nach wie vor utopisch bleiben muß, denn Stapps Belastung betrug nur etwa ein Tausendstel von dem, was die Geschoßinsassen aushalten müßten. Zweitens geben sie einen Aufschluß, welche Stoßbeanspruchungen ertragen werden können, wenn ein Raumschiff zum Beispiel hart auf einen Himmelskörper aufsetzt oder – was vorläufig noch wichtiger ist – wieder zur Erde zurückkehrt. Dabei denken wir weniger an die sicher längere Zeit dauernde Periode mit mäßiger und relativ gleichbleibender Verzögerung, sondern an plötzliche Spitzenbelastungen. Sie entstehen z. B. beim Öffnen der aerodynamischen Bremsen und des Fallschirmes. Schon bei gewöhnlichen Fallschirmabsprüngen treten während des Entfaltungsstoßes Beschleunigungen von 5 bis 8 g und darüber auf.

Bei Fallschirmspringern kommt es aber lediglich darauf an, die Grenzgeschwindigkeit eines frei fallenden Menschen im lufterfüllten Raum zu verringern. Der Springer fällt mit 60 m/s und wird durch den Fallschirm innerhalb von etwa zwei Sekunden bis auf 5 m/s abgebremst. Ein kosmisches Fahrzeug nähert sich jedoch der Erde mit ungefähr der hundertfünfzigfachen Geschwindigkeit! Dennoch ist der Entfaltungsstoß nur eines von vielen Problemen bei der Rückkehr.

Raumfahrer, die sich einem Himmelskörper nähern, erhalten erst dann wieder ein Gewicht, wenn eine andere als die Anziehungskraft auf sie wirkt. Im wesentlichen werden zwei Kräfte ihnen ein Gewicht vermitteln: die Schubkraft der Raketentriebwerke, die hier entgegengesetzt der Bewegungsrichtung arbeiten, und der Widerstand der Luft oder der Gashülle des Planeten. Zu der verzögernden Wirkung des Luftwiderstandes kann noch der Auftrieb kommen, den geflügelte Raumschiffe in einer Gashülle erhalten.
Immer wieder tauchen in ernsten Projekten solche geflügelten Landungsraketen auf, wie sie von Ziolkowski, Zander und Kondratjuk vorgeschlagen wurden. In den Entwürfen Wernher von Brauns für eine riesige Marsexpedition spielen sie eine grundlegende Rolle. Sobald Landungsraketen in tragfähigen Luftschichten fliegen, erhalten die Passagiere ein Gewicht, diesmal allerdings nicht in Richtung der Fahrt, sondern in Richtung zum Anziehungszentrum. Ohne die Wirkung der Luft blieben sie selbst bei größter Annäherung an den Himmelskörper gewichtslos.

Gewichtsersatz

Der Zustand der Gewichtslosigkeit bringt eine Reihe von Unbequemlichkeiten mit sich, die einen wochenlangen Aufenthalt in der Raumkabine zweifellos zu einer Belastungsprobe werden lassen. Zudem führt die geringe körperliche Beanspruchung zu einer Muskelerschlaffung, deren Folgen bei der Rückkehr zu normalen Verhältnissen unter Umständen lebensbedrohend sein können. In gewisser Beziehung wird der Raumfahrer einem Patienten gleichen, der sich nach langer und strenger Bettruhe erst wieder an den Gebrauch seiner Glieder gewöhnen muß. Bei und nach der Landung auf einem Himmelskörper wird keine Krankenschwester den Piloten stützen, und auch eine „Schonzeit" läßt sich nicht einplanen, denn der Raumfahrer muß nach der Landung sofort handlungsbereit sein und bei Beschädigungen des Fahrzeuges oder bei unvorhergesehenen Gefahren sofort eingreifen können.
Erschwerend oder gar lebensbedrohend werden sich nach monatelanger Gewichtslosigkeit besonders die Beanspruchungen unmittelbar vor der Landung auswirken. Bevor das Raumschiff landet, muß seine Geschwindigkeit der des Himmelskörpers angeglichen werden, ferner muß die Fallgeschwindigkeit abgebremst werden. Während die Triebwerke arbeiten, wird der Raumfahrer ebenso wie beim Start ein Vielfaches seines normalen Gewichtes ertragen müssen. Die Belastung beim Start traf jedoch den an sein normales Gewicht gewöhnten und deshalb widerstandsfähigeren Raumfahrer.
Wie aber wird der Körper reagieren, wenn er lange Zeit vorher fast nicht beansprucht wurde? Mit Recht dürfen wir vermuten, daß auch aus diesem Grunde gerade die Landung ein sehr gefahrvoller Teil der langen Raumreise sein wird. Doch die Raumfahrtpioniere waren auch hier nicht um einen Ausweg verlegen.
Gegen die Muskelverkümmerung bietet sich ein bewährtes Mittel an. Trotz aller Beschränkungen im Raumschiff sind Sportarten denkbar, die einen Ausgleich auch

unter den Bedingungen der Gewichtslosigkeit schaffen könnten. Volleyball und Gewichtheben scheiden natürlich aus. Dagegen ließe sich mit Expandern eine Trainingsarbeit betreiben, durch die wichtige Muskelpartien ausreichend leistungsfähig gehalten werden. Der Erfolg des interplanetaren Konditionstrainings hängt in jedem Fall von dem Verantwortungsbewußtsein und der Regelmäßigkeit ab, mit denen es betrieben wird.

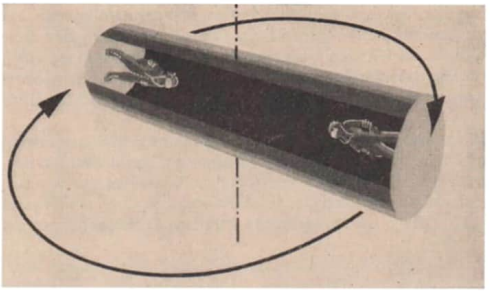
Ein eigenartiger Gedanke drängt sich auf. Vielleicht könnte in größeren Kabinen die Muskelerschlaffung sogar durch eine Art „Luftschwimmen" verhindert werden, das sich vom Wasserschwimmen nur durch das Mittel unterscheidet, in dem sich der Schwimmer befindet. Bei Bedarf kann das Schwimmen in der Kabinenluft auch als ein dürftiger Ersatz für die nicht anwendbaren irdischen Fortbewegungsarten dienen.

Kosmischer Sport hülfe wohl gegen Muskelschwund, nicht aber gegen die zahllosen Widerwärtigkeiten, mit denen im Weltraum schon die Befriedigung der einfachsten Lebensbedürfnisse verbunden ist. Vollkommen lassen sich die Schwierigkeiten nur beseitigen, indem man die Gewichtslosigkeit selbst aufhebt und den Raumfahrern und den Gegenständen im Raumschiff wieder ein Gewicht gibt. Das kann auf verschiedene Art geschehen.

Das erste Verfahren besteht darin, das Raumschiff durch Raketentriebwerke ständig zu beschleunigen. Dabei tritt natürlich wieder jener Beschleunigungsandruck auf, der während der Startperiode das Gewicht des Raumfahrers fast bis aufs Unerträgliche steigerte. Zur Erzeugung dieses Ersatzgewichtes bedarf es eines viel geringeren Massedurchsatzes als während des Aufstieges. Bei chemischen Raketen kann diese Methode jedoch bestimmt nicht verwendet werden. Utopisch hohe Ziolkowski-Zahlen wären erforderlich, wollte man sie auch nur für die Dauer einer Stunde benutzen.

Solange wir nur Ausströmgeschwindigkeiten von 2 bis 4 km/s erreichen, können wir uns schon allein aus baulichen Gründen einen derartigen Luxus nicht leisten. Gelingt es, die Ausströmgeschwindigkeit auf ein Vielfaches des heutigen Wertes oder gar auf nahezu Lichtgeschwindigkeit zu steigern, so erhält die Methode der Dauerbeschleunigung große Bedeutung. Immer größer wird dabei die Geschwindigkeit des Raumfahrzeuges. Auf der ersten Hälfte seines kosmischen Weges würde das Raumschiff gleichmäßig beschleunigt, auf der zweiten hingegen gleichmäßig gebremst werden. So brauchten sich die Raumfahrer während der gesamten Reise nicht mehr mit den Unbequemlichkeiten des gewichtslosen Zustandes herumzuplagen und hätten überdies den Vorteil, daß die Fahrzeiten stark zusammenschrumpfen und die fernen Bereiche unseres Sonnensystems zugänglich werden. Nur die Dauerbeschleunigung bietet auch die Möglichkeit, zu anderen Sonnensystemen oder gar zu anderen Milchstraßen vorzudringen. Leider fehlt für die Anwendung der Methode gegenwärtig noch die wichtigste Voraussetzung, die hohe Ausströmgeschwindigkeit.

Im Gegensatz dazu ist das zweite Verfahren bereits heute verwendbar. Wiederum wird als Gewichtsersatz ein Beschleunigungsandruck erzeugt, ohne daß jedoch die Raketentriebwerke ständig tätig sind. Das Prinzip ist jedem Kinde geläufig: Schleudert es die Milchkanne im Kreise herum, so bleibt bei einiger Geschicklichkeit die Milch im Gefäß, denn die Fliehkraft verhindert das Ausfließen, auch wenn sich die



Rotierende Raumschiffkabine nach Ganswindt

Milchkanne über dem Kopf des Kindes befindet. Die Drehgeschwindigkeit muß nur genügend groß sein.

Der wesentliche Unterschied zwischen Milchkanne und Raumfahrzeug ist darin zu sehen, daß beim irdischen Gefäß der Luftwiderstand die Drehung bremst und schließlich, wenn der „Antrieb" nachläßt, den Verlust der Milch verursacht. Ein rotierender Körper im Weltraum wird hingegen seine Drehgeschwindigkeit beibehalten, sofern er nicht durch eine besondere Kraft gebremst wird. Im Gegensatz zum ersten Verfahren setzt diese Methode weder utopische Massenverhältnisse noch hypothetische Ausströmgeschwindigkeiten voraus. Denn um ein Raumfahrzeug in Drehung zu versetzen, bedarf es verhältnismäßig geringer Energie. Seit vielen Jahren beeinflußt und bestimmt deshalb dieses Prinzip die Form von Raumschiffen und Raumstationen für menschliche Besatzung.

Schon Hermann Ganswindts Vorschläge, so romanhaft und verschwommen sie auch im allgemeinen waren, enthielten diesen Kern. Sein dynamitgetriebenes „Weltenfahrzeug" besitzt eine walzenförmige Passagierkabine, die um ihre Querachse rotieren soll, sobald die Treibstoffexplosionen aufgehört haben. Ihre Grundflächen werden für die Raumfahrer zum Fußboden. Sie werden durch die Fliehkraft nach außen gepreßt und erhalten ein Gewicht. Im Grunde ist es aber gar kein „Ersatz"-Gewicht vom gleichen Beigeschmack wie das Wort „Ersatzkaffee", sondern ein Gewicht gleicher Qualität und Wirkung.

Trotzdem gibt es einige Unterschiede. Wenn die Walze nur eine geringe Länge hat und sich der Kopf des stehenden Raumfahrers sehr viel näher dem Drehpunkt befindet als seine Füße, kann er zwei merkwürdige Feststellungen machen. Wurde die Drehgeschwindigkeit zum Beispiel so bemessen, daß die Beine ein normales Ersatzgewicht besitzen, so wird der Raumfahrer mit Verwunderung die Leichtigkeit seines Oberkörpers und seiner Arme bemerken. Das Ersatzgewicht ist nämlich um so kleiner, je näher am Drehpunkt sich der Körperteil befindet. Unter Umständen könnte sogar der Kopf im Gegensatz zum übrigen Körper nichts wiegen.

Noch eigenartiger werden die Wahrnehmungen des Raumfahrers beim Bücken sein. Seine Füße bewegen sich mit größerer Geschwindigkeit als der Oberkörper.

Deshalb würde er bei schnellem Kniebeugen das Gleichgewicht verlieren. Ebenso würde er beim Aufrichten nur mit Mühe unerwünschte Berührungen seines viel zu schnellen Kopfes mit der Wand vermeiden können. Gefährlich sind nicht so sehr die Beulen, sondern Schwindelgefühle und Störungen des Bewußtseins. Hohe Drehgeschwindigkeiten und das Betrachten des Sternenhimmels werden derartige Auswirkungen noch begünstigen.

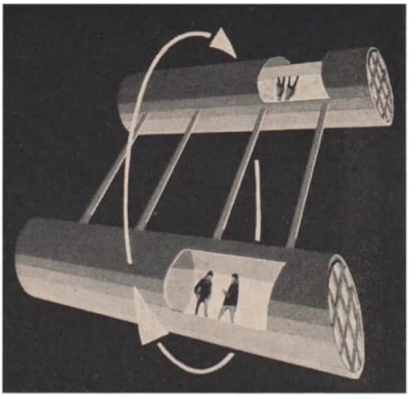
Alle Gefahren nehmen ab oder verschwinden ganz, wenn der Drehradius genügend groß ist. Die meisten Entwürfe nach Ganswindt berücksichtigen diese Tatsache. So entwarf Ziolkowski vor 40 Jahren ein Raumfahrzeug, das man schon eine kosmische Stadt nennen könnte. Als ein selbständiger Planet soll es um die Sonne fliegen und dem Menschen gestatten, sich auch außerhalb der Erde unter den besonderen Bedingungen des Raumes zu entwickeln. Ziolkowskis kosmische Stadt besteht aus einem Gewächshaus von 500 Meter Länge und drei Meter Durchmesser, ausgestattet mit einer reichhaltigen Pflanzenwelt, ferner aus einem Zylinder von 100 Meter Länge und 400 Kubikmeter Rauminhalt. Hier wohnen die Menschen in Räumen, die untereinander durch luftdicht schließende Türen verbunden sind. Raketentriebwerke setzen den Wohnzylinder in Drehung und geben so dem Menschen ein Gewicht. Lufterneuerung durch Pflanzen und Temperaturregelung mittels Schuppenpanzer spielen auch in diesem Entwurf eine Rolle. Man darf ihn nicht als ein fertiges Baumuster verstehen, sondern als ein Modell. Der Vater der Raumfahrt erläuterte an diesem Bilde seinen Zeitgenossen, wie der Mensch durch seine Kenntnis der Naturgesetze und durch ihre geschickte Ausnutzung in der Lage ist, auch unter den extremen Bedingungen des kosmischen Raumes die Voraussetzungen für seine Existenz zu schaffen.

Mit diesem Entwurf stieß Ziolkowski weit in die mögliche Zukunft der Raumfahrt vor. Jetzt, vierzig Jahre später, kommt es zunächst darauf an, technische Lösungen zu finden, die bereits mit den zur Zeit verfügbaren Mitteln verwirklicht werden können.

Eine recht anspruchslose technische Lösung wäre eine einzelne bemannte Rakete, die um ihre Querachse rotiert. Drehpunkt und Schwerpunkt fallen dabei stets zusammen. Weil die letzten Stufen der ersten bemannten Raumraketen wohl nur eine geringe Länge besitzen werden, empfiehlt es sich, die Passagierkabine von der Rakete abzutrennen, beide durch ein Seil zu verbinden und um den gemeinsamen Schwerpunkt rotieren zu lassen.

Dieser Vorschlag des Schriftstellers Otto Willi Gail, geschildert in seinem Roman „Der Stein vom Monde" (1926), kann gegenwärtig Bedeutung erlangen. Oberth griff 1929 den Gedanken auf, vertrat jedoch die Meinung, das Verbindungsseil solle „aus psychologischen Gründen wesentlich länger bemessen" sein. Er schlug ein Seil von 10 bis 20 km Länge vor. Wie dem auch sei – der Vorschlag Gails setzt einen so geringen Aufwand voraus, daß man sich bei den ersten längeren Raumflügen von Menschen vielleicht dieser Methode bedienen wird.

Nicht weniger Aktualität besitzt der Vorschlag, das Raumschiff als eine Doppelrakete zu bauen, die während des Aufstieges eine Einheit bildet. Erst im Raum lösen sich die beiden Einzelraketen voneinander und werden, von Seilen in einem bestimmten Abstand gehalten, in Drehung um den gemeinsamen Schwerpunkt versetzt. Diese Idee verdanken wir Ziolkowski.



Durch die Doppelrakete würden die Schwierigkeiten vermieden, die sich ergeben, wenn man zwei getrennte Raketen einzeln startet und erst im Raum einander nähert. Es ist nämlich überaus schwierig, zwei Raumfahrzeuge auf nahezu die gleiche Bahn zu bringen.
Doppelraketen von der Ziolkowskischen Art bedingen völlig gleiche Triebwerke in beiden Raketen und einen Regelmechanismus, der jede Differenz in den Leistungen beider Triebwerke ausgleicht. Man darf die Doppelraketen nicht mit Stufenraketen verwechseln – jeder der Doppelraketen kann natürlich wieder in Stufen unterteilt sein, nur müßte die Stufentrennung vollkommen gleichzeitig bei jeder der beiden Doppelraketen erfolgen.
Bei den bisher erörterten Vorschlägen handelt es sich durchweg um vielseitig verwendbare Fahrzeuge. Man kann sie sich als Schema der ersten bemannten Erdsatelliten, aber auch als Modell der eigentlichen interplanetaren Raumschiffe vorstellen. Darüber hinaus wurde eine ganze Reihe von Entwürfen speziell für Raumstationen veröffentlicht, die für lange Zeit die Erde umkreisen sollen.

Raumstationen

Bemannte Satelliten, Raumstationen, große künstliche Monde der Erde, Laboratorien im All – auch dieser Wunschtraum der Raumfahrtpioniere gewann allmählich Gestalt. Er entstand viel früher als der Gedanke an automatische Meßsatelliten.
Schon Hermann Ganswindt erwähnte Raumstationen, und er verstand darunter Vorratssatelliten, die um die Erde kreisen. Aber seine Ideen trugen noch die Züge des

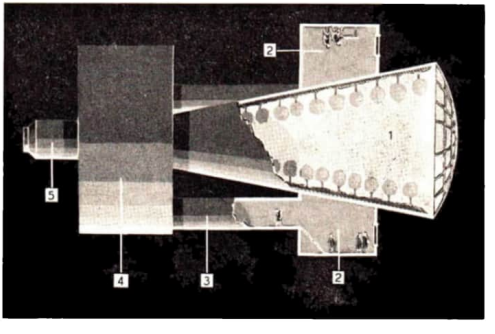
Utopischen. So deutete er den Ring des Saturn als Anhäufung von Vorratsstationen samt den Abfällen der Saturnbewohner. Irgendwelche Einzelheiten über den Bau und die Ausrüstung solcher Vorratssatelliten gab Ganswindt nicht an. Doch wußte er schon, daß die Stationen nach dem gleichen Prinzip um die Erde fliegen können wie unser natürlicher Mond.

Ziolkowski entwickelte mehrere Varianten der Raumstation. Außer seiner schon beschriebenen kosmischen Stadt kennen wir den Entwurf eines bemannten Satelliten, dessen kegelförmiges Mittelteil eine Obstplantage enthält. Darum legt sich wie ein Gürtel ein Hohlzylinder, der den Menschen Wohn- und Arbeitsraum bietet. Wie eine Walze dreht sich diese Raumstation um ihre Achse, und die Fliehkraft drückt Menschen und Pflanzen gegen die Innenwände des Bauwerkes. Nach den Plänen Ziolkowskis soll diese Insel des Lebens mit allen Einrichtungen versehen sein, die ein längerer Aufenthalt im Kosmos erfordert.

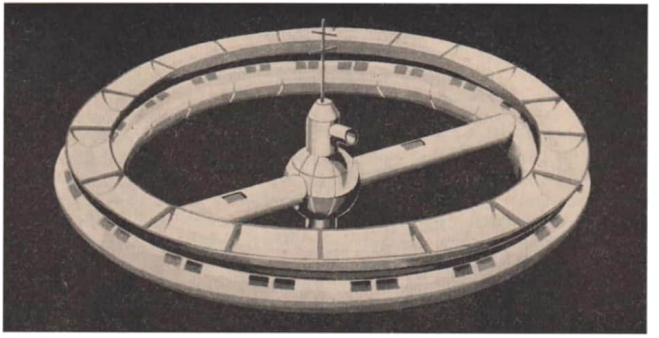
Immer wieder widmete der Gelehrte seine Arbeitskraft der Aufgabe, brauchbare technische Lösungen für Ausrüstung und Bau von Satelliten zu ersinnen. Seine wichtigsten Vorschläge für Luft- und Energieversorgung, für Ernährung und Temperaturregelung kennen wir bereits. Ziolkowski fand auch Wege, wie Raumstationen geschaffen werden können. Die Gründung kann zum Beispiel durch eine größere Raumrakete erfolgen, die in ihrer Umlaufbahn verbleibt. Sie bildet das Kernstück des Trabanten, um das sich die anderen Bauteile gruppieren, die nach und nach von der Erde heraufgeschafft und angefügt werden.

Nach einem anderen Vorschlag Ziolkowskis könnte die Station aber auch völlig aus einzelnen vorbereiteten Bauteilen zusammengesetzt werden. Eine dritte Möglichkeit verdient wegen ihrer Aktualität besonderes Interesse. Der Satellit soll aus einer Anzahl leergebrannter Raketenstufen bestehen, die den Rohbau der Raumstation bilden. Gerade der letzte Vorschlag ist später von sowjetischen Gelehrten wiederholt untersucht worden. Unter den gegenwärtigen Bedingungen haben offenbar solche Projekte die meisten Aussichten.

Die Gründe liegen nahe. Solange die Raketentechnik noch auf chemische Treib-



Raumstation nach Ziolkowski
1 – Obstplantage
2 – Wohn- und Arbeitsräume
3 – Verbindungsgänge
4 – Vorratsräume
5 – Luftschleuse



stoffe angewiesen ist, gilt es, mit jedem Gramm zu sparen. Will man eine Tonne Nutzlast in die Kreisbahn transportieren, so braucht man dazu etwa 200 bis 500 Tonnen Treibstoffe.

Unter Nutzlast verstehen wir dabei zunächst nur den Inhalt im Kopf der letzten Stufe. Nun wiegt die leere Raketenstufe meist mehr als die Nuzlast, oft das Zwei- bis Fünffache. Bis jetzt wurde sie abgestoßen, nachdem sie ihre Aufgabe erfüllt hatte. Ist sie wirklich nicht mehr zu gebrauchen?

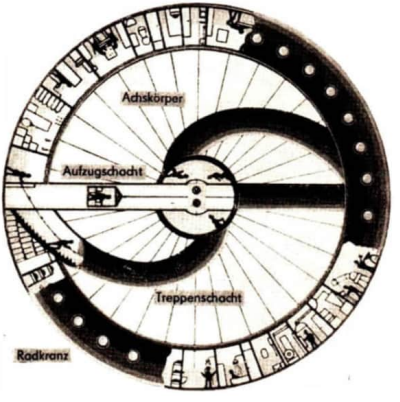
Sicher taugen ihre Treibstoffbehälter, die Triebwerke und Steuereinrichtungen zu mehr als nur zum Aufstieg in die Umlaufbahn. Sie könnten nicht Teile einer leeren Verpackung sein, die man nach Gebrauch fortwirft, sondern nützliche Bauelemente einer bemannten Raumstation. Diese Art von „Altstoffverwertung" müssen die Konstrukteure natürlich von vornherein berücksichtigen und die letzte Stufe so bauen, daß sie sich als Transportrakete und auch als Teil der Raumstation eignet. Dadurch vervielfacht sich der Nutzlastanteil der Rakete.

Die wirklichkeitsnahe Auffassung sowjetischer Astronautiker setzt sich heute immer mehr durch. Während man noch vor kurzem in westlichen Ländern ausschließlich Raumstationen aus vorgefertigten Bauteilen propagierte, wendet man sich mehr und mehr Plänen zu, bei denen auch die leeren Transportraketen zum Aufbau des Satelliten verwendet werden sollen.

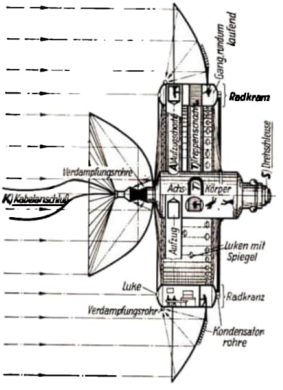
Vor wenigen Jahren beschäftigten sich viele Veröffentlichungen mit dem Raumstationsprojekt Wernher von Brauns. Als dieser 1952 seine Pläne bekanntgab, hieß es: „Es handelt sich um ein Projekt für die Gegenwart, nicht für die Zukunft. Die Ausführung könnte schon morgen beginnen."

Wie sah dieses „Gegenwartsprojekt" aus? Ein Riesenrad von 300 Tonnen und 75 Meter Durchmesser soll in 1730 km Höhe gebaut werden. Bei einem Rauminhalt von 18 000 Kubikmetern wären allein 24 Tonnen Luft zu seiner Füllung notwendig. Die Braunsche Raumstation soll 80 Menschen beherbergen. Sie wird in der Umlaufbahn aus vorgefertigten Bauteilen zusammengesetzt, zu deren Transport riesige

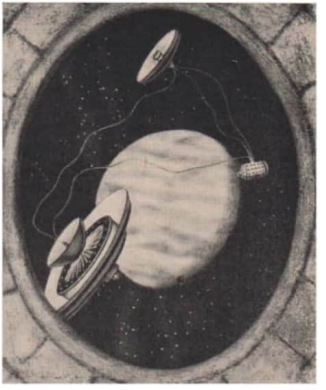
dreistufige Lastraketen dienen. Bei einer Höhe von 80 Metern und einem größten Durchmesser von 20 Metern wiegen die startfertigen Geräte 6400 Tonnen. Mit jedem Flug sollen sie 33 Tonnen Nutzlast in die Umlaufbahn tragen.
Verblüffend sind nicht diese Zahlen, sondern die Bedenkenlosigkeit, mit der den Lesern der Braunschen Pläne die „Gegenwartsbedeutung" plausibel gemacht wurde. Die startfertige Vanguard-Rakete wiegt $^1/_{600}$, die Atlas $^1/_{60}$ der Braunschen Satellitenrakete. Man stelle sich vor, seine Satellitenraketen arbeiteten so zuverlässig, wie ihre heutigen amerikanischen Vorläufer Vanguard oder Atlas! 5600 Tonnen Treibstoffe enthalten immerhin eine Energiemenge, die der einer Atombombe nicht allzusehr nachsteht. Angesichts dieser Erfahrungen und Aussichten können wir verstehen, warum neuere amerikanische Projekte mit bescheideneren Mitteln arbeiten.
Mit der Raumstation Wernher von Brauns hat es übrigens seine besondere Bewandtnis, auf die wir im nächsten Kapitel noch eingehen müssen. An dieser Stelle wollen wir nur erwähnen, daß der Propagandarummel, den eine ganze Reihe westlicher Publizisten mit seinem Raumstationsprojekt vollführte, bei vielen Menschen den Eindruck hinterlassen mußte, als sei die ringförmige Station das Werk des amerikanischen „rocket genius". In Wirklichkeit stellt sein Projekt nur eine moderne Bearbeitung der sehr gründlichen Studie dar, die der österreichische Diplomingenieur Potočnik unter dem Pseudonym Hermann Noordung 1929 veröffentlichte.
Potočnik vermochte zwar noch nicht anzugeben, wie mit den damaligen Mitteln seine Station am zweckmäßigsten errichtet werden könne. Jedoch erwähnt er bereits, daß das „Wohnrad" aus einzelnen Zellen zusammengesetzt werden soll, die zusammen einen Ring von 30 Meter Durchmesser bilden. Hier befinden sich die Wohn- und Arbeitsräume, die Laboratorien und Werkstätten. Der Ring dreht sich in acht Sekunden einmal um seine Achse, wodurch alle Gegenstände im Radkranz ihr normales irdisches Gewicht erhalten, während in der Achse selbst Gewichtslosigkeit herrscht.



Das Wohnrad Potocniks



Das Wohnrad von der Seite



Die Gesamtansicht der Raumstation Potocniks – links unten das Wohnrad, oben die Energiestation, rechts das Observatorium

Die „Achse" dient als Vorhalle des Wohnrades und ist mit ihm durch Aufzüge und Treppen verbunden. Diese gestatten einen allmählichen Übergang zu normalem Gewicht.

Die Vorhalle besitzt eine drehbare Luftschleuse, über die der Verkehr mit der Außenwelt erfolgt. Hier finden wir die Anschlüsse für die Kabelverbindungen mit den anderen beiden Objekten der Raumstation, der Kraftzentrale und dem Observatorium. Große Spiegel sollen die Ausnützung der Sonnenstrahlung gestatten. Die Sternwarte, die keinerlei Erschütterungen ausgesetzt sein soll, bietet den Wissenschaftlern ungeahnte Forschungsmöglichkeiten.

Die Studie „Das Problem der Befahrung des Weltraumes", wie Potočnik seine Arbeit nannte, zeigt die wesentlichen Züge der Raumstation von Brauns.

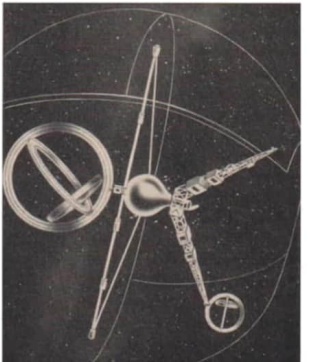
Auch Hermann Oberth befaßte sich mit der Frage der Raumstation. In seinem Hauptwerk (1929) schlägt er vor: „Man kann auch Raumfahrzeuge größten Maßstabes im Kreise um die Erde laufen lassen. Sie stellen dann sozusagen einen kleinen Mond dar. Sie müssen auch nicht mehr zum Niedergehen eingerichtet sein. Der Verkehr zwischen ihnen und der Erde kann durch kleinere Apparate aufrechterhalten werden, so daß diese großen Raketen (wir wollen sie Beobachtungsstationen nennen) oben immer mehr für ihren eigentlichen Zweck umgebaut werden können. Eine solche Station könnte mit zwei Beobachtungskammern ausgerüstet werden, die durch ein 10 bis 20 km langes Drahtseil miteinander verbunden wären und umeinander rotierten. Ich würde eine solche Station 700 bis 1200 km über dem Erdboden gravitieren lassen."

Und wieder eine Fälschung: Die westliche Publizistik versucht heute darzulegen, Oberth habe im Gegensatz zu Ziolkowski bereits damals die Raumstation „als ein wirkliches Ingenieurprojekt der Zukunft" behandelt. Der Leser möge die mageren Hinweise Oberths mit den vielseitigen Erwägungen Ziolkowskis vergleichen ... Wir können an solchen Fälschungen nicht schweigend vorübergehen. Es ist nicht unsere Absicht, die wissenschaftlichen Leistungen Oberths zu schmälern, wohl aber unser Wille, allen Verzerrungen entgegenzutreten. Denn die Quelle dieser Fälschungen sind Chauvinismus und Antikommunismus, ja sogar Revanchegeist. Hermann Oberth ist seit 1953 Ehrenmitglied einer revanchistischen Landsmannschaft, und sein von ihm ausdrücklich autorisierter Biograph läßt keine Gelegenheit aus, die Heimat Ziolkowskis zu verleumden – mit Worten, die dem Arsenal des einstigen Reichspropagandaministeriums entstammen.

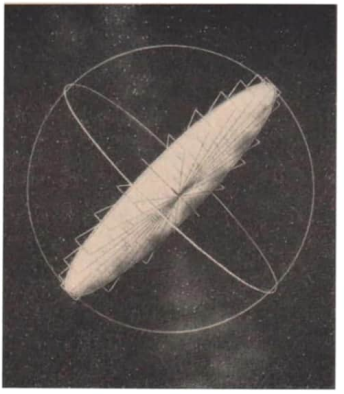
Ein neues Damoklesschwert?

Raumfahrt, du wunderbarer Traum der Menschen, was wirst du uns bringen? Was werden die Menschen aus dir machen? „Wut und Angst, abergläubischer Haß, panischer Schrecken und wilde Verfolgungssucht beherrschen eine Menschheit, welcher der kosmische Raum gerade recht ist, strategische Basen darin anzulegen, und die die Sonnenkraft äfft, um Vernichtungswaffen frevlerisch daraus herzustellen."

Thomas Mann sprach diese Worte voll tiefer Besorgnis um die Zukunft der Menschheit. Hat sich der Schatten, den er 1955 ahnte, heute verdichtet? Fast scheint es so.



Oberths „Sprungbrettstation" besteht aus einer Montagehalle (Mitte), den Wohnkabinen, die durch Verbindungsschächte von vier Kilometern Länge mit der Montagehalle verbunden sind und um diese rotieren, zwei Beobachtungsteleskopen (rechts unten und links) sowie aus zwei bis zu sechzehn Kilometern langen Auslegern mit Versuchsanlagen (rechts). Ein Netz, an dem automatische „Wächter- oder Hundebomben" befestigt sind, umgibt das riesige Bauwerk. Für strategische Zwecke müßte – nach Oberth – die Bahn der Station über beide Pole führen, „damit ihre Besatzung jeden Punkt der Erdoberfläche zu Gesicht bekommt und gegebenenfalls in mehr oder weniger menschenfreundlicher Absicht mit Bomben bepflastern kann" (Oberth, 1953)



Auf dem VIII. Internationalen Astronautischen Kongreß 1957 in Barcelona wurde allen Ernstes vorgeschlagen, den natürlichen Mond der Erde als Ziel interplanetarischer Raketen zu benutzen und Wasserstoffbomben auf dem Monde explodieren zu lassen. S. F. Singer, Professor der Physik an der Universität Maryland, USA, nannte dieses Projekt „äußerst anstrebenswert".

Das Programm des amerikanischen Amtes für Luft- und Raumfahrtforschung (NASA) sieht eine Reihe von Satelliten vor, deren militärischer Charakter offenkundig ist. Sie sollen für Spionagezwecke und für die militärische Forschung eingesetzt werden.

Die aggressiven Kräfte der USA-Regierung schrecken nicht davor zurück, das Völkerrecht mit Füßen zu treten und mitten im Frieden zu militärischen Zwecken vorsätzlich in das Territorium der sozialistischen Staaten einzudringen. Was sie mit Spionageballonen und Flugzeugen wie Lockheed U-2 und B 52 begannen, wollen sie mit militärischen Satelliten fortsetzen.

„Himmelsspione" sollen das Gebiet der UdSSR fotografieren, die genaue Lage wichtiger industrieller und militärischer Anlagen feststellen und die Radarsysteme der sowjetischen Luftabwehr auskundschaften. Aber das ist noch nicht alles. Im Oktober 1961 forderte der einstige Kommandeur des Nazi-Wunderwaffen-Zentrums Peenemünde den Bau von USA-Satelliten, die mit Atomwaffen ausgerüstet sind.

Ein neuer Alptraum wächst heran. Mordwaffen über uns, Krieg im Weltraum! Denjenigen, der die Geschichte der Raumfahrt kennt, überrascht diese Giftpflanze nicht. Schrieb doch Oberth schon 1923 über die Verwendungsmöglichkeit der Raumstation: „Ihr strategischer Wert, besonders bei Kriegsschauplätzen mit geringer durchschnittlicher Bewölkung, liegt auf der Hand; sei es, daß der Staat, dem sie gehört, selbst

Krieg führt, sei es, daß er ihre Berichte von den Kriegführenden teuer bezahlen läßt."

Oberth entdeckte nicht nur diese neue Profitquelle. „Um nun aber meiner Idee die nötige Beachtung zu verschaffen (andernfalls ist an eine Verwirklichung dieser Idee nicht zu denken)", werden einige Zukunftsbilder gezeichnet: Ein Riesenspiegel von 100 km Durchmesser, der auf einer Umlaufbahn um die Erde kreist und einen „hohen strategischen Wert haben könnte (man kann damit Munitionsfabriken sprengen, Wirbelstürme und Gewitter erzeugen, marschierende Truppen und ihre Nachschübe vernichten, ganze Städte verbrennen und überhaupt den größten Schaden anrichten)". Deshalb, so meinte Oberth bereits vor fast vierzig Jahren, „wäre es nicht einmal ausgeschlossen, daß einer der Kulturstaaten (! H. K.) in absehbarer Zeit an die Ausführung dieser Erfindung geht".

Alle sonstigen kriegerischen Vorschläge Oberths fanden bei den deutschen Faschisten Gehör. Wir zweifeln nicht daran, daß sich Hitlers „Kulturstaat" auch dieses Oberthschen Massenvernichtungsmittels angenommen hätte, wenn es ihm möglich gewesen wäre.

Einige Jahre nach dem Ende des Hitlerstaates entdeckten amtliche Stellen der USA auf neue, daß sich Raumstationen als Militärstützpunkte im Weltraum verwenden lassen könnten. Von solchen Plänen berichtete am 29. Dezember 1948 der Kriegsminister James Forrestal dem USA-Kongreß. Entsprechend dem Oberthschen Vorschlag aus dem Jahre 1923 wurde erwogen, einen künstlichen Satelliten zu bauen, von dem aus die USA den Erdball kontrollieren könnten. An Stelle des etwas fragwürdigen Spiegels sollten auf der strategischen Basis Atombomben deponiert werden, mit deren Hilfe dieser Weltgendarm alle unbotmäßigen Völker strafen könnte.

James Forrestal offenbarte etwas später seinen Geisteszustand noch deutlicher: Er sprang aus dem Fenster eines Wolkenkratzers, getrieben vom Verfolgungswahnsinn, und gab noch in geistiger Umnachtung einen Beweis, wohin die von ihm und seinesgleichen geschürte Kriegshysterie einen Menschen treiben kann.

Das „Forrestal-Projekt" verschwand von der Bildfläche. Vier Jahre später taucht es in verbesserter Auflage wieder auf.

Im März 1952 erscheint in der USA-Zeitschrift „Collier's Magazine" eine Artikelserie, in der Hitlers Raketenfachmann Wernher von Braun seine Gedanken zur Raumstation darlegt. „Die Techniker der Station können mit eigens dafür konstruierten mächtigen Teleskopen Meere und Kontinente, Länder und Städte unaufhörlich beobachten. Nichts kann ihrer Aufmerksamkeit entgehen. Trotz des ungeheuer weiten Gebietes könnten besonders ausgewählte Punkte auf der Erdoberfläche bis ins Detail inspiziert werden. Doch die Beobachtung der Erde aus strategischen Gründen wird nicht durch einen Techniker erfolgen, der ständig durch das Okular starrt. Alles wird fotografisch aufgenommen, und die Bilder werden durch Experten der Luftaufklärung ausgewertet."

Ausführlich schildert von Braun, wie mit einer Raumstation Spionage von gigantischen Ausmaßen betrieben werden könnte. Dagegen wird die Bedeutung der Station für Meteorologie und Schiffahrt mit zwei knappen Sätzen abgetan. Um so eingehender beschäftigt sich der Träger des faschistischen Ritterkreuzes zum Kriegsverdienstkreuz mit einer anderen Verwendung der Raumstation. „Sie kann in einen

wirksamen Atombombenträger verwandelt werden. Kleine geflügelte Raketengeschosse mit Atomsprengköpfen könnten von der Station so abgefeuert werden, daß sie ihre Ziele mit Überschallgeschwindigkeit erreichen. Mit Radar könnte man diese Atomgeschosse nach jedem Punkt der Erde lenken." Seitenlang diskutiert von Braun die militärischen Möglichkeiten der Superwaffe.

Das ist so recht eine Waffe nach den Wünschen der Imperialisten! Ein paar zuverlässige Techniker genügten, um einen „Druckknopfkrieg" zu veranstalten und blitzartig ganze Länder auszuradieren. Große Armeen wären dann überflüssig, und die Imperialisten brauchten nicht mehr zu fürchten, daß sich ihre eigenen Armeen gegen sie wenden. Eine solche Atombombenplattform könnte sie von dem Alpdruck erlösen, daß die Massen die Waffen in ihren Händen zum Sturze ihrer Ausbeuter verwenden.

Mit erheblichem Aufwand macht von Braun seinen Lesern klar, daß die von ihm propagierte Atombombenbasis im Weltraum völlig unangreifbar sei. Der Gegner, so meint er, sei nicht in der Lage, den Kriegssatelliten mit unbemannten Kampfraketen zu zerstören, weil ihre Steuerung zu schwierig sei. Nun haben aber gerade die letzten Jahre gezeigt, mit welcher Präzision Raketen gesteuert werden können. Seine Prognose ist auch deshalb geradezu abwegig, weil sie außer acht läßt, daß sich die Technik weiterentwickelt. Ebenso falsch, weil undialektisch, ist Brauns Behauptung, der Kriegssatellit könnte die Errichtung anderer Stationen verhindern und damit die gottgewollte Vorherrschaft der Amerikaner auch im Weltraum sichern.

Nach 1945 hatte von Braun erklärt: „Wir hatten die Rakete für den Flug nach den Planeten erdacht – und nicht dazu, unseren eigenen zu zerstören." Unter Hitler unterstützte er die imperialistischen Pläne durch den Bau von Mordwaffen – heute stehen die unter seiner Leitung entwickelten Atomraketen in den Arsenalen der NATO-Stützpunkte rings um die sozialistischen Länder für einen Überfall bereit. Offenbar genügt ihm aber die technische Unterstützung nicht mehr, und er ist dazu übergegangen, die Pläne der unbelehrbaren Vertreter seiner Klasse auch ideologisch zu unterstützen.

1953 erscheint in Westdeutschland ein dicker Wälzer, „Menschen zwischen den Planeten", mit dem nicht sehr bescheidenen Untertitel „Der Roman der Raumfahrt". Er stammt aus der Feder des Schriftstellers Franz Ludwig Neher (übrigens Pressereferent der westdeutschen Gesellschaft für Raketenforschung). Doch sein eigentlicher Vater ist von Braun. Das Buch entstand nach seinen Plänen, seinem Entwurf und unter seiner ständigen Beratung. Im Vorwort identifiziert sich von Braun mit dem Produkt Nehers, verbürgt sich für die „Treue in allen wesentlichen Punkten" und bezeichnet die Art dieses Romans als die einzige Möglichkeit, „den Einschlag, den die neue Technologie der Raumfahrt auf die Menschheit haben wird, in seiner ganzen Wucht zu schildern". Das Buch soll eine populäre romanhafte Darstellung der Braunschen Ideen geben.

Die Fratze von Goebbels grinst uns aus diesem Buch entgegen. „Moloch im Osten", der nicht einmal einen brauchbaren Höhenanzug zustande bringt, „seelische Beraubtheit der Menschenmillionen", die in „äußerster Beschränkung und Verdummung" gehalten werden, „bedenkenloser Nachbau der Typen des technisch um zwei Jahrzehnte führenden" Westens, „die für den Erdkampf bestimmten ostasiatischen Divisionen, die nur durch drastische Kürzung der Rationen, Versprechungen un-

geheurer Beute und sinnlicher Genüsse, eiserne Disziplin und vorbeugende Erschießungen in Ordnung zu halten" sind – dann die Übermenschen in der Braunschen „Supraterra", der Atombombenplattform der Kapitalisten, Bauart Braun, „Rattenvertilgung" und „Bereinigung des Sowjetsystems" – der Verbrecher Goebbels hat sein schmutziges Handwerk nicht besser verstanden!

Schließlich: „Die (westdeutsche) Jugend ist bereit, nach Erfüllung einiger Voraussetzungen mit Gut und Blut Opfer zu bringen!" Ein ekelerregendes Gemisch von Antikommunismus, chauvinistischen Verleumdungen und imperialistischem Größenwahn, Versuch einer nachträglichen und zukünftigen Rechtfertigung des Imperialismus, seiner Abenteuer und seiner getreuen Diener einschließlich von Brauns! Mit diesem Buch stellen von Braun und Neher die Astronautik in den Dienst der ideologischen NATO-Kriegsvorbereitungen. Raffiniert verquicken sie Raumfahrtprobleme mit einer widerlichen Hetze gegen die Sowjetunion und die sozialistischen Länder, überschütten uns mit Beleidigungen, mit dem ganzen Haß der Ausbeuterklasse gegenüber den Menschen, die ihre Ketten zerbrachen.

Neun Jahre sind jetzt verflossen, seit dieses Buch erschien. Inzwischen hat mancher Wissenschaftler, der in den Dienst der Kapitalisten trat, auf Grund der konsequenten Friedenspolitik der Sowjetunion seine Einstellung zu entscheidenden Fragen geändert und unterstützt alle Schritte, die zu einer Entspannung, zur Verständigung und zur Abrüstung führen.

Im September 1959 hielt Wernher von Braun in Frankfurt am Main einen Festvortrag. Der Raketenforscher erklärte, Wissenschaftler und Forscher befänden sich in einem „herzzerreißenden Konflikt", denn ihre Arbeit, die dem Wohle und dem Fortschritt aller Menschen dienen solle, werde oft, ohne daß sie es wollten, für kriegerische Zwecke gebraucht und mißbraucht.

Die Feststellung von Brauns trifft sicher auf eine große Zahl jener Wissenschaftler zu, die im Dienste der Kapitalisten arbeiten. Professor Sänger zum Beispiel hat sich vor kurzem öffentlich für einen friedlichen Wettbewerb zwischen beiden Gesellschaftssystemen ausgesprochen und dem Vorschlag angeschlossen, den Wettkampf nicht mit Atombomben und Fernraketen, sondern auf wissenschaftlichem und wirtschaftlichem Gebiet zu führen.

Zu den erbitterten Gegnern dieser Entwicklung gehören die revanchelüsternen Kräfte in Westdeutschland. Sie setzen alles daran, eine Armee aufzustellen, die ihre Macht- und Gebietsansprüche erfüllen kann. Zu diesem Zweck versuchen sie, jede Maßnahme zur Entspannung zu sabotieren. Sie treiben die Ausrüstung ihrer Armee mit Atomwaffen und Raketen voran und häufen damit neuen Zündstoff im Herzen Europas an.

Im Gegensatz zu vielen Wissenschaftlern zeigte Wernher von Braun trotz seiner Worte in der Frankfurter Paulskirche, daß er bis jetzt noch keine Lehren aus der Vergangenheit gezogen hat. Er fuhr in der gleichen Woche nach Bonn, um dort vor Offizieren der höchsten Geheimhaltungsstufe „in aller Offenheit" einen Überblick über den Stand und die Richtung der Raketenentwicklung in der amerikanischen Armee zu geben. Vorher führte er mit Minister Strauß ein Gespräch unter vier Augen, bei dem, so meldet die Zeitung „Die Welt", „auch die Möglichkeiten für eine verstärkte Gemeinschaftsproduktion des Westens auf dem Gebiete des Raketenbaus" erörtert worden sein sollen. Anstatt aus dem „herzzerreißenden Konflikt" die

Schlußfolgerungen zu ziehen und alles zu vermeiden, was die Lage in Europa weiter verschärfen kann, verbündete sich von Braun abermals mit den reaktionärsten Kräften der deutschen Ausbeuter. Dafür erhielt er am gleichen Tage von Bundespräsident Heuß das „Große Verdienstkreuz".

Aber das Rad der Geschichte ist nicht aufzuhalten, auch nicht mit Braunschen „Wunderwaffen", sei es V 2, Redstone oder Supraterra. Eine moderne Kriegstechnik, so gefährlich sie auch ist, kann in den Händen von Aggressoren nicht die Entscheidung erzwingen. Denn stärker als die imperialistischen Räuber sind die Volksmassen, die für ihre gerechte Sache kämpfen. Nur die von ihren Blutsaugern befreiten Menschen nutzen die moderne Technik vollkommen und uneingeschränkt aus. Vergessen wir nicht, was einst Bert Brecht schrieb: „General, der Mensch ist sehr brauchbar. Er kann fliegen, und er kann töten. Aber er hat einen Fehler: Er kann denken."

Wir sind überzeugt, daß in naher Zukunft alle barbarischen Pläne unverbesserlicher Imperialisten ebenso der Vergangenheit angehören werden wie die Anpreisungen Wernher von Brauns und anderer, die den kalten und heißen Krieg bis in die Weiten des Alls tragen möchten. Unaufhaltsam wächst die Zahl derer, die für die sowjetischen Abrüstungsvorschläge eintreten:

„Militärische Raketen aller Reichweiten werden liquidiert, und die Raketentechnik wird nur als Mittel für den Verkehr und für die Erschließung des kosmischen Raumes zum Wohle der gesamten Menschheit bestehen bleiben." (Aus der Erklärung der Sowjetregierung zur Abrüstungsfrage, 18. 9. 1959.)

Allseitige Vorbereitungen

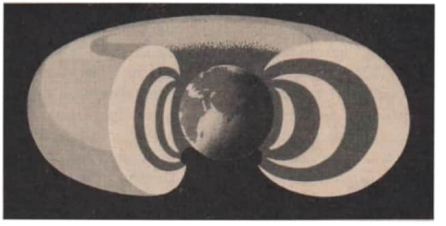
Es ist nicht ohne Reiz, heute einmal in älteren utopischen Romanen nachzulesen, wie sich ihre Verfasser noch bis vor kurzem den Flug in den Weltraum vorstellten. Gewöhnlich bastelten irgendwo in der Einsamkeit ein paar tollkühne Ingenieure ihr Raumschiff zusammen und starteten dann zu waghalsigen Abenteuern ins Ungewisse.

Im allgemeinen waren die Pioniere der Raumfahrt frei von solchen Illusionen. Ziolkowski warnte wiederholt eindringlich davor, die Schwierigkeiten zu unterschätzen. Er und andere Forscher strebten eine möglichst allseitige Erforschung aller Faktoren an, die dem Menschen im Weltraum begegnen könnten. Wir verdanken ihnen daher viele grundlegende Hinweise und brauchbare technische Lösungen.

Trotz ihrer Pionierarbeit dürfen wir auf keinen Fall vergessen, daß eine wirklich umfassende Vorbereitung bei weitem die Kräfte einzelner Wissenschaftler übersteigen mußte, daß ferner ständig neue Probleme auftauchen. Niemand unter den Raumfahrtpionieren konnte voraussehen, daß unser Erdball von einem Strahlungsgürtel umgeben ist – eine Erkenntnis, die wir den jüngsten Forschungen mit Meßsatelliten und kosmischen Raketen verdanken.

Das ist ein völlig neuer Faktor. Die Entdeckung des Strahlungsgürtels zeigt uns besonders eindringlich, daß Raumfahrt ohne umfassende Vorarbeit einem abenteuerlichen Vabanquespiel gleichkäme.

Der Strahlungsgürtel der Erde



In jenen Jahren, als Ziolkowski den Grundstein zur Theorie der Raumfahrt legte, entdeckte Röntgen die X-Strahlen, und Becquerel fand, daß Uran eine unsichtbare Strahlung aussendet. 1898 vollendete Ziolkowski seine Arbeit „Erforschung des Weltraums mit Reaktionsapparaten", und im gleichen Jahre entdeckte Marie Sklodowska-Curie das Radium. Bald darauf erkannte man, daß sich überall auf unserer Erde eine Strahlung nachweisen läßt. Ihr Ursprung blieb zunächst noch ungeklärt.

Am 7. August 1912 stieg der Physiker Heß mit einem Freiballon bis in eine Höhe von 5400 Meter empor, um eine Antwort auf die Frage zu finden, ob diese Strahlung von der Erde oder aber vom Weltraum ausgeht. Während des Aufstiegs registrierten die Geräte eine Zunahme der Strahlung. Heß schloß daraus, „daß eine Strahlung von sehr hoher Durchdringungsfähigkeit von oben in unsere Atmosphäre eindringt". Ihre Stärke verringerte sich nicht bei Nacht, deshalb – so folgerte Heß – konnte sie auch nicht direkt von der Sonne stammen.

Hermann Oberth nahm vor dreißig Jahren an, diese Strahlung sei „zu schwach, um dem Menschen in nennenswertem Maße zu schaden", denn Professor Kohlhörster, einer der Erforscher der „Höhenstrahlung", hatte auf eine Anfrage erklärt, „in dieser Strahlung sei jedenfalls das kleinste Hindernis für die Raumschiffahrt zu erblicken."

Kohlhörster schrieb diese Zeilen zu einer Zeit, als zur Erforschung der kosmischen Strahlung weder Höhenraketen noch Meßsatelliten und Raumsonden zur Verfügung standen. Seine Antwort spiegelt die Skepsis vieler Wissenschaftler wider, die damals die Raumfahrt noch als eine Utopie ohne reale technische Grundlagen betrachteten und die in der Antriebsfrage eine so unüberwindliche Schwierigkeit sahen, daß ihnen demgegenüber alle anderen Probleme des Raumfluges als nichtig erscheinen mußten. Sicher wäre Kohlhörster zurückhaltender geblieben, wenn er die allgemeine Skepsis nicht geteilt hätte.

In jahrzehntelanger Arbeit gelang es, mit Hilfe von Geiger-Müller-Zählern, Wilsonschen Nebelkammern und fotografischen Platten die Zusammensetzung und die Eigenschaften der kosmischen Strahlung immer besser zu ergründen. Der Einsatz von Stratosphärenballonen und später von Höhenraketen, Meßsatelliten und Raumsonden erbrachte ein umfangreiches Material besonders über die Natur der sogenannten „primären" kosmischen Strahlung.

Die kosmische Strahlung besteht ursprünglich aus Atomkernen – etwa 79% Protonen (Wasserstoffkernen), 20% Heliumkernen und 1% Atomkernen schwerer Elemente wie Eisen, Nickel und Kalzium. Diese Teilchen- oder Korpuskularstrahlung dringt mit einer Geschwindigkeit, die der des Lichtes nur wenig nachsteht, in die Lufthülle der Erde ein, trifft dabei auf die Atomkerne der Luft und löst eine Vielzahl von Kernexplosionen und anderen Vorgängen aus. Dabei entsteht die „sekundäre" kosmische Strahlung, die (im Gegensatz zur primären Strahlung) die Erdoberfläche erreicht und sich zum Teil noch viele hundert Meter tief im Erdreich nachweisen läßt. Unser Körper wird ständig von solchen Strahlungsteilchen durchbohrt. Die Nasenspitze erhält zum Beispiel etwa in jeder Minute einen solchen „Durchschuß".

Die Untersuchung der kosmischen Strahlung und der durch sie hervorgerufenen Vorgänge ist von großem theoretischem und praktischem Interesse, denn eine so hohe Energie, wie sie bei den primären Strahlungsteilchen festzustellen ist, konnte bisher mit keinem irdischen Teilchenbeschleuniger erzeugt werden. Das Studium der kosmischen Strahlung bereichert unsere Kenntnisse über den Aufbau der Materie in außerordentlichem Maße und findet seinen Niederschlag in besseren Methoden zur Kernenergiegewinnung und in der übrigen Kerntechnik.

Über das eigentliche Ausmaß der primären kosmischen Strahlung im interplanetaren Raum gab es bis vor kurzem nur Vermutungen. Durch die Messungen der ersten kosmischen Rakete wurde bekannt, daß sie keine tiefgreifenden Schäden für den Menschen mit sich bringen wird. Das gilt allerdings nur für einen verhältnismäßig ruhigen Zustand der Sonne. Von Zeit zu Zeit gibt es auf der Sonne gewaltige Ausbrüche, durch die sich die Gefährdung der Raumfahrer vervielfältigen kann. Künftige Astronauten werden deshalb für ihre Fahrten die Zeiten geringer Sonnentätigkeit bevorzugen müssen. Es liegt dabei auf der Hand, daß unsere bisherigen Kenntnisse über die Zustände im interplanetaren Raum noch mancher Ergänzung und Verfeinerung bedürfen – ein Grund mehr zur Entsendung weiterer automatischer Raumsonden.

Während sich in dieser Hinsicht die zunächst noch recht voreiligen Hoffnungen der Optimisten zu bestätigen scheinen, kann der neuentdeckte Strahlungsgürtel um die Erde den Raumfahrtvorhaben und besonders den Raumstationsplänen gewisse Beschränkungen auferlegen. Am 7. November 1957 maß Sputnik 2 zum erstenmal eine verstärkte Strahlung. Explorer 1 war ebenfalls mit einem Geigerzähler ausgerüstet und stellte in 1000 km Höhe einen so erheblichen Anstieg der Teilchenzahl fest, daß das Zählrohr nicht mehr funktionierte. Explorer 3 bestätigte die Zunahme der Teilchenzahl, war aber noch nicht in der Lage, die Natur der Teilchen zu ergründen. Erst Sputnik 3 enthielt außer Zählrohren auch Meßgeräte, die diese Aufgabe lösten und Aufschluß über die Art der Strahlung gaben. Die Messungen mit Hilfe kosmischer Raketen erbrachten schließlich erste Angaben über die räumliche Ausdehnung des Strahlengürtels.

Der Strahlungsgürtel, der unsere Erde umgibt, ist nicht von einheitlichem Gefüge. Es lassen sich Zonen starker Strahlung unterscheiden. Die Ausdehnung dieser Zonen und die Strahlungsintensität unterliegen nach den bisherigen Beobachtungen gewissen Schwankungen, die mit der Sonnentätigkeit im Zusammenhang stehen, sehr kompliziert und bis jetzt nur teilweise bekannt sind. Unsere Abbildung (S. 291) gibt deshalb auch nur ein grobes Bild vom Aufbau des Strahlungsgürtels.

Fest steht jedoch bereits, daß seine innere Zone hauptsächlich aus energiereichen Kernen von Wasserstoffatomen, den Protonen, gebildet wird, die durch das Magnetfeld der Erde eingefangen und festgehalten werden. Diese ringförmige Zone beginnt über der östlichen Erdhalbkugel in etwa 1500 km Höhe, über der westlichen zeitweise in etwa 500 km Höhe und erreicht eine Dicke von rund 3000 km. Sie liegt im wesentlichen über dem Gebiet zwischen 35° nördlicher und südlicher erdmagnetischer Breite. Diese Zahlenangaben können nur als Richtwerte dienen, da die Struktur und Ausdehnung des Strahlungsgürtels starken Schwankungen unterliegt. Innerhalb der inneren Strahlungszone zeichnet sich noch ein Bereich besonders intensiver Strahlung in etwa 2000 km Höhe ab. Bemerkenswert ist die Erkenntnis, daß Stoffe, die bei Atomexplosionen entstehen und in große Höhen gelangen, diese Zone zusätzlich „verschmutzen". Auch aus diesem Grunde muß die sowjetische Forderung, alle Kernwaffenversuche einzustellen, von allen friedliebenden Menschen begrüßt und unterstützt werden.

Ein längerer Aufenthalt von Menschen in der inneren Zone kann zur Strahlenkrankheit führen. Schon innerhalb von etwa dreißig Minuten erhielte der ungeschützte Körper die gleiche Strahlungsdosis, die in einem Jahre im Höchstfalle zulässig ist. Schutzmaßnahmen sind zwar möglich, setzen jedoch dicke Schutzwände voraus, bedingen mithin überaus leistungsfähige Raketenantriebe, wie sie gegenwärtig offenbar noch nicht existieren.

In der nächsten Zone des Strahlungsgürtels finden sich in erster Linie Teilchen geringerer Energie, und zwar Elektronen. Sowjetische Wissenschaftler sind der Ansicht, daß man sich gegen sie schon durch recht dünne Wände schützen kann, die das Gewicht nicht allzu sehr erhöhen. Das gleiche trifft voraussichtlich auch auf die äußere Zone des Strahlungsgürtels zu, die ebenfalls aus Elektronen besteht.

Auf Grund ihrer Forschungsergebnisse nehmen sowjetische Gelehrte an, daß auch andere Himmelskörper mit Magnetfeld einen Strahlungsgürtel besitzen. Das wird auf die Pläne künftiger interplanetarer Expeditionen nicht ohne Einfluß bleiben. Besonders gilt das für alle Reisen, bei denen das Raumschiff seine „Wartezeit" auf einer Satellitenbahn um den Zielplaneten zubringen soll.

Seit September 1959 wissen wir, daß der Erdmond weder ein Magnetfeld noch einen Strahlungsgürtel ähnlich der Erde besitzt. Das würde den Plänen des sowjetischen Raumfahrtpioniers Juri Wassiljewitsch Kondratjuk (gestorben 1942) entgegenkommen, der 1929 in seiner Abhandlung „Die Eroberung der interplanetaren Räume" auf die Vorteile eines bemannten Mondsatelliten hinwies.

Zweifellos besitzen derartige Gedankengänge einen großen Wert für die spätere Entwicklung. Aktueller ist jedoch die Frage, welche Auswirkungen die Existenz des Strahlungsgürtels der Erde auf die Pläne für bemannte Raumraketen und Raumstationen haben wird.

Zum senkrechten Durchfliegen der inneren Strahlungszone benötigte eine Raumrakete bei kosmischer Geschwindigkeit nur etwa fünf bis zehn Minuten. Die Strahlenbelastung der Astronauten bliebe in diesem Falle voraussichtlich noch so klein, daß keine erkennbaren Schäden aufträten. Trotzdem werden die Astronauten bei Vorstößen in den interplanetaren Raum allen Gefahren möglichst aus dem Wege gehen und ihre Aufstiegs- und Rückkehrbahnen so legen, daß sie außerhalb der gefährlichen inneren Strahlungszone bleiben oder aber sie in kürzester Zeit durch-

queren. Sie werden deshalb den Raum in Polnähe bevorzugen und die Gegend über dem (erdmagnetischen) Äquator meiden.
Während der Strahlungsgürtel keine unüberwindliche Schranke für interplanetare Flüge bildet, wird er vorerst den Einsatz bemannter Satelliten und den Bau von Raumstationen in einem bestimmten Höhenbereich ausschließen. Aus physikalischen Gründen führen nämlich alle Satellitenbahnen, auch die geneigten und die polaren Bahnen, bei jeder Erdumkreisung zweimal über die Äquatorgegend und damit in die Nähe der inneren Strahlungszone. Ein Aufenthalt von drei Stunden Dauer im Bereich der intensiven Strahlung wird wahrscheinlich bereits das Blutbild verändern. Nach zehn Stunden Stahleneinwirkung ist mit stärkeren Schädigungen des Blutes und mit der Strahlenkrankheit zu rechnen, und bei einer dreitägigen Bestrahlung erhielte die Satellitenbesatzung eine Strahlungsdosis, die nahezu mit Sicherheit zum Tode führte.
Die Umlaufbahnen bemannter Satelliten werden deshalb entweder unterhalb oder oberhalb der inneren Zone des Strahlungsgürtels verlaufen. Die Bahnen müssen gewährleisten, daß keine gefährliche Annäherung an die innere Strahlungszone erfolgt – auch wenn starke Schwankungen in deren Ausdehnung auftreten. Man kann jedoch den Sicherheitsabstand nicht beliebig vergrößern und eine sehr niedrige Bahn wählen, weil sonst die Abbremsung durch die Luft zu stark wirksam würde.
Am besten entspricht diesen gegensätzlichen Forderungen eine möglichst kreisähnliche Bahn in 250 bis 450 km Höhe. Die Kreisbahn verhindert, daß sich der Satellit einerseits der Strahlungszone, andererseits den dichteren Luftschichten zu sehr nähert. Die Abbremsung wird um so geringer sein, je genauer die ideale Kreisform erreicht wird. Bei einem Dauersatelliten oder einer Raumstation in diesen Höhen

Im Januar 1960 erprobte die Sowjetunion einen neuen Raketentyp, der für den Start schwerer Erdsatelliten und für kosmische Flüge zu Planeten des Sonnensystems entwickelt wird. Die vorletzten Stufen der Raketen, mit einer Nachbildung der letzten Stufe versehen, erreichten das Zielgebiet im Stillen Ozean – 12 500 Kilometer vom Standort entfernt – mit einer Abweichung von weniger als zwei Kilometern. Die gestrichelte Linie deutet an, welche Punkte der Erdoberfläche von den Raketen überflogen wurden

wäre es allerdings notwendig, den allmählichen Geschwindigkeitsverlust durch Raketeneinsatz auszugleichen. Außerdem könnte eine kreisähnliche Bahn die Verbindung zwischen Erde und Satelliten erleichtern.
Solche Erwägungen erhalten erst dann eine praktische Bedeutung, wenn der Flug des Menschen in den kosmischen Raum in greifbare Nähe rückt. Als die Sowjetunion im Jahre 1960 einen neuen Raketentyp erprobte, der für den Start schwerer Erdsatelliten und für Flüge zu den Planeten entwickelt wurde, vermuteten selbst viele Fachleute nicht, daß diese Versuche einen neuen Abschnitt der Raumfahrtpraxis einleiten würden.

Unbemannte Raumschiffe bahnen den Weg

Der Begriff „Raumschiff" stammt aus der Frühzeit der Astronautik und sollte zum Ausdruck bringen, daß der Mensch, der mit Seeschiffen einst die Weltmeere und mit Luftschiffen die unteren Schichten der Atmosphäre erschloß, mit Raumschiffen in das Weltall vordringen werde. Unter einem Raumschiff verstanden die Begründer der Astronautik stets ein bemanntes Raumfahrzeug, unabhängig davon, ob es nun für Flüge in einer Umlaufbahn oder für Reisen zum Mond oder zu den Planeten benutzt werden sollte.
1898 entstand der erste wissenschaftlich begründete Raumschiffentwurf. Sein Schöpfer konnte nicht ahnen, daß die weitere Umgebung der Erde und der Weltraum zunächst nicht mit bemannten Fahrzeugen, sondern mit unbemannten, automatisch arbeitenden Meßgerätesätzen erforscht werden würden. Die schnelle Entwicklung der Elektronik, der Meß-, Steuer-, Regel- und Fernmeldetechnik ermöglichte es, Höhenraketen, Sputniks und Luniks zur Erforschung des Weltraumes und zur allseitigen Vorbereitung der Raumfahrt einzusetzen, noch bevor ausreichend leistungsfähige Raketen für den Flug von Menschen zur Verfügung standen und so entscheidende Probleme wie die der Sicherheit und der Versorgung des Menschen befriedigend gelöst waren.
In den Jahren 1949 bis 1960 meisterten die sowjetischen Wissenschaftler diese Aufgaben. Sie schufen Raketen, die große Nutzlastmassen sicher in eine Raumflugbahn transportieren können, und entwickelten zuverlässige Lenksysteme, Meßgeräte und Übertragungseinrichtungen. Sie erforschten den Raum jenseits der dichten Luftschichten und untersuchten die Wirkungen des Raketenfluges und der kosmischen Einflüsse auf Tiere. Sie erprobten Kabinen und Ausrüstungen, die den Fortbestand des Lebens bei einem Raumflug sichern, und erarbeiteten zuverlässige Landungsmethoden.
Nach diesen gründlichen und systematischen Vorarbeiten vollzogen sie 1960 den Übergang zu einer höheren Qualität. Knapp 1000 Tage nach dem Start des ersten Sputniks stand ein neuer Raketentyp bereit, stark genug, um mehr als das Fünfzigfache von dessen Nutzlast – fast 5 Tonnen – in eine Satellitenbahn zu bringen. Ein Raumfahrzeug dieser Größe, ausgerüstet mit einer Kabine und mit allen Einrichtungen, die für den Raumflug des Menschen notwendig sind, kann man nicht mehr zur Gruppe der Meßsatelliten zählen, es ist bereits – auch wenn noch kein Mensch mitfliegt – ein Raumschiff.

Mit der gleichen Gründlichkeit und Systematik, die ihren bisherigen Experimenten zugrunde lag, gingen die sowjetischen Forscher nunmehr an die unmittelbare Vorbereitung des ersten Menschenfluges ins All. In der Zeit vom Mai 1960 bis März 1961 führten sie eine Serie von fünf Versuchen mit unbemannten Raumschiffen durch, mit deren Hilfe eine Vielzahl von Forschungsaufgaben bearbeitet und gelöst wurde. Wir können hier nur die wichtigsten erwähnen.

Als erstes das Problem der Landung: Beim Eintritt in die dichten Luftschichten besitzt ein Raumschiff eine Energie, die ausreicht, um – grob gerechnet – rund 25 Raumschiffe gleicher Größe in flüssiges Metall zu verwandeln oder etwa drei Raumschiffe in glühenden Dampf aufzulösen. Die sowjetischen Forscher entwickelten Schutzmaßnahmen, die Raumschiff und Kabine vor Überhitzung bewahrten und die Temperatur in der Kabine nicht über 22 °C steigen ließen. Am 20. 8. 1960 kehrte zum erstenmal ein Raumschiff mit einer Vielzahl von Lebewesen aus einer Satellitenbahn zur Erde zurück (Tabelle auf Seite 347).

Soll das Raumschiff genau im vorgesehenen Gebiet landen, so müssen zuvor Geschwindigkeit, Höhe und Richtung des Raumschiffes in seiner Umlaufbahn exakt bestimmt werden. Das Raumschiff verfehlt den geplanten Landepunkt um etwa 50 km, wenn

der Fehler der Geschwindigkeit 1 m/s (etwa $^1/_{80}$%)

oder der Fehler der Höhe 1 km (etwa $^1/_3$ bis $^1/_2$%)

oder der Fehler bei der Ermittlung des Winkels zwischen Geschwindigkeitsrichtung und Erdoberfläche eine Winkelminute beträgt

oder das Bremsmanöver 6 Sekunden zu früh oder zu spät beginnt.

Trotz dieser außerordentlich strengen Anforderungen landeten die Raumschiffe 2, 4 und 5 im vorgesehenen Raum. Bereits Raumschiff 2, das erste für die Rückkehr bestimmte Objekt, landete nur 10 km entfernt vom berechneten Landepunkt. Lediglich die Landung des 3. Raumschiffes mißlang, weil das Raumschiff nicht auf der vorgesehenen Bahn niederging und deshalb verglühte.

Die Kabine des 2. Raumschiffes erreichte die Erdoberfläche mit einer Geschwindigkeit, wie sie etwa beim Fall aus 5 m Höhe auftritt. Der Behälter mit den beiden Hunden sowie einem Teil der anderen Versuchstiere wurde schon vorher in 7–8 km Höhe aus der Kabine herauskatapultiert und setzte mit einer Geschwindigkeit auf, die der beim Fall aus 2 bis 3 m Höhe entspricht. Dadurch konnte das Versuchsmaterial unversehrt geborgen werden.

Einen Schwerpunkt bildeten die medizinisch-biologischen Untersuchungen, die eine verbindliche Antwort auf folgende Fragen geben sollten: Wie verhalten sich lebende Organismen während der verschiedenen Phasen des Raumfluges? Wie wirken sich die Bedingungen eines längeren kosmischen Fluges auf die Lebensvorgänge aus? Welchen Einfluß hat insbesondere die kosmische Strahlung auf Lebewesen? Wie funktionieren die Anlagen, die während des Fluges die normalen Lebensbedingungen in der Kabine aufrechterhalten und die Lebewesen mit Sauerstoff und Nahrung versorgen?

Zu diesem Zweck enthielten die Raumschiffe biologische Objekte – Hunde, Ratten, Mäuse, Insekten, Samen von Mais, Weizen, Erbsen und Zwiebeln, Pilzkulturen, Tradescantiapflanzen, Chlorella-Algen, verschiedene Mikrobenarten und Zellgewebe – und Geräte zur Beobachtung der Versuchstiere und zur Messung ihrer

Lebensfunktionen, zur Kontrolle der Verhältnisse in der Kabine und zur Untersuchung der verschiedenen Strahlungsarten.
Unter den Versuchstieren befanden sich Lebewesen, die besonders schnell und deutlich auf akute Strahlungsschäden reagieren, aber auch solche, die sich schnell vermehren und dadurch nach verhältnismäßig kurzer Zeit strahlungsbedingte Erbschäden erkennen lassen. Die Versuchstiere überstanden den Raumflug ausgezeichnet. Längere Untersuchungen werden die Frage beantworten, ob auch ihre Nachkommenschaft frei von Schädigungen ist. Interesse verdient die Tatsache, daß die Hündin Strelka inzwischen bereits zweimal gesunden Nachwuchs zur Welt gebracht hat.
Besonderen Wert besaß die ständige direkte Beobachtung der Tiere während des Raumfluges mit Hilfe von Fernsehkameras. Welches hohe Niveau die Meßtechnik in der Sowjetunion erreicht hat, geht auch daraus hervor, daß sogar die Lebensfähigkeit von Bakterien während des kosmischen Fluges registriert und die Messungen den Bodenstationen übermittelt wurden.
Die Raumschiffversuche dienten jedoch nicht nur der Vorbereitung auf den Raumflug des Menschen. Zum erstenmal konnten Pilzkulturen (Aktinomyzeten) und Samen von Kulturpflanzen für längere Zeit der Einwirkung der primären kosmischen Strahlung ausgesetzt werden. Bekanntlich können Strahlen Änderungen der Vererbungsmerkmale hervorrufen. Die meisten dieser Mutationen sind zwar schädlich, einige jedoch können auch nützlich sein. Nützliche Mutationen besitzen eine große Bedeutung sowohl für die Entwicklung der organischen Welt als auch für die Züchtung von Mikroorganismen und Kulturpflanzen. Seit mehreren Jahren versuchen Pflanzenzüchter, die Eigenschaften von Nutzpflanzen durch Strahlungseinwirkung zu verbessern. Ebenso benutzt man Strahlen zur Züchtung von Aktinomyzeten-Stämmen, die wichtige Heilmittel – Antibiotika (z. B. Penicillin, Streptomycin) – produzieren. Die Raumschiffexperimente sollten deshalb erkunden, ob man die kosmische Strahlung in den Dienst dieser Züchtungsversuche stellen kann. Die Mitnahme von Krebszellen läßt die Absicht erkennen, der Krebsforschung ein neues Arbeitsfeld zu erschließen.
Schließlich sei noch auf die Versuche mit Chlorella-Algen hingewiesen. Sie zeigen, daß die sowjetischen Forscher bereits intensiv an dem Problem arbeiten, wie die Versorgung der Raumpiloten mit Sauerstoff und Nahrung auch bei einem langen Aufenthalt im kosmischen Raum gesichert werden kann.
Die Raumschiffversuche gaben den sowjetischen Wissenschaftlern nicht nur Gelegenheit, die medizinisch-biologischen Probleme des Raumfluges eingehend zu studieren, sie gestatteten es auch, alle Einrichtungen des Raumschiffes und die Methode der Rückkehr weiter zu vervollkommnen, sie in der Praxis zu erproben und sich von der einwandfreien Funktion der Geräte zu überzeugen. Schritt um Schritt näherten sich die Forscher dem Ziel, die außerordentlich komplizierte und vielfältige Einheit von Vorgängen, aus denen sich der Raumflug des Menschen zusammensetzt, so zu beherrschen, daß von vornherein sein nahezu sicheres Gelingen in allen Teilen gewährleistet und jede Gefährdung des Raumpiloten vermieden wird. Erst nach diesen allseitigen Vorbereitungen startete der erste Mensch ins All.

Am 1. Mai 1933 marschieren die Moskauer Arbeiter über den Roten Platz, vorbei am Grabe Lenins. Marschmusik ertönt aus den Lautsprechern. Dann eine Stimme: „Ich grüße meine Hörer! Vor mir sehe ich im Geiste den Roten Platz mit den marschierenden Kolonnen. Und über ihnen kreisen hunderte von stählernen Vögeln am Himmel. Durch den Fleiß und die Arbeit aller Werktätigen konnte ein kühner Traum der Menschheit, die Eroberung des Reiches über den Wolken, verwirklicht werden. Jetzt bin ich sicher, daß auch mein anderer Traum, der Weltraumflug, den ich theoretisch begründete, Wirklichkeit werden wird. Vierzig Jahre arbeitete ich am Raketenprinzip und glaubte, man könne an einen Flug nach dem Mars erst in vielen hundert Jahren denken. Aber die Zeiträume schmelzen zusammen. Ich bin überzeugt, daß viele von euch den ersten Weltraumflug noch miterleben werden."

Der diese Worte über den Rundfunk sprach, weilt heute längst nicht mehr unter den Lebenden. Am 19. September 1935 starb der Vater der Raumfahrt. Doch viele von denen, an die Ziolkowski seine Worte richtete, wurden Zeugen des ersten Raumfluges.

Ziolkowski glaubte daran, daß die sowjetische Jugend sein Werk fortsetzen werde. In seiner Rundfunkansprache sagte er: „Bei uns in der Sowjetunion gibt es viele junge Flieger – die jungen Flugmodellbauer, die jungen Segelflieger, die Jugend in den Flugzeugen. Sie zählen zu Zehntausenden. Auf sie setze ich meine kühnsten Hoffnungen. Sie helfen mir, meine Entdeckungen zu verwirklichen, und bilden die begabten Erbauer des ersten Planetenschiffes heran." Seine Erwartungen erfüllten sich. Aus den Reihen des Ossoaviachim, des „Verbandes der Gesellschaft zur Förderung der Verteidigung, des Flugwesens und der Chemie in der UdSSR", gingen jene Männer und Frauen hervor, die sich in den „Gruppen zum Studium der Reaktivbewegung", den GIRD, zusammenschlossen und vor dreißig Jahren als erste mit dem Bau von Höhenraketen begannen. Aus den Reihen der Flieger stammt auch der erste Kosmonaut der Sowjetunion, Juri Alexejewitsch Gagarin.

Die Vorbilder des jungen Gagarin sind die sowjetischen Fliegerhelden Tschkalow, Gromow und Wodopjanow, die kühn in Neuland vorstießen, den Nordpol erreichten und neue Luftwege zwischen den Kontinenten erschlossen. Unauslöschlich prägten sich in sein Bewußtsein die Heldentaten der Sowjetmenschen ein, die ihr Leben für die Heimat einsetzten – wie Pawel Kortschagin und Alexej Meressjew, wie der Fliegerhauptmann Gastello, der sich mit seinem brennenden Flugzeug auf eine Panzerkolonne der Faschisten stürzte.

Ihn begeisterten die Schriften Ziolkowskis, seine Pläne vom Flug zu den Sternen. „Als ich das Technikum und die Fliegerschule besuchte, war dieser Name uns allen teuer. Wir studierten seine Arbeiten." Wie viele Millionen Menschen hörte er voll Erregung die Meldung vom Start der ersten Sputniks. Wie viele andere stellte sich auch Juri Gagarin die Frage: Wer wird der erste Mensch im Weltraum sein?

Für Juri stand fest: Der erste Raumpilot wird ein Flieger sein, ein Mensch mit eiserner Gesundheit und großem Wissen. Die Leistungen der sowjetischen Raumforscher spornten ihn beim Lernen und bei seiner Arbeit als Jagdflieger an und ließen in ihm die Sehnsucht nach den Sternen wachsen. Allmählich reifte in ihm

der Entschluß, sich als Kandidat für den Flug in den Kosmos zu melden. Als Lunik 3 zum Flug um den Mond startete, erkannte er, daß nun die Zeit dafür gekommen war. Am nächsten Tag gab er sein dienstliches Gesuch ab, ihn in die Reihen der Raumfahrtkandidaten aufzunehmen.

Gleich ihm hatten sich tausende Sowjetbürger bereiterklärt, mit einem Raumschiff in den Kosmos aufzusteigen, Menschen fast aller Berufe und Altersgruppen. Nur wenige kamen in die engere Auswahl. Daß Juris Wunsch erfüllt wurde, war kein Zufall. Er ist gesund, ausgeglichen und ruhig – ein Flieger, der jede Aufgabe diszipliniert und genau ausführt, starke Nerven und große Willenskraft besitzt und auch ungewöhnliche Situationen zu meistern versteht. Er ist ein Kommunist wie seine Vorbilder Kortschagin und Meressjew, Tschkalow und Wodopjanow – ein Mensch, der seine Heimat liebt und bereit ist, alle Anstrengungen auf sich zu nehmen.

Ärzte und Psychologen untersuchten die Raumfahrtkandidaten auf Herz und Nieren. Für die besten von ihnen begann eine Ausbildung, die ihresgleichen sicher vergeblich sucht. Ob jemals zuvor Menschen so gründlich auf ihre Aufgaben vorbereitet wurden? Da ist das körperliche Training: Ausdauer durch Langstrecken- und Skiläufe; Körperkraft durch Gewichtheben; Körperbeherrschung durch Turnen und Ballspiele, durch Schwimmen, Tauchen und Turmspringen. Und gleichzeitig: Lernen, lernen und nochmals lernen! Astronomie, Physik, Raketentechnik, Biologie, Medizin, Chemie, Funktechnik... Wieviele Wissenschaften muß doch der Mensch beherrschen, damit er in den Kosmos vordringen kann! Wieviel Fleiß und Disziplin gehören dazu, sich alle notwendigen Kenntnisse anzueignen! Und wieviel Willenskraft, beharrlich zu lernen und zu trainieren!

Aber all das ist nur ein Teil der Vorbereitung. Ein Raumpilot muß mehr können. In jeder Phase des Raumfluges muß er Herr seines Körpers und seines Geistes sein und trotz Überbelastung oder Gewichtslosigkeit jede Situation schnell und richtig beurteilen können. Er muß Entscheidungen fällen, von denen vielleicht sein Leben abhängt, und muß entschlossen und unverzüglich handeln.

Das Training zielt darauf ab, die künftigen Raumfahrer so gut wie möglich mit all den ungewöhnlichen Bedingungen eines Raumfluges vertraut zu machen. Druck- und Hitzekammern, Zentrifugen, Vibrationsstände und Katapultanlagen, schallisolierte Kabinen und Simulatoren sind die Trainingsgeräte, und Parabelflüge und Fallschirmsprünge gehören zum Trainingsprogramm. Ärzte überwachen während jeder Übung Puls, Atmung und andere Lebensvorgänge im Körper des Raumkandidaten und schützen ihn vor jeder Überbeanspruchung und vor gesundheitlichen Schäden. Es geht bei diesem Training nicht um Rekorde und Sensationsleistungen, für die der Raumfahrer mit seiner Gesundheit oder seinem Leben bezahlen muß. Im Gegenteil – das Training soll dazu beitragen, Gesundheit und Leben des künftigen Raumfahrers zu erhalten, indem es seine Widerstandskraft und Anpassungsfähigkeit allmählich erhöht und ihn in die Lage versetzt, jeder außergewöhnlichen Situation völlig sicher gegenüberzustehen.

Vergebens sucht man in sowjetischen Zeitungen nach Berichten über Show-Trainings und öffentliche Reklamevorführungen vor sensationsgierigem Publikum. Solche Effekthaschereien sind unvereinbar mit dem wissenschaftlichen Ernst der Raumfahrtforschung und mit der großen humanistischen Aufgabe, die Gesundheit der Raumfahrer zu schützen. Diese sozialistische Auffassung vom Werte des Menschen

kommt auch in dem sowjetischen Versuchsprogramm zum Ausdruck: Erst nachdem die Kabine und die Trägerrakete in allen Einzelheiten genau erprobt sind, Aufstieg und Rückkehr sicher beherrscht werden und für den Raumfahrer keine Gefahr mehr besteht, wird das Raumschiff Wostok 1 starten.

Der Mensch, der zum erstenmal das Tor zum Weltall durchschreitet, wird Bahnbrecher sein für viele andere Astronauten. Die nach ihm in den kosmischen Raum vordringen, brauchen ebenso wie ihre Ausbilder seine Erfahrungen und sein Wissen. Je gründlicher und umfassender der erste Raumflug ausgewertet werden kann, umso sicherer ist das Fundament für die kommenden Raumflüge.

Der Beste und Würdigste wird diese Voraussetzungen erfüllen. Wer wird es sein? Ein Waghals und Draufgänger, dem das Leben wenig wert ist, der ohne Zögern bereit ist, sein Leben wegzuwerfen? Die sowjetischen Wissenschaftler fällen ihre Entscheidung. Ihre Wahl fällt auf Juri Gagarin: verheiratet, zwei Kinder – ein fröhlicher und glücklicher Mensch, der das Leben liebt.

Die Tage vor dem Start sind ausgefüllt mit einem Spezialtraining und einer Vielzahl ärztlicher Untersuchungen. Sie liefern die Unterlagen für eine exakte Auswertung aller während des Raumfluges gewonnenen Meßwerte und für eine gründliche wissenschaftliche Analyse nach der Rückkehr.

Gewissenhaft hält Juri Gagarin den vorgeschriebenen Tagesablauf ein und beachtet alle Hinweise der Ärzte. Er treibt Frühsport, nimmt eine spezielle Nahrung zu sich und führt Übungen entsprechend dem Flugprogramm durch. Abends schläft er ruhig und schnell ein. Sein Schlaf ist tief und fest, und frisch und ausgeruht erwacht er jeden Morgen – auch an jenem 12. April 1961, der für immer in die Geschichte eingehen wird.

Noch einmal untersuchen ihn die Ärzte. Juri ist fröhlich und munter wie immer und zeigt keine Spur von Aufregung. Ruhig schlägt sein Herz. Seine Freunde helfen ihm in den Raumanzug und begleiten ihn zum Bus, der ihn zum Startplatz des Raumschiffes bringt. Dort trägt ein Fahrstuhl den Kosmonauten zur Spitze der mächtigen Trägerrakete empor. Noch einmal hebt Gagarin grüßend die Arme, bevor er die Kabine des Raumschiffes betritt.

Um 7.07 MEZ startet die mit sechs Triebwerken ausgerüstete Rakete vom Kosmodrom Baikonur in Westsibirien. Der Andruck preßt den Piloten in den Sessel, aber trotzdem gibt er schon nach 70 Sekunden die erste Meldung an die Bodenstation: „Fühle mich ausgezeichnet. Die Überbelastung steigt. Alles in Ordnung." Die leergebrannten Stufen bleiben hinter der Trägerrakete zurück, die mit zunehmender Geschwindigkeit die dichten Luftschichten durchdringt. Nun kann auch die Stromlinienverkleidung des Raumschiffes abgeworfen werden, die bisher noch den Ausblick verwehrte, und Juri sieht durch die Bullaugen die Oberfläche der Erde. Allmählich krümmt sich die Aufstiegsbahn und wird flacher. Aber noch immer arbeiten die Triebwerke. Der Andruck wächst weiter, doch der Pilot ist gut darauf vorbereitet. Beim Training hat er noch stärkere Belastungen kennengelernt.

Schließlich hat das Raumschiff seine Umlaufbahn erreicht. Gagarin meldet: „Die Trennung von der Trägerrakete hat wie vorgesehen stattgefunden. Mein Befinden ist gut. Ich nenne einige Meßwerte: Druck in der Kabine eine Einheit, Feuchtigkeit 65%, Temperatur 20° ..." Wie ein Sputnik bewegt sich das Raumschiff mit fast 8 km s in einer Höhe zwischen 181 und 327 km um die Erde, überfliegt Sibirien,

später den Stillen Ozean, und durchquert den Erdschatten. Mehrere Funkkanäle verbinden den Raumpiloten mit den Bodenstationen und übermitteln seine Berichte und auch die Meßwerte der Geräte, die seine Lebensfunktionen registrieren.
Vierundvierzig Minuten nach dem Start wird das Orientierungssystem eingeschaltet, und Wostok richtet sich nach dem Austritt aus dem Erdschatten automatisch nach der Sonne aus. Um 7.52 Uhr – das Raumschiff überfliegt gerade das Gebiet von Kap Hoorn an der Südspitze Amerikas – funkt Juri Gagarin: „Flug verläuft normal; ich fühle mich gut; die Aggregate arbeiten fehlerlos." Programmgemäß nimmt der Raumpilot ein kosmisches Frühstück zu sich. 68 Minuten nach dem Start, als sich das Raumschiff Afrika nähert, erhält Gagarin den Auftrag, die Bordgeräte auf die Einschaltung des Bremstriebwerks vorzubereiten. Die Automatik arbeitet zuverlässig, so daß Juri nicht einzugreifen braucht. Um 8.25 Uhr wird die Bremsvorrichtung eingeschaltet, und das Raumschiff geht in die Abstiegsbahn über. Noch 8000 km bis zur Landung!
Zehn Minuten später taucht Wostok in die dichteren Luftschichten ein, in der Kabine aber steigt die Temperatur nicht über 20°. 108 Minuten nach dem Start landen Kosmonaut Gagarin und sein Raumschiff unversehrt auf einem Sturzacker des Kolchos „Der Weg Lenins" in der Nähe des Dorfes Smelowka, südwestlich der Stadt Engels. Zwischen Start und Landung liegt eine Flugstrecke von über 40 000 km.
Ein Sturm der Begeisterung geht um den Erdball. Fliegermajor Gagarin, der erste Raumfahrer, Held der Sowjetunion – sein Name und seine Tat sind in aller Munde.
Zum erstenmal wurde Gewißheit, was die Pioniere der Raumfahrt erhofften: Das Leben des Menschen und seine Fähigkeit, zu arbeiten und zu handeln, sind nicht auf die Erde beschränkt. Alle Aufgaben, die das Programm vorsah, hat Juri Gagarin ausgezeichnet erfüllt. Er überwachte die Apparate, zeichnete seine Beobachtungen auf, bediente die Funkgeräte, informierte die Bodenstationen und erprobte die Versorgungsanlagen.
Zum erstenmal erlebte ein Mensch, was der Vater der Raumfahrt schon vor über 40 Jahren in seinen Schriften beschrieb. Der Weitblick Ziolkowskis, der Wahrheitsgehalt seiner Pläne und die Zuverlässigkeit seiner wissenschaftlichen Voraussagen erhielten ihre Bestätigung. Nach seinem erdumrundenden Flug erklärte Juri Gagarin: „Ich kann sagen, daß Ziolkowski in seinem Buch ‚Außerhalb der Erde' sehr klar all das vorausgesehen hat, was ich während des Fluges erblicken konnte. Ziolkowski stellte sich klarer als sonst jemand die Welt vor, die sich dem Menschen eröffnet, der in den Kosmos fliegt."
Zum erstenmal verließ ein Mensch die Erde, die Wiege der Menschheit, drang über den schützenden Panzer der Lufthülle hinaus in den lebensfeindlichen Raum vor und kehrte trotz Überbelastung und Gewichtslosigkeit gesund wieder zur Erde zurück.
Das Raumschiff „Wostok" wurde zu einem Symbol für die Technik und Wissenschaft jenes Landes, das diese großartige Leistung als erstes vollbrachte. „Osten" ist das Werk sowjetischer Menschen, sein Pilot Bürger des ersten Staates der Arbeiter und Bauern. Warum wurde ausgerechnet ein Arbeiter der erste Raumfahrer? – 1951 lernen an den Fachschulen der Sowjetunion dreiunddreißigmal so viele junge Menschen wie vor der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution. Der sozialistische Staat gibt allen fleißigen und talentierten Menschen die Möglichkeit, ihre individuelle

Begabung voll zu entfalten. Einer von ihnen ist der Gießer Gagarin. Ihm, dem Sohn eines Kolchoszimmermanns und einer Kolchosbäuerin, sind die Tore zum Wissen nicht mehr verschlossen. Hätte sich der Gießer Gagarin in einem zaristischen Staat zum ersten Kosmonauten der Erde entwickeln können?

1955 erklären die amerikanischen Raketenspezialisten Bergaust und Beller: „Leider behindert ein akuter Mangel an Wissenschaftlern die Forschungs- und Entwicklungsarbeit in den USA. Die Zahl des an Hochschulen und Universitäten in Ausbildung befindlichen Personals ist im ständigen Abnehmen begriffen." Wäre aus dem Arbeiterkind Gagarin ein Raumfahrer geworden, wenn seine Wiege in den USA gestanden hätte?

Warum startete das erste Raumschiff in der Sowjetunion? Auch das ist kein Zufall, genau so wie es kein Zufall ist, daß die USA von Mal zu Mal auf den zweiten Platz verwiesen werden. Der erste Sputnik, der erste Lunik und das erste Raumschiff wurden in der Sowjetunion gebaut und gestartet, weil dort die Entwicklung der Wissenschaft und Technik nicht mehr durch jene zahlreichen Widersprüche gehemmt wird, deren Wurzeln allein in der kapitalistischen Gesellschaftsordnung zu finden sind. Die sowjetische Raumfahrtforschung entwickelt sich schneller als die der USA, weil sie nicht den Interessen und dem Profit einzelner Menschen und Menschengruppen dient, sondern der Weiterentwicklung der Wissenschaft und Technik zum Nutzen aller Bürger. Wie richtig diese Schlußfolgerungen sind, läßt sich an dem Eifer erkennen, mit dem die Publizisten des Kapitalismus sie zu widerlegen versuchen. Wohl oder übel können sie nicht mehr bestreiten, daß die sowjetische Raumfahrttechnik der amerikanischen überlegen ist. Aber daraus – so behaupten sie – dürfe man nicht auf die Überlegenheit des Sozialismus schließen, denn die Sowjetunion habe – so erklären sie weiter – ihre Raumfahrterfolge nur dadurch erzielt, daß sie diesem Gebiet einseitig den Vorrang gegeben, andere Bereiche der Wissenschaft und Technik hingegen vernachlässigt habe.

Raketentechnik und Raumfahrtforschung sind aber nicht isolierte Gebiete, die unabhängig von den anderen Zweigen der Wissenschaft und Technik arbeiten. Im Gegenteil – nur wenn alle Einzelgebiete der Wissenschaft und Technik auf einem hohen Niveau stehen, können astronautische Spitzenleistungen erreicht werden.

Der Flug des Raumschiffes Wostok ist deshalb nicht nur ein Erfolg der sowjetischen Raketentechnik, sondern ebenso sehr ein Erfolg der sowjetischen Mathematik, Biologie, Medizin, Kybernetik, Astronomie, Chemie, Metallurgie, Funktechnik usw. Juri Gagarin kehrte gesund zurück, weil kein einziger Zweig der Wissenschaften und der Technik versagte.

Die Raumfahrtexperimente der USA können sich offensichtlich nicht in gleichem Maße auf Spitzenleistungen der amerikanischen Wissenschaft und Technik verlassen. Dafür ein drastisches Beispiel: Der Start der US-Raumkapsel Ranger 1 im Herbst 1961 verzögerte sich um mehrere Wochen, weil eine Fülle von Fehlerquellen und Störungen auftraten. In den ersten acht Tagen unter anderem: Ausfall der Stromversorgung, Leck im Druckgasbehälter, schadhafter Druckregler, Ventilschaden. Nach Behebung dieser Mängel wurde die Atlas-Agena-Rakete erneut zum Start vorbereitet. Plötzlich machte sich die Raumkapsel selbständig. Antennen schoben sich heraus, Instrumente summten, Funkgeräte sendeten sinnlose Meßwerte, und die Platten mit den Sonnenbatterien lösten sich aus ihren Halterungen.

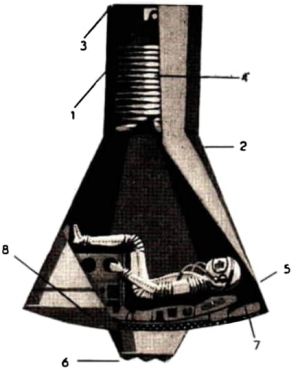
Außerdem entdeckte man Störungen in der automatischen Steuerung der Atlas-Rakete. Nach langwierigen und zeitraubenden Untersuchungen fand man die Fehlerquelle in der elektronischen Ausrüstung. Eine Lötstelle in den Transistoren verursachte Kurzschluß. Deshalb mußten die Transistoren aller in Kap Canaveral lagernden Atlas-Raketen ausgebaut, untersucht und ausgewechselt bzw. wieder eingebaut werden. Trotzdem waren damit noch nicht alle Mängel behoben, denn Ranger 1 gelangte nicht in die vorgesehene Bahn. Damit scheiterte trotz großer Anstrengungen ein Versuch, dem eine wesentlich einfachere Aufgabenstellung zugrunde lag als zwei Jahre zuvor dem sowjetischen Experiment mit Lunik 3. Das Mißlingen war durchaus kein Zufall, denn auch Ranger 2 teilte das Schicksal seines Vorgängers.

Wenn heute verschiedene westliche Fachleute bedauern, daß sich die verantwortlichen amerikanischen Stellen viele Jahre hindurch nur von militärischen Überlegungen leiten ließen, der Raumfahrt und ihren friedlichen Aspekten aber keine Beachtung schenkten, so entlarven sie selbst die Lüge, die Kommunisten wären unfähig, die geschichtliche Entwicklung richtig einzuschätzen und vorauszusehen. Wenn westliche Propagandisten jammern, die Sowjetunion hätte viel früher als die USA-Regierung erkannt, daß die Raumfahrtforschung einen wesentlichen Beitrag zum Fortschritt der menschlichen Kultur leisten könne, so widerlegen sie damit ihre eigenen antikommunistischen Parolen von der Unfähigkeit der Arbeiter und Bauern, ihr Schicksal selbst zu gestalten.

Vor der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution schrieb die reaktionäre russische Zeitschrift „Nowoje Wremja": „Nehmen wir für einen Augenblick an, daß die Kommunisten siegen werden! Wer wird dann den Staat regieren? Vielleicht Köche? Oder Feuerwehrleute, Pferdeknechte und Heizer? Oder werden vielleicht die Kindermädchen zu den Sitzungen des Staatsrates eilen, wenn sie gerade keine Windeln waschen? Vielleicht werden Schlosser für Theater sorgen, Klempner für Diplomatie, Tischler für Post und Telegraf? Vielleicht werden Pferdeknechte Bürgermeister sein? Pferdeknechte, Kindermädchen, Köchinnen – das sind diejenigen, die nach Ansicht der Kommunisten berufen sein sollen, das Land zu regieren. Wird so etwas je kommen? Nein! Ist das möglich? Auf diese wahnwitzige Frage wird die Geschichte den Kommunisten eine machtvolle Antwort erteilen!" Doch der Lauf der Geschichte richtet sich längst nicht mehr nach den Wünschen der Ausbeuter, sondern wird von den Kommunisten bestimmt, von Menschen wie dem Bergmann Chruschtschow und dem Gießer Gagarin.

Unternehmen Mercury

Automatische Meßgerätesätze lösten in den vergangenen Jahren viele Einzelprobleme der Raumfahrtforschung. Doch es gibt keinen Automaten, der so vielseitig und anpassungsfähig ist wie der Mensch. Ein elektronisches Gerät mißt und rechnet zwar exakter und schneller als der Mensch, der es baute und ihm seine Aufgaben zuwies. Aber denken und begreifen kann nur der Mensch, und kein noch so



Mercury-Kapsel
1 – Horizont-Suchgerät, 2 – Einstiegluke, 3 – Steuerdüsen, 4 – Fallschirm, 5 – Dralldüsen, 6 – Bremsraketen, 7 – Gummilandekissen, 8 – Wärmeschutzschicht

kompliziertes Gerät vermag ihn je zu ersetzen. Deshalb können viele astronautische Forschungsaufgaben nur vom Menschen selbst gelöst werden.

Der Flug Juri Gagarins leitete diesen neuen Abschnitt der Astronautik ein, der die Möglichkeiten der Forschung außerordentlich erweitert, gleichzeitig aber auch wesentlich höhere Anforderungen an das Verantwortungsbewußtsein der beteiligten Wissenschaftler und Techniker stellt, denn von ihrer Arbeit und von ihren Entscheidungen hängt das Leben des Raumfahrers ab. Abenteurertum und Effekthascherei waren schon vorher mit dem wissenschaftlichen Ernst der Raumfahrtforschung ebensowenig vereinbar wie Leichtfertigkeit und überstürzte Eile aus propagandistischen Gründen. In der Ära der bemannten Raumschiffe erhalten diese Motive jedoch zusätzlich einen ausgesprochen antihumanistischen und verbrecherischen Charakter, weil durch sie die allseitige und gründliche Vorbereitung jedes Raumfahrtexperimentes behindert und damit das Leben von Menschen gefährdet wird. Eine völlige Sicherheit wird es bei astronautischen Unternehmen zwar ebensowenig geben wie bei einer Autofahrt oder bei einer Antarktisexpedition. Aber das Risiko läßt sich vermindern, wenn an die Zuverlässigkeit aller Geräte und an die Vorbereitung strenge Maßstäbe gelegt werden.

Dem Fluge Gagarins gingen viele Versuche voraus, die den verantwortlichen sowjetischen Wissenschaftlern die Gewißheit gaben, daß alles getan war, um Zufälle auszuschalten und die Gesundheit und das Leben der Kosmonauten zu erhalten. Galt das im gleichen Maße auch für die Versuche der USA? Die Chronik des Projektes Mercury gibt uns darauf eine Antwort.

Nach den sowjetischen Sputnikversuchen sahen sich die USA im Oktober 1958 veranlaßt, die verschiedenen Gruppen der amerikanischen Raketen- und Raumfahrtforscher unter eine einheitliche Leitung zu stellen. Wenige Tage nach der Gründung der Weltraumbehörde NASA kündigte ihr Chef das Projekt Mercury an. Eine Satellitenkapsel, die einer übergroßen Gießkannenbrause ähnelt und einen größten

Durchmesser von 1,8 m sowie ein Gewicht von knapp einer Tonne besitzt, soll mit einem Menschen an Bord die Erde in 180 km Höhe dreimal umkreisen und anschließend wieder landen.

Welchen Zweck verfolgte das Mercury-Projekt? Die westdeutsche Zeitung „Die Welt" erklärte unverhohlen: „Mercury, gezeugt durch den Sputnikschock und geboren im Sommer 1958, war dazu bestimmt, den bemannten Erdsatelliten vor den Sowjets zu schaffen." Von vornherein stand fest, daß das Mercury-Projekt in erster Linie nicht einem wissenschaftlichen, sondern einem politischen Zweck dienen sollte. Das Unternehmen Mercury, so schrieb „Die Welt", zielt darauf ab, „so schnell wie möglich – koste es, was es wolle – einen Menschen in eine Kreisbahn um die Erde zu schießen." Keith Glennan, Direktor der NASA, erklärte auf Anfrage, auch der Tod eines der ersten Amerikaner, die den Flug unternehmen, werde nicht die Bemühungen aufhalten, einen Menschen in eine Umlaufbahn um die Erde zu bringen. „Das nationale Prestige der Vereinigten Staaten im Rennen um die Vorherrschaft im Weltraum steht auf dem Spiel. Amerika möchte es nicht erleben, daß der Kolumbus des zwanzigsten Jahrhunderts ein rotes Banner durch den Weltraum trägt." („Die Welt")

Damit gelang USA-Politikern die Erfindung eines völlig neuartigen Raketentyps, der Prestige-Rettungsrakete. Die geistigen Väter dieser Mißgeburt mußten jedoch feststellen, daß es mit der Atlas-Rakete, die sie zur Verhütung des roten Kolumbus einsetzen wollten, nicht zum besten bestellt war. Versager auf Versager trieb die Raketentechniker fast zur Verzweiflung, und die Terminpläne gerieten ins Rutschen, obwohl die Regierung Eisenhower im Mai 1959 für das Mercury-Projekt die höchste Dringlichkeitsstufe genehmigt hatte.

Was tun? Die Erfinder der Prestige-Rettungsrakete griffen zum letzten Mittel. Sie holten aus der Rumpelkammer jenen Vorschlag, den Wernher von Braun im April 1958 in Washington vorgetragen hatte: das Projekt Adam. Das USA-Raketengenie wollte einen Menschen in die Spitze der Kurzstreckenrakete Redstone setzen und ihn 250 km hoch in die Ionosphäre schicken. Der spätere stellvertretende Direktor der NASA, Dr. Dryden, hatte damals erklärt, ein solcher Versuch sei nichts anderes als „ein junges Mädchen aus einer Kanone zu schießen", mit anderen Worten: ein Zirkustrick ohne jeden wissenschaftlichen Wert. Deshalb war von Brauns Vorschlag zugunsten des Mercury-Projektes abgelehnt worden.

Nach dem Versagen der Atlas änderte man seine Meinung. Erneut sollte die altbewährte Redstone herhalten – wie einst nach dem Start von Sputnik 1 und 2. Die Kraft der Redstone würde genügen, um eine Mercury-Kapsel mit einem Passagier 180 km hoch und 450 km weit zu schleudern. Das wäre zwar kein Raumflug, immerhin aber ein Höhenflug. So trat an die Stelle der einsatzbereiten Atlas die schwächere, aber zuverlässigere Redstone.

Unter dem Eindruck der Versprechungen Wernher von Brauns glaubte man zuerst, im November 1959 einen Affen und im März 1960 einen amerikanischen Ersatz-Kolumbus in eine ballistische Flugbahn bringen zu können. Aber auch diese Hoffnung schwand dahin. Erst am 7. November 1960 konnten sich die drei NASA-Weltraummänner Grissom, Shepard und Glenn persönlich von der Zuverlässigkeit der Redstone überzeugen. Die erste Mercury-Rakete (MR-1) sollte starten, aber kurz vorher mußte der Versuch abgebrochen werden, weil ein Ventil versagte. Beim

nächsten Versuch am 21. 11. 1960 hob sich die MR-1 nur wenige Zentimeter von der Rampe und fiel dann zurück, weil sich das Triebwerk infolge eines Schaltfehlers sofort nach der Zündung von selbst abgeschaltet hatte. Auf diesen vorzeitigen „Brennschluß" reagierten die Geräte der MR-1 auf ihre Weise – sie zündeten die Rettungsraketen, die eine Vernichtung der Kapsel verhindern sollten, und die Kapsel machte sich selbständig. Erst am 20. 12. 1960 gelang der längst fällige Flug der unbemannten MR-1.

Die zweite Mercury-Redstone-Rakete startete am 31. 1. 1961, diesmal mit dem Schimpansen „Ham" (Schinken) an Bord. In 16 Minuten flog die Kapsel 248 km hoch und 675 km weit. Obgleich der Affe mit dem Leben davonkam, läßt sich schwerlich behaupten, das Experiment sei befriedigend verlaufen. Was geschah alles bei diesem Versuch? Das Schub-Kontroll-System der Redstone arbeitet ungenau. Die Rettungsraketen zündeten programmwidrig, während die Bremsraketen – ebenfalls programmwidrig – nicht zündeten. Die Bremsbeschleunigung übertraf mit 15 g bei weitem den zulässigen Wert. Die Kapsel prallte so hart auf die Wasseroberfläche des Atlantik, daß sie beschädigt wurde und Wasser eindrang. Außerdem verfehlte die Kapsel die vorgesehene Flugbahn beträchtlich; der Fehler in der Höhe betrug 64 km (35%), der Fehler in der Entfernung sogar 225 km (50%). Dadurch ging die Kapsel weit außerhalb des geplanten Zielgebietes nieder und konnte erst dreieinhalb Stunden nach dem Aufschlag von einem amerikanischen Zerstörer geborgen werden. Der Affe wurde beim Aufprall verletzt.

Diese schwerwiegenden Mängel ließen nur eine Schlußfolgerung zu: Mercury-Redstone bietet noch nicht die Gewähr für einen erfolgreichen Menschenflug, deshalb müssen zunächst weitere Vorversuche erfolgen, ehe einer MR ein Mensch anvertraut werden kann.

In jenen Monaten weckten die fetten Schlagzeilen und die sensationellen Bildberichte der amerikanischen Zeitungen in den USA die Erwartung, der erste „Weltraumfahrer" werde einer jener sieben NASA-Piloten sein, die sich in hartem Training auf ihren Flug in der Mercury-Kapsel vorbereiteten. Der kosmische Flug Juri Gagarins zerstörte jäh diese Hoffnung. Präsident Kennedy erklärte daraufhin, er sei es nun leid, im „Weltraumwettlauf mit der Sowjetunion" an zweiter Stelle zu stehen, und die NASA beschloß, den Beginn ihrer Versuchsserie mit bemannten Erdsatelliten um mehrere Monate vorzuverlegen. Der erste Flug eines Amerikaners in einer Umlaufbahn, einstmals für Juni 1960 geplant, sollte also vorfristig schon im August 1961 stattfinden.

Diese Maßnahme erschien den verantwortlichen Amerikanern jedoch noch nicht ausreichend, um die politischen Auswirkungen der wissenschaftlichen Leistung Juri Gagarins und der sowjetischen Forscher abzuschwächen und in den USA „die Zweifel und die Niedergeschlagenheit zu überwinden, die die Ungunst der außenpolitischen Lage, die Entwicklung in Laos und die Schlappe in Kuba erzeugt hatten" (Neue Zürcher Zeitung, 8. 5. 61). Trotz des zweifelhaften Erfolges mit MR-2 entschlossen sie sich, alles auf eine Karte zu setzen und umgehend die nächste MR mit einem Piloten an Bord zu starten, obwohl USA-Fachleute diesem nur eine Chance von 50 zu 50 einräumten. Selbst Präsident Kennedy äußerte ernste Bedenken, weil ein Scheitern des Versuches das Prestige der USA noch mehr gefährdet hätte, stellte schließlich aber seine Bedenken zurück, weil „die Vorarbeiten vor seiner Amts-

übernahme zu weit gediehen gewesen seien, um noch einzugreifen" (auf gut deutsch: weil er glaubte, der mögliche Tod eines USA-Piloten würde seinem Vorgänger zur Last gelegt).
Fregattenkapitän Alan Shepard sollte am 2. 5. 1961 mit der MR-3 aufsteigen. Mehrmals mußte der Start wegen Regen verschoben werden. 3 Tage später kletterte der Pilot endgültig in die Mercury-Kapsel. Kurz vor dem Start entdeckten die Techniker plötzlich noch einen Fehler an der Redstone, so daß der Marineoffizier mehr als vier Stunden in seinem Sitz angeschnallt verbringen mußte, bevor ihn die MR-3 in eine Parabelbahn trug.
Die Kapsel flog wie ein geworfener Stein in einem weiten Bogen 184 km hoch empor und fiel dann von selbst wieder zur Erde zurück. 15 Minuten nach dem Start landete sie mit ihrem Passagier im Atlantik, 484 km von Kap Canaveral entfernt. Ein Hubschrauber fischte sie aus dem Wasser. Als die Nachricht von der planmäßigen Landung Shepards bekannt wurde, ging eine Welle der Erleichterung durch die USA. Viele einsichtige Amerikaner verhehlten nicht, daß der tapfere Shepard sein Leben einer gehörigen Portion Glück verdankte. In das Aufatmen mischte sich das Bedauern über die Bedenkenlosigkeit, mit der die Verantwortlichen trotz ihrer häufigen Beteuerung „Safety first" das Leben des Piloten riskierten. Die Tat Shepards zeugt von außerordentlichem Mut und von eisernen Nerven. Daß sein Höhenflug keineswegs als ein „Gleichziehen" mit der sowjetischen Raumfahrtforschung zu werten sei, gab Präsident Kennedy auf einer Pressekonferenz zu. Aufschlußreich sind jedoch die Methoden, mit der besonders die westdeutschen Publizisten diese Tatsache hinwegdiskutieren wollten. Adenauers Leibblatt, der „Rheinische Merkur", und der Schwarze Kanal argumentierten z. B.: Gagarin und Shepard sind mit einer Rakete über 180 km hinaufgeflogen und wieder gelandet, beide waren zeitweise gewichtslos; im wesentlichen stimmen mithin beide Versuche überein. Der einzige Unterschied: Gagarin ist nicht gleich wieder gelandet, sondern einmal um die Erde geflogen. – Jeder Leser, der unser Kapitel „Das Problem der Rückkehr" aufmerksam gelesen hat, wird sofort erkennen, daß diese Darstellung glatter Betrug ist.
Ähnlich das Argument Nummer 2: Shepard habe die Kapsel „Freedom 7" selbst gesteuert und auch die Bremsraketen, die seine Fallgeschwindigkeit um 150 m/s verminderten, eigenhändig gezündet, Gagarin wäre hingegen nur „Ladegut" der Wostok gewesen. Der westdeutsche Rundfunk bekam es sogar fertig, in seinem „Gruß an die Zone" mit biederer Stimme zu behaupten, Shepard sei der erste Mensch im Weltraum gewesen, denn „der sowjetische Major Gagarin war nur ein Roboter" („Deutsche Volkszeitung", Düsseldorf, 12. 5. 61). Tatsächlich konnte sich jedoch Gagarin, trotz der vielfachen Schwierigkeit bei einem Satellitenflug, auf die Automaten der Wostok voll verlassen und brauchte, obwohl er die Möglichkeit hatte, nicht einzugreifen. Shepard dagegen zog es vor, die bei einem Parabelflug mit zwangsläufiger Rückkehr weit einfacheren Steuermanöver selbst auszuführen, was man ihm nach den Erfahrungen mit MR-1 und MR-2 durchaus nicht verübeln kann. – Mit solchen psychologischen Tricks versucht man, die Menschen in Westdeutschland irrezuführen. Die Gründe dafür sind bekannt.
Der glückliche Ausgang des ersten amerikanischen Höhenfluges verführte die verantwortlichen Amerikaner zu einer Wiederholung. Zunächst kam es wegen schlech-

ten Wetters und „technischer Schwierigkeiten" zu den üblichen Startverschiebungen. Dreieinhalb Stunden wartete Fliegerhauptmann Virgil Grissom am 19. 7. 1961 angeschnallt in der Mercury-Kapsel „Liberty Bell" auf das Startkommando – dann konnte er wieder aussteigen. Zwei Tage später erhob sich die MR-4, und die Kapsel samt Grissom flog 190 km empor und landete 16 Minuten nach dem Start 488 km entfernt im Antlantik. „Liberty Bell" wies gegenüber der „Freedom 7" einige Verbesserungen auf. Grissom konnte während des Fluges ständig auf einem kleinen Globus-Startort und voraussichtlichen Landepunkt ablesen – eine Einrichtung, bei der offenbar die Ausrüstung der Wostok Pate gestanden hatte. Die Bedienung der Kapsel war – so wurde behauptet – vervollkommnet worden. Grissom sollte weniger mit der Lenkung der Kapsel zu tun haben als Shepard, damit er sich mehr auf Beobachtungen konzentrieren konnte. Dieses Ziel wurde nur zum Teil erreicht, denn die Geräte funktionierten „nicht ganz einwandfrei", und es traten Schwierigkeiten auf, als die Kapsel vor dem Fallen in die richtige Lage gedreht werden sollte. Außerdem wurde Grissoms Sicht durch Staub behindert, der sich während der Gewichtslosigkeit in der Kabine ausbreitete. Mit dieser Störungsquelle hatte man nicht gerechnet.

Die Luke der Kapsel war mit Sprengbolzen befestigt, und der Pilot sollte den Ausgang nach der Landung mit einem Knopfdruck öffnen. Die Kapsel wurde jedoch zu früh aufgesprengt, so daß Wasser in das seeuntüchtige Fahrzeug eindrang. Grissom entkam der „Liberty Bell" mit knapper Not, bevor sie im Atlantik versank. Um ein Haar wäre er der „Freiheitsglocke" gefolgt, denn auch sein „silbern glänzender Raumanzug, ein Wunderwerk aus Nylon und eingenähten elektronischen Geräten", füllte sich mit Wasser – weil man vergessen hatte, einen Verschluß des Anzuges zu schließen. Ein Hubschrauber rettete den schwimmenden Piloten vor dem nassen Tode. Seine ersten Worte nach der Rettung waren: „Gebt mir etwas, um meine Nase auszublasen. Mein Schädel ist voller Seewasser."

Die objektive und freiheitliche Presse Westdeutschlands berichtete darüber auf ihre Weise: „Alles in allem ging der Flug glatt vonstatten und war auch weit weniger dramatisch als Shepards Flug. Dennoch ist er jenem an Bedeutung zumindest gleichzusetzen. Denn erst die Bestätigung einmal gefundener Ergebnisse macht diese zu wertvollen Arbeitsunterlagen für die Wissenschaft." („Die Deutsche Zeitung und Wirtschaftszeitung", 22. 7. 61)

Aber auch in dieser Hinsicht ließ der Höhenflug der „Freiheitsglocke" zu wünschen übrig. Die Ausrüstung der Kapsel mit den unersetzlichen Aufzeichnungen ruht auf dem Grunde des Atlantik und ist selbst für Taucher nicht mehr erreichbar, und die durch Funk übermittelten Angaben sind unvollständig, weil die Verbindung zwischen Kapsel und Bodenstation zeitweilig unterbrochen war. Trotzdem behauptete die in Westdeutschland erscheinende „Deutsche Zeitung": „Die Regelmäßigkeit des Erfolges zeigt, daß die Amerikaner im Weltraumrennen offensichtlich aufgeholt haben. Der Schuß in kaum veränderter Kapsel ist ein Beweis für die Breitenarbeit, mit der die USA ihre Raumfahrtpläne betreiben. ... Die Sicherheit des Menschen geht vor."

Hoffentlich werden nicht wieder tapfere amerikanische Piloten durch eine Breitenarbeit gefährdet, deren Kennzeichen überstürzte Hast und vorzeitiger Einsatz unzureichend erprobter technischer Verbesserungen sind und die solch primitive Klei-

nigkeiten wie den ordnungsgemäßen Verschluß des Raumanzuges und das Staubwischen in der „Freiheitsglocke" vergißt. –
Keine propagandistische Übertreibung kann die Tatsache aus der Welt schaffen, daß die USA mit ihren Mercury-Redstone-Versuchen noch nicht einmal jenen Stand der Raumfahrttechnik erreicht hatten, den die sowjetischen Höhenraketen schon drei Jahre zuvor erkennen ließen. Damals stiegen Einstufenraketen zweieinhalbmal so hoch wie MR-3 und MR-4, und ihre Nutzlastmasse war anderthalbmal so groß wie die Masse der Mercury-Kapsel. Die Landungsmethoden waren so vervollkommnet, daß die Versuchstiere und Instrumente unversehrt auf dem Festland niedergehen konnten. Weil derartige Höhenflüge jedoch im Grunde genommen keine Raumflüge sind, sahen die sowjetischen Forscher damals von bemannten Höhenraketen ab und konzentrierten ihre Arbeit auf die Entwicklung großer Raumschiffe. Sie bereiteten mit einer Serie von fünf unbemannten Raumschiffen den ersten Flug eines Menschen in einer Satellitenbahn gewissenhaft und gründlich vor und starteten das erste bemannte Wostok-Raumschiff zu einem Zeitpunkt, als in den USA noch nicht einmal sichere Grundlagen für einen einfachen Höhenflug vorhanden waren. Die Nutzlast ihrer Raumschiffe war schon 1960 so groß, daß diese nicht nur ein Beförderungsmittel darstellten, sondern außer dem Menschen auch eine Fülle von Forschungsgeräten mitführen konnten.
Die Mercury-Kapsel, das einzige „Raumschiff", über das die USA 1961 verfügten, besaß nur ein Fünftel der Masse von Wostok und bot deshalb der Forschung nur beschränkte Arbeitsmöglichkeiten. Und wie sah es mit jener Rakete aus, die eine bemannte Mercury-Kapsel in eine Umlaufbahn bringen sollte?
Hier die Chronik der Mercury-Atlas-Rakete:

9. September 1959

Eine Atlasrakete startete mit dem naturgetreuen Modell der Mercury-Kapsel. Die beiden Starttriebwerke der Atlas lösten sich nicht programmgemäß.

29. Juli 1960

MA-1 startete; 65 Sekunden nach Start explodierte die Rakete.

21. Februar 1961

MA-2 startete; die Kapsel flog 185 km hoch und 2300 km weit. Die Aufheizung der Kapsel war um 30% zu hoch, die Druckbelastung betrug das Dreifache und die Bremsbeschleunigung das Doppelte des zulässigen Wertes.

25. April 1961

MA-3 sollte die Erde umkreisen. An Bord befand sich ein „Roboter-Pilot", der sprechen, atmen, schwitzen und Wärme abgeben konnte. 30 Sekunden nach dem Start wurde die Rakete gesprengt, da sie wegen Versagens der Steuerung den vorgesehenen Kurs verließ. Trotz des Fehlschlages wertete man den Versuch als Erfolg, weil die Kapsel geborgen werden konnte.

13. September 1961

MA-4 erreichte eine Kreisbahn mit einer Höhe zwischen 160 und 230 km. An Bord ein Roboter-Pilot, der jedoch nicht einwandfrei funktionierte. Ein Stromversor-

gungsgerät fiel kurz nach dem Start aus. Die Kapsel umflog einmal die Erde und landete nach 106 Minuten Flugzeit im Atlantik, etwa 65 km außerhalb des vorgesehenen Zielgebietes. Anderthalb Stunden nach dem Aufschlag fischte ein Zerstörer sie aus dem Wasser.

12. November 1961

Atlas-Rakete mit Affen „Goliath" geriet außer Kontrolle und mußte 30 Sekunden nach dem Start zerstört werden.

29. November 1961

MA-5 startete mit Schimpansen „Enos" zu einer dreimaligen Umkreisung der Erde. Die Temperaturregelung der Kapsel funktionierte nicht einwandfrei, und Temperatur und Puls des Affen stiegen bedrohlich. Außerdem versagte eine Düse des Orientierungssystems. Deshalb wurde der Flug nach zwei Erdumkreisungen abgebrochen und das Kommando zur Notlandung gegeben. Der Affe erlitt einen Nervenschock. – Dieser Versuch war die Generalprobe für den ersten Raumflug eines Amerikaners, der nach dem Willen des Präsidenten Kennedy noch im Jahre 1961 erfolgen sollte.

Fünfundzwanzig Stunden im All

Das wichtigste Ergebnis des Jahres 1961 auf dem Gebiete der Raumfahrtforschung war der praktische Nachweis, daß der Mensch auch bei einem fünfundzwanzigstündigem Aufenthalt im kosmischen Raum seine Arbeitsfähigkeit voll beibehält und seine Gesundheit nicht beeinträchtigt wird.
Die Menschheit dankt diese Erkenntnis dem sowjetischen Fliegermajor German Stepanowitsch Titow, seinem Wegbereiter Juri Gagarin und nicht zuletzt dem großen Kollektiv der Forscher, Techniker und Arbeiter, das die mächtigen Trägerraketen und die leistungsfähigen und zuverlässigen Wostok-Raumschiffe baute.
Am 6. August 1961, 7.00 Uhr MEZ, startete der zweite Kosmonaut mit dem Raumschiff „Wostok 2" vom Kosmodrom Baikonur, umkreiste die Erde mehr als siebzehnmal in einer Höhe zwischen 183 und 244 km und landete wohlbehalten am 7. August, 8.18 Uhr MEZ, im vorgesehenen Raum nahe dem Dorfe Krasny Kut im Gebiet Saratow. In 25 Stunden und 18 Minuten legte er eine Strecke von 700 000 km zurück.
Für diesen Flug war ein genauer Zeitplan aufgestellt worden, den German Titow gewissenhaft erfüllte. Der Kosmonaut überwachte die Arbeit der Bordgeräte, beobachtete die Außenwelt durch die Kabinenfenster und stellte Filmaufnahmen her. Er führte das Bordbuch und hielt seine Aufzeichnungen auch auf dem Tonband fest. Während des gesamten Fluges bestand eine zweiseitige Funkverbindung zwischen Wostok 2 und der Erde. Titow übermittelte regelmäßig Informationen über den Flugverlauf, über seine Beobachtungen und sein Befinden und nahm die Weisungen der Zentrale entgegen. Nach der ersten Erdumkreisung erstattete Titow den leitenden Organen der Sowjetunion Meldung über den Flug des Raumschiffes und empfing später die Antwort Nikita Chruschtschows. Außerdem sandte er auf dem Funkwege

Die beiden sowjetischen Kosmonauten German Stepanowitsch Titow und Juri Gagarin

eine Reihe von Grußbotschaften an die Bewohner Moskaus, an die Völker der Sowjetunion sowie an die Völker der Erdteile, die er überflog. Zweimal erprobte er gründlich die Handsteuerung des Raumschiffes, mit der er das Fahrzeug nach Belieben um jede seiner Achsen drehen konnte. Der Kosmonaut trieb zu den vorgesehenen Zeiten gymnastische Übungen, nahm drei kosmische Mahlzeiten zu sich und hielt auch die Ruhepausen ein. Um 16.30 Uhr begann seine Nachtruhe, die bis 24.00 Uhr dauern sollte – aber German Titow verschlief um 37 Minuten. Die Bodenstation weckte ihn nicht, damit er sich gründlich erhole. Auch während des Schlafes überwachten die Ärzte an Hand der ständig eintreffenden Meßwerte seinen Gesundheitszustand.

Die Stimmung des Kosmonauten war während des gesamten Fluges ausgezeichnet, und sein Befinden zeigte keinerlei krankhafte Störungen. Lediglich die Organe des inneren Ohres reagierten unter dem Einfluß der Gewichtslosigkeit nicht völlig normal und verursachten zeitweilig ein unangenehmes Gefühl, besonders bei heftigen Kopfbewegungen. Diese Empfindung ließ jedoch nach, sobald der Raumfahrer den Kopf nicht mehr plötzlich bewegte, und ging nach dem Schlaf in bedeutendem Maße zurück. Spätere Untersuchungen werden klarstellen, ob diese Erscheinung auf eine individuelle Überempfindlichkeit zurückzuführen ist. Die Arbeitsfähigkeit des Kosmonauten wurde jedoch dadurch nicht beeinflußt.

Das Raumschiff Wostok 2 enthielt ebenso wie sein Vorgänger Vorräte an Lebensmitteln, Wasser, Sauerstoff und Energie, die für eine Flugdauer von zehn Tagen gereicht hätten. Im Falle einer Störung konnte das Raumschiff zu jedem beliebigen Zeitpunkt zur Erde zurückkehren, und der Landungsvorgang konnte sowohl vom Piloten als auch von Automaten gesteuert werden. Selbst bei einem Versagen des Bremstriebwerkes wäre die Rückkehr zur Erde gewährleistet gewesen. In diesem Falle hätte man den Widerstand der dünnen Luftschichten zur Abbremsung ausgenutzt.

Raumschiff, Kabine, Pilotensessel und Raumanzug enthielten außerdem eine Vielzahl von Einrichtungen, die dem Kosmonauten ein Höchstmaß an Sicherheit boten.

German Titow verabschiedet sich auf dem Flugplatz Schönefeld nach seinem Besuch in der DDR. Herzlicher Händedruck zwischen dem Vorsitzenden des Staatsrates der DDR Walter Ulbricht und German Titow. Dahinter v. l. Lotte Ulbricht und Tamara Titowa, v. r. der Botschafter der UdSSR Perwuchin und Marschall Konew.

Titow konnte jederzeit in die Arbeit der zahlreichen automatischen Systeme eingreifen und zum Beispiel Temperatur, Feuchtigkeit und chemische Zusammensetzung der Kabinenluft verändern. Im Notfall bot ihm der Raumanzug die Möglichkeit, das Raumschiff auch dann zu steuern, wenn ein Leck in der Kabinenwand entstanden wäre. Sogar für eine eventuelle Landung im Wasser waren Schutzmaßnahmen getroffen. Der Raumanzug war nicht nur luftdicht, sondern auch schwimmfähig. Er hätte den Piloten selbst bei einem zwölfstündigen Aufenthalt in Eiswasser befriedigend vor der Kälte geschützt. Das Raumschiff enthielt ferner ein Schlauchboot, das bei der Berührung mit dem Wasser automatisch aufgeblasen wird.

Der Pilotensessel war mehr als nur ein „Konturbett". In ihm waren ein Vorrat an Sauerstoff, Lebensmitteln und Ausrüstungsgegenständen sowie Funkanlagen untergebracht, die der Pilot bei einem Unfall oder einer Notlandung hätte benutzen können. Die Einrichtungen des Sessels erlaubten es dem Piloten, sich während des Startes oder vor der Landung gefahrlos vom Raumschiff zu trennen und am Fallschirm zu landen.

Der Raumflug des Fliegermajors Titow galt in erster Linie bereits dem Studium jener medizinisch-biologischen Probleme, die bei langen Raumreisen auftreten, und läßt uns deutlich den qualitativen Fortschritt erkennen, den die sowjetische Raumfahrtforschung mit dem Einsatz der Raumschiffe vom Typ Wostok erzielte.

Künftige Reisen zum Mond oder zu den Nachbarplaneten werden viele Tage oder Monate dauern. Vorher müssen folgende Fragen geklärt sein: Wie wird der menschliche Organismus reagieren, wenn er den Bedingungen des kosmischen Fluges lange Zeit ausgesetzt ist? Wie wird der Mensch seine Arbeitsfähigkeit auch während eines langen Raumfluges beibehalten? Wird er nach einem langen Aufenthalt im kosmischen Raum gesund zur Erde zurückkehren können?

Verbindliche Antwort auf diese Fragen kann nur die Praxis geben. Das bedeutet jedoch nicht, daß dazu weite interplanetare Flüge erforderlich wären. Vielmehr können nahezu alle wesentlichen Bedingungen selbst einer monatelangen Reise zu den Bereichen unserer Nachbarplaneten völlig naturgetreu „simuliert" werden, ohne daß der Mensch den Einflußbereich der Erdanziehung zu verlassen braucht. Raumschiffe in Satellitenbahnen bieten den Medizinern, Biologen und Konstrukteuren die Möglichkeit, die Probleme langer kosmischer Reisen schon vorher gründlich zu studieren.

Allerdings gibt es noch einige Unterschiede. Fliegt ein Satellit durch den Erdschatten, so ist für ihn „Nacht". Die Sonnenbatterien fallen vorübergehend als Stromquellen aus, und gleichzeitig unterbleibt auch die Wärmeaufnahme. Bei einem interplanetaren Flug hingegen ändert sich die Stärke der einfallenden Sonnenstrahlung mit der Entfernung des Raumschiffes von der Sonne. Diese Unterschiede können jedoch durch konstruktive Maßnahmen ausgeglichen werden. Prinzipiell sind bei einem antriebslosen Flug in einer stabilen Satellitenbahn ober- bzw. unterhalb des Strahlungsgürtels der Erde die biologischen Merkmale eines interplanetaren Fluges vorhanden. Raumschiffe in Satellitenbahnen und später Raumstationen werden deshalb in steigendem Maße zur Vorbereitung interplanetarer Reisen und zum Training der Kosmonauten dienen. Dort finden die künftigen Sternfahrer alle Bedingungen, mit denen sie es in den Weiten des Alls zu tun haben werden und die sich auf der Erde nur zum Teil und nur unvollkommen nachahmen lassen, und dort können auch alle Geräte unter raumechten Bedingungen erprobt werden. Der Aufwand an Treibstoff ist geringer als bei Versuchen auf erdfernen Bahnen, und im Notfall können die Raumfahrer in kurzer Zeit wieder zur Erde zurückkehren.

Das sind jedoch nur einige der Perspektiven, die im Jahre 1961 durch die Flüge Gagarins und Titows an Realität gewannen.

Größere Raumschiffe werden folgen und auf den Bahnen der Sputniks und Luniks den Raum durchmessen. Ihre Piloten werden wie Gagarin und Titow das Vermächtnis des Vaters der Raumfahrt und seiner Schüler erfüllen, die die Träume der Menschen aus dem Dunkel der Phantasie in das Licht der Wissenschaften hoben, die Gedanken in die nüchterne Sprache mathematischer Formeln zwangen und dem Fluge des menschlichen Geistes die Schwingen schufen, die ihn zu den Sternen emportragen: Raumschiffe, stärker als Schwerkraft und Unbill des kosmischen Raumes.

Triebwerke der Zukunft

Die Diskussion künftiger Entwicklung gerade auf dem Gebiet der Astronautik ist um so schwieriger, je weiter sie in die Zukunft greift. Trotzdem haben wir in früheren Kapiteln den Versuch unternommen, auch solche Probleme zu erörtern, die heute noch der Zukunft angehören. Wir erläuterten Entwürfe, die in erster Linie von historischem Interesse sind und von denen man schon heute sagen darf, daß sie in der ursprünglichen Form sicher nicht realisiert werden können. Wir befaßten uns mit einigen Fragen, die mit den Projekten bemannter Raumschiffe, Raumstationen und interplanetarer Flüge in Zusammenhang stehen, und gingen sogar auf die Leck-

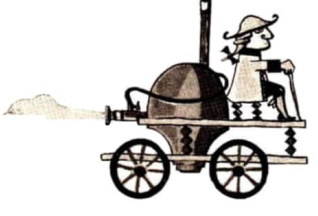
abdichtung bei Meteoreinschlägen und ähnliche heikle Probleme ein. Nicht genug damit – wir schreckten nicht einmal davor zurück, uns für die Ökosphären ferner Fixsterne zu interessieren. In gewisser Hinsicht war das ein Wagnis.

Um es klar und unmißverständlich zu sagen: Man kann über derartige Fragen nur diskutieren, wenn keiner der Gesprächspartner vergißt, daß allen Vorhersagen ein ungewöhnliches Maß an Unsicherheit zukommt, unsere Kenntnisse zur Zeit noch einen nur beschränkten Anspruch auf Vollständigkeit besitzen und die Erörterung von Einzelheiten, die erst in ferner Zukunft praktische Bedeutung gewinnen **können,** nur dann etwas mit Phantasterei gemein hat, wenn sie sich über die schon erkannten Gesetzmäßigkeiten in Natur und Gesellschaft hinwegsetzt.

Nach dieser notwendigen Vorbemerkung wollen wir nun den Versuch unternehmen, die Grundzüge einiger Antriebsverfahren zu skizzieren, die in der Zukunft vielleicht Anwendung finden könnten.

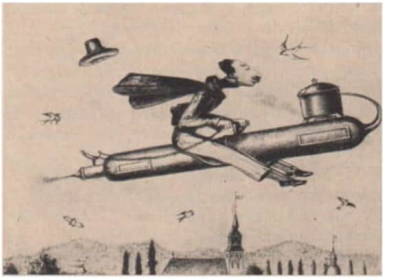
Es wird den Leser überraschen, am Anfang dieses Kapitels zwei Bilder aus der grauen Vorzeit der Astronautik zu erblicken. Das eine zeigt einen Rückstoßwagen, den vor 240 Jahren der „zeer edle Mynheer" Jacob Willem s'Gravesande entwarf. Dieser holländische Physiker wollte sein Fahrzeug mit ausströmendem Wasserdampf antreiben. Wer diesen historischen Vorschlag belächelt, möge sich vor Augen halten, daß er zu einer Zeit gemacht wurde, als gerade die ersten brauchbaren Vorläufer der Dampfmaschine von Newcomen in England gebaut wurden. Knapp 35 Jahre vorher formulierte Isaac Newton die wissenschaftliche Grundlage für einen Antrieb, mit dem heute der Weltraum erschlossen wird. Vor 120 Jahren wollte Charles Golightly auf die gleiche Art ein Flugzeug antreiben. Uns blieb von seinen Plänen nur eine ironisch gemeinte Zeichnung seiner Zeitgenossen, denen Golightlys Vorschlag als Ausgeburt einer zügellosen Phantasie erschien. Wer von ihnen konnte auch ahnen, daß heute Wasserdampfraketen entwickelt und erprobt werden? Das sind allerdings nicht die „Triebwerke der Zukunft", von denen wir gleich sprechen wollen, sondern Hilfsmittel, die den Start moderner Flugzeuge erleichtern sollen.

Im Prinzip ist eine Heißwasserrakete eine höchst einfache Sache. In einem Druckbehälter wird Wasser auf mehrere hundert Grad Celcius elektrisch erhitzt. Wird das Ventil geöffnet, so strömt das heiße Wasser aus dem Druckbehälter, verdampft dabei zum Teil, und mit einer Geschwindigkeit von 500 bis 600 m/s verläßt das



Rückstoßwagen des Holländers s'Gravesande

Golightlys Flugzeug
(zeitgenössische Karikatur)



Gemisch von Wasser und Wasserdampf die Düse. Das ist zwar nicht viel, reicht aber aus, um einen Startwagen und das auf ihm ruhende Flugzeug in einigen Sekunden bis auf die Startgeschwindigkeit des Flugzeuges zu beschleunigen. Eine solche Startrakete könnte beliebig oft verwendet werden, und ihre Betriebskosten sind gering.
Nur am Rande sei erwähnt, daß solche Starthilfsmittel zur Zeit hauptsächlich für militärische Zwecke in Frage kommen und daß die Bonner Regierung schon vor einigen Jahren die Heißwasserrakete durch das Stuttgarter Institut des Prof. Sänger untersuchen ließ... Hier soll jedoch nicht von den Triebkräften der Vergangenheit, sondern von den Triebwerken der Zukunft die Rede sein.
Zwischen den Entwürfen des zeer edlen Mynheers, des verspotteten Engländers und den heutigen Heißwasserraketen einerseits und den bekannten Flüssigkeits- und Feststoffraketen andererseits besteht ein prinzipieller Unterschied. Bei den chemischen Raketen liefert ein chemischer Vorgang – in den meisten Fällen eine Verbrennung – die Energie der ausströmenden Teilchen, und die Treibstoffe dienen gleichzeitig als Energiequelle und als „Arbeitsstoff". Darunter wollen wir jenen Stoff verstehen, der von dem Raketentriebwerk ausgeschleudert wird und den Rückstoß liefert.
Energiequelle und Arbeitsstoff – diese Doppelrolle der modernen Raketentreibstoffe und auch des Schwarzpulvers wird uns erst bewußt, wenn wir die historischen Vorschläge untersuchen. Zwar wird die Energie der ausströmenden Gasteilchen auch bei den Fahrzeugen Golightlys und s'Gravesandes durch einen chemischen Vorgang – Verbrennung von Holz – erzeugt. Doch sollte hier nicht der Energielieferant, sondern ein *anderer* Stoff – Wasser – aufgeheizt und abgeschleudert werden. Eben diese Aufspaltung der Doppelrolle ist typisch für die Triebwerke der Zukunft.
Wollte man nun eine Rakete bauen, die zur Energiegewinnung einen *chemischen* Vorgang benutzt, jedoch nicht die Verbrennungsprodukte, sondern einen besonderen Arbeitsstoff ausschleudert, so wäre das ein unzweckmäßiges Unterfangen. Die chemische Energie muß erst in Wärme umgewandelt werden, sodann muß die Wärmeenergie an den Arbeitsstoff abgegeben werden. Dadurch geht Energie verloren. Weiterhin wäre es schade um die Verbrennungsprodukte. Weil sie ihre

verwertbare Energie an den Arbeitsstoff übertragen haben, können sie nicht mehr zum Antrieb der Rakete dienen, sondern würden diese ohne weiteren Nutzen mit geringerer Geschwindigkeit verlassen. Ein derartiger Umweg würde mithin das Massenverhältnis hoffnungslos verschlechtern.

Bei der Heißwasserrakete stammt die Energie aus dem Elektrizitätswerk. Ein Heißwasserraumschiff wäre nur denkbar, wenn das Elektrizitätswerk sich im Raumschiff selbst befände. Für den Aufstieg einer Rakete mit einem Startgewicht von einigen hundert Tonnen wäre etwa die Leistung eines modernen Großkraftwerkes erforderlich. Es wäre natürlich unsinnig, bei den Gewichten solcher Industriegiganten ernsthaft an ein derartiges Raumschiff zu denken. Kraftwerke, die Kohle, Erdöl oder Erdgase verwenden, scheiden aus. Ein Kilogramm dieser Stoffe liefert nur ein paar Kilowattstunden Energie.

Am 27. Juli 1954 nahm in der Nähe von Moskau ein Kraftwerk neuer Art seinen Betrieb auf: das erste Atomkraftwerk der Erde. Aus einem Kilogramm spaltbaren Materials wird dort die millionenfache Energiemenge erzeugt.

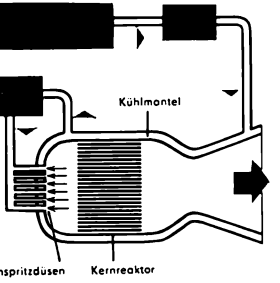
Was liegt näher als der Gedanke, die neue Energiequelle für den Antrieb von Raumfahrzeugen einzusetzen? – Ein Gedanke, der durchaus nicht neu ist!

„Wenn man den Zerfall von Radium oder anderen radioaktiven Stoffen, als welche wir ja wohl alle Körper zu betrachten haben, genügend zu beschleunigen vermag, könnte man mit diesem Zerfall bei im übrigen gleichen Bedingungen einem Rückstoßapparat eine Geschwindigkeit verleihen, mit der der nächste Fixstern in zehn bis vierzig Jahren zu erreichen wäre. Dann genügte ein Splitterchen Radium, um eine Rakete mit einem Gewicht von einer Tonne aus allen Bindungen des Sonnensystems herauszureißen." Vor fünfzig Jahren schrieb Ziolkowski diese revolutionären Sätze. Revolutionär und überaus optimistisch – denn noch vor 25 Jahren meinte der hervorragende englische Wissenschaftler Ernest Rutherford, ein Experte auf diesem Forschungsgebiet, die Verwendbarkeit der Atomenergie wäre utopisch, und man könnte sie vielleicht in hundert Jahren verwirklichen. Doch neun Jahre später explodierte die erste Atombombe, und abermals neun Jahre darauf lieferte das erste Atomkraftwerk elektrischen Strom.

Nun ist dieses Atomkraftwerk immer noch viel größer als ein Wohnhaus, während seine Leistung noch nicht einmal die einer kleinen Forschungsrakete erreicht. Schon die ersten großen Flüssigkeitsraketen erzeugten etwa das Hundertfache der Leistung

Vor über zweitausend Jahren erfand Heron von Alexandrien die Aeolypile, die erste Wasserdampfrakete

Schema der thermischen Atomrakete



des Atomkraftwerkes. Wie sollte es da möglich sein, mit der Energie, die der einer sehr kleinen Rakete entspricht, ein ganzes Atomkraftwerk in die Luft zu heben?
Andererseits muß man jedoch bedenken, daß Flüssigkeitsraketen zwar hundertmal (und mehr) so viel leisten können wie das erste Atomkraftwerk, dafür aber ungefähr die hundertmillionenfache Menge an Treibstoff verbrauchen. Dieser grobe Zahlenwert läßt erkennen, wie sehr eine durch Atomkraft getriebene Rakete den heutigen chemischen Raketen überlegen sein könnte, wenn ...
Aber da gibt es eine ganze Reihe von Einwänden. Atomkraftwerke sind zu schwer, außerdem müßten die Raumfahrer durch meterdicke Betonwände vor der tödlichen Wirkung der Atomstrahlen geschützt werden. Und wie soll man es anfangen, mit Hilfe der Atomenergie einen möglichst wirksamen Rückstoß zu erzeugen? Außer dem schweren Kernreaktor müßte eine Atomrakete noch genügende Mengen von Arbeitsstoff enthalten, und der Aufwand wäre nur dann gerechtfertigt, wenn sich höhere Ausströmgeschwindigkeiten als bei chemischen Raketen erreichen ließen. Das enorme Leergewicht einer Atomrakete würde sonst einen dicken Strich durch die Rechnung machen.
Nun sind aber gerade die Raumfahrtforscher an „dicke Striche" gewöhnt. Außerdem sagen sie sich mit Recht: Wir stehen erst am Anfang der Atomtechnik, vielleicht dort, wo Newcomen mit seinem Dampfmaschinenembryo stand, als sich die Menschheit anschickte, das Feuer zu zähmen. Mit dem Unterschied, daß wir heute die Perspektiven klarer sehen ...
Auf den Skizzenblöcken der Wissenschaftler zeichnen sich die Umrisse der neuen Triebwerke ab, und mit einem abschreckenden Aufwand an Mathematik rücken sie den „dicken Strichen" zu Leibe. Wir wollen nicht durch den Stacheldraht der Formeln kriechen, sondern nur einige kurze Blicke auf die wichtigsten der Skizzen werfen.
Da wäre als erstes Triebwerk die thermische Atomrakete. „Atomrakete" ist ein Wort für zwei verschiedene Begriffe. Hier meinen wir damit nicht die Atomraketen der modernen Waffentechnik, die aus einem Atomsprengkopf und einem „klassischen" Raketenantrieb bestehen, sondern Raketentriebwerke, die als Energiequelle für den Antrieb die Atomkraft benutzen.
Im Prinzip ähnelt die thermische Atomrakete dem Dampfwagen des Mynheer

s'Gravesande. Ein Arbeitsstoff, z. B. Wasser, Wasserstoff, Helium, Ammoniak oder ein Kohlenwasserstoff, wird durch einen Atomreaktor geleitet und stark erhitzt. Der auf 2000 bis 3000 °C aufgeheizte Arbeitsstoff tritt mit einer Geschwindigkeit von 5000 bis 10 000 m/s aus der Düse. Solche Temperaturen sind selbstverständlich sehr problematisch. Gelänge es gar, den Arbeitsstoff auf 10 000 °C zu erhitzen, so wären sogar rund 20 000 m/s Gasgeschwindigkeit nicht ausgeschlossen.

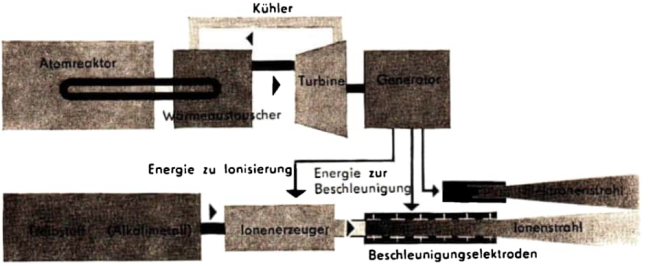
Zur Zeit dürfte die thermische Atomrakete etwa jenes Entwicklungsstadium erreicht haben, in dem sich die Flüssigkeitsrakete vor 35 Jahren befand. Selbstverständlich können auch die kleinsten thermischen Atomraketen nicht mehr so zusammengebastelt werden, wie es mit den ersten Flüssigkeitsraketen geschah. Ungleich schwieriger und vielfältiger sind die Probleme, die es zu lösen gilt. Das technische Ziel ist klar: Verminderung des Reaktorgewichts, Erhöhung der Arbeitstemperatur, Verbesserung des Wärmeüberganges und Beseitigung der Strahlungsgefahr. Nach unseren bisherigen Erfahrungen bleibt nur zu wünschen, daß auch über den Verwendungszweck der thermischen Atomrakete dieselbe Klarheit besteht: Verwendung ausschließlich zur friedlichen Erschließung des Weltraumes. Auch aus diesem Grunde wäre ein internationales Abkommen über die friedlichen Aufgaben der Raumfahrt zu fordern.

Im Augenblick ist es noch ungewiß, wieweit sich die Arbeitstemperatur und damit die Ausströmgeschwindigkeit erhöhen lassen. Den Reaktorwänden darf nicht zuviel zugemutet werden. Dieses Problem kann jedoch auch auf andere Art gelöst werden. Das Skizzenblatt, das eine mögliche Lösung zeigt, ist schon vergilbt. Vor mehr als dreißig Jahren versuchte der sowjetische Forscher W. P. Gluschko, hohe Gasgeschwindigkeiten durch eine Art elektrischer Explosionen zu erzielen. Er konstruierte ein Triebwerk, bei dem verschiedene Metalle und elektrisch leitende Flüssigkeiten als Arbeitsstoff verwendet wurden. In der „Brennkammer" wurden diese Stoffe in Form von dünnen Metalldrähten oder Flüssigkeitsstrahlen durch aufeinanderfolgende elektrische Entladungen zur Explosion gebracht, genauer gesagt, sie wurden auf mehrere zehntausend Grad erhitzt. Mit ungeheuerer Geschwindigkeit strömten die Explosionsprodukte aus der Düse des Triebwerkes aus.

Die praktischen Versuche im Jahre 1928 ergaben Ausströmgeschwindigkeiten von einigen Dutzend Kilometern in der Sekunde – so berichtet A. G. Karpenko, wissenschaftlicher Sekretär der Kommission für Weltraumflüge bei der Akademie der Wissenschaften der UdSSR. Die elektrische Energie wurde nicht im Triebwerk selbst erzeugt. Gegenwärtig wird die von Gluschko ausgearbeitete Methode in verschiedenen Laboratorien weiterentwickelt. Eine Variante besteht darin, den Arbeitsstoff durch starke elektrische Lichtbogen aufzuheizen.

Unser nächstes Skizzenblatt stammt aus dem Jahre 1911. Damals wies Ziolkowski darauf hin, daß es möglich ist, elektrisch geladene Teilchen, Elektronen und Ionen, in einem elektrischen Feld auf ungeheure Geschwindigkeiten zu beschleunigen und mit ihnen einen nutzbaren Rückstoß zu erzeugen. Dieser Vorschlag des Vaters der Raumfahrt wurde von anderen Pionieren der Raumfahrt erneuert und ausgebaut.

Wir wollen uns nun etwas näher mit der elektrischen Ionenrakete befassen, die unter Umständen bei Planetenexpeditionen eine große Rolle spielen kann. Ein elektrisches Triebwerk hat eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Radioröhre. Diese enthält zwei elektrische Leiter, Elektroden, zwischen denen eine elektrische Spannung



Ionentriebwerk, Energiequelle: Atomreaktor

besteht, durch die ein elektrisches Feld erzeugt wird. Aus der negativ geladenen Elektrode, der Katode, einem glühenden Draht, treten elektrisch negativ geladene Teilchen, die Elektronen, aus und fliegen mit wachsender Geschwindigkeit zur Anode, der positiv geladenen Elektrode. Das elektrische Feld übt auf die geladenen Teilchen eine ähnliche Kraftwirkung aus wie das Erdschwerefeld auf einen geworfenen Stein. Bildet man die Anode ringförmig aus, so fliegt ein großer Teil der Elektronen durch die Öffnung hindurch weiter – bei einem elektrischen Triebwerk hinaus in den Weltraum. Auf diese Weise entsteht ebenso wie bei den klassischen Raketen ein Rückstoß.

Allerdings ist er sehr klein, denn die Elektronen besitzen eine recht geringe Masse, $^1/_{1838}$, der eines Wasserstoffatoms. Für unseren Zweck eignen sich deshalb besser Teilchen mit größerer Masse, die aber ebenfalls elektrisch geladen sein müssen, wenn sie durch ein elektrisches Feld beschleunigt werden sollen. Solche elektrisch geladenen Atome, die Ionen, entstehen zum Beispiel, wenn Metalle verdampfen und in einem elektrischen Feld ein Elektron oder auch mehrere aus ihrer Elektronenhülle verlieren. Sie werden dann durch das elektrische Feld ebenfalls beschleunigt.

Besonders leicht geschieht das bei Metallen aus der Alkalireihe: Lithium, Natrium, Kalium, Rubidium und Zäsium. Diese Metalle kommen als Arbeitsstoffe für ein Ionentriebwerk in Frage. Ihre Ionen werden mit Hilfe eines Spannungsgefälles von 5000 bis 10 000 Volt beschleunigt und treten mit großer Geschwindigkeit aus dem Triebwerk aus. Man erwartet Ionengeschwindigkeiten bis 100 000 m/s und noch darüber. Das ist etwa das Vierzigfache dessen, was sich mit chemischen Raketen gegenwärtig erreichen läßt. Wir brauchen unseren Lesern nicht mehr zu sagen, was eine derartige Ausströmgeschwindigkeit für die Atronautik in der Zukunft bedeutet.

Es genügt jedoch nicht, nur die Ionen abzustrahlen. Auch die Elektronen, die aus der Elektronenhülle der Metallatome entfernt wurden, müssen durch eine Glühkatode ausgeschleudert werden. Beide Arten der elektrisch geladenen Teilchen vereinigten sich kurz nach Verlassen des Triebwerkes wieder zu einer Wolke von neutralen Metallatomen. Das hochgradige Vakuum des Weltraumes begünstigt die Verwendung hoher Spannungen. Im Gegensatz zu den chemischen Raketen und den

thermischen Atomraketen gibt es bei Ionenraketen keine besonderen Kühlungsschwierigkeiten.
Ein Nachteil ist jedoch diesem aussichtsreichen Triebwerk eigen: Es entwickelt nur einen geringen Schub, weil stets nur eine begrenzte Menge Metalldampf ionisiert und abgestrahlt werden kann. Man rechnet mit einer Schubkraft von 5 bis 50 kp bei Ionenraketen von 50 bis 500 Tonnen Startgewicht. Natürlich kann sich eine solche Rakete niemals allein vom Erdboden erheben.
Der eigentliche Bereich der Ionenrakete beginnt deshalb jenseits der Kreisbahn, dort also, wo auch ein geringer Schub ausreicht, die Geschwindigkeit eines Raumfahrzeuges zu steigern, ohne daß es wieder auf die Erde fällt. Das erkannte schon Ziolkowski. „Von hier aus kann man dann schon mit Leichtigkeit jeden Geschwindigkeitszuwachs für die weitere Raumreise erzielen. Dazu genügt die Sonnenenergie, die das Raumschiff umgibt. Dazu bedarf es keiner gigantischen Energien, und man kann sich den winzigen Druck des Lichtes oder positiver oder negativer elektrischer Teilchen zunutze machen."
Bei einem Raumflug ab Umlaufbahn genügen schon recht geringe Beschleunigungen. Ob nun ein Raumschiff in 40 Sekunden mit 100 m/s² oder in 4 000 000 Sekunden mit 0,001 m/s² beschleunigt wird – in jedem Falle erhält es einen Geschwindigkeitszuwachs von 4000 m/s. Das würde für einen interplanetaren Flug genügen. Die 4 Millionen Sekunden brauchen uns nicht zu schrecken. Eine Ionenrakete könnte wegen ihrer hohen Ausströmgeschwindigkeit und wegen ihres geringen Massenverbrauches auch länger als 47 Tage ununterbrochen arbeiten. Die bisherigen Untersuchungen berechtigen zu der Hoffnung, daß mit Ionenraketen alle Bereiche unseres Sonnensystems zugänglich werden. Man rechnet mit Triebwerken, die während der gesamten Reise arbeiten – zuerst beschleunigend, sodann bremsend. Für den Verkehr zwischen Umlaufbahn und Planetenoberfläche müßten jedoch stets Hilfsraketen mit klassischem Antrieb benutzt werden.
Jede elektrische Ionenrakete besteht aus dem Behälter mit Arbeitsstoff, der Ionenquelle und dem Beschleuniger, weiterhin aus einer Energiequelle, die den elektrischen Strom zum Betrieb des elektrischen Beschleunigers liefert. Dazu ließe sich ein Atomreaktor verwenden, in den sonnennahen Bereichen unseres Planetensystems aber auch eine großflächige Sonnenbatterie.
Jetzt, da die reale Möglichkeit besteht, mit den klassischen Raketen eine Umlaufbahn um die Erde zu erreichen und von hier aus zu einer Expedition in den interplanetaren Raum aufzubrechen, rückt die Ionenrakete erneut in den Blickpunkt der Raumfahrtforschung. Man hofft, mit Ionenraketen die Kosten einer interplanetaren Expedition auf etwa $^1/_{10}$ senken zu können. Den schwierigsten Teil eines solchen Unternehmens dürfte der Transport des tonnenschweren Atomreaktors und der anderen Teile einer Ionenrakete in die Umlaufbahn darstellen.
Ionentriebwerke könnten vielleicht auch dazu dienen, den allmählichen Geschwindigkeitsverlust auszugleichen, den ein großer Dauersatellit oder eine Raumstation in einer Bahn unterhalb des inneren Strahlungsgürtels erleiden müßte. Hierzu sind nur geringe Schubkräfte notwendig. Ein Ionentriebwerk wäre auch hier durch seinen außerordentlich geringen Treibstoffverbrauch den chemischen Raketentriebwerken überlegen. Vermutlich könnte der Vorschlag, Ionentriebwerke zuerst in großen Dauersatelliten praktisch zu erproben, früher verwirklicht werden als die Pläne,

Fahrten zu unseren Nachbarplaneten mit Hilfe des neuen Antriebsverfahrens durchzuführen.
Einen vergleichenden Überblick über die chemischen Raketen, die thermischen Atomraketen und die elektrischen Ionenraketen gibt uns die Tabelle. Die Angaben zu den letzten beiden Triebwerksarten sind mit Vorsicht zu betrachten, denn es liegt nahe,

	Chemische Raketen	Thermische Atomraketen	Elektrische Ionenraketen
Energiequelle	chemische Energie, insbesondere Verbrennungsenergie	Kernenergie	Kernenergie (vielleicht auch Sonnenenergie)
Brennstoffverbrauch	sehr groß	gering	gering (bzw. Null)
Arbeitsstoffverbrauch		groß	gering
Arbeitsdauer des Triebwerkes	sehr kurz	kurz	sehr lang
Schubkraft	groß	groß	klein
Gewicht des Triebwerkes	mäßig	hoch	hoch
Ausströmgeschwindigkeit	2–4 km/s	5–10 km/s	80–120 km/s, vielleicht auch mehr
Erreichbare Endgeschwindigkeit	15–18 km/s	20–30 km/s	15–150 km/s, vielleicht auch mehr
Einsatzbereich	Luftraum und Weltraum	Weltraum, vielleicht auch Luftraum	nur Weltraum zwischen Umlaufbahnen
Entwicklungsstand	im Einsatz	erste grundsätzliche Versuche	theoretische Vorarbeiten, erste Vorversuche

daß die Fortschritte auf den verschiedensten Gebieten der Wissenschaft recht bald unsere Schätzungen über den Haufen werfen. „... die Zeiträume schmelzen zusammen."
Über dem nächsten Skizzenblatt steht der Name „Reine Atomrakete" und die wissenschaftliche Bezeichnung „Adiabatische Atomrakete". Adiabatische Vorgänge laufen ohne einen Wärmeaustausch mit der Umgebung ab. Eine adiabatisch arbeitende Rakete wäre mithin eine Rakete, bei der die Produkte der Reaktion direkt abgestrahlt werden und der Brennstoff gleichzeitig Arbeitsstoff ist. Es wäre hierzu notwendig, einen Reaktor zu bauen, bei dem Reaktionsprodukte mit hoher Geschwindigkeit austreten können, und zwar in **einer** Richtung. Vielleicht gelingt das mit flüssigen oder gasförmigen Kernbrennstoffen.
Mit chemischen Treibstoffen erreicht man eine Energieausbeute von zwei bis drei Kilowattstunden je Kilogramm Gemisch. Seit dem Jahre 1953 wissen wir, daß es praktisch möglich ist, je Kilogramm Masse etwa 100 000 000 Kilowattstunden Energie

zu erzeugen. Die thermonukleare Reaktion einer Wasserstoffbombe kann jedoch in dieser Form nicht zum Antrieb von Raumfahrzeugen verwendet werden. Vielmehr kommt es jetzt darauf an, diese Reaktion zu bändigen. Erst die gelenkte thermonukleare Reaktion ließe eine Nutzung für astronautische Zwecke zu.

In beiden Fällen handelt es sich um denselben Vorgang, die Verschmelzung leichter Atomkerne zu schwereren, zum Beispiel die Bildung von Helium aus schwerem Wasserstoff. Dabei wird eine ungeheure Energiemenge frei. Bevor jedoch die Kernverschmelzung vor sich gehen kann, sind Temperaturen von etwa zehn bis hundert Millionen Grad Celsius erforderlich. Bei einer Explosion der Wasserstoffbombe wird diese „Zündungstemperatur" durch die Explosion einer „gewöhnlichen" Atombombe erzeugt, allerdings nur für eine sehr kurze Zeit, etwa eine millionstel Sekunde, weil dann die gesamte Ladung auseinanderfliegt.

Bekanntlich läuft der Kernverschmelzungsprozeß unserer Sonne ohne ein derartiges „Auseinanderfliegen" ab. Das verhindert die Gravitation der Sonne. Eine ähnliche thermonukleare Sonne, bei der derselbe Vorgang ruhig und gelenkt abläuft, gilt es herzustellen. Doch wie soll man auf der Erde diesen Vorgang bändigen?

Gegenüber einer solchen Aufgabe versagen selbstverständlich alle gewöhnlichen technischen Hilfsmittel. Jeder Behälter, und sei er aus den feuerfestesten Stoffen gefertigt, würde augenblicklich verdampfen. Neue technische Mittel müssen geschaffen werden. An die Stelle von feuerfesten Wandbaustoffen sollen Wände treten, die nicht schmelzen und verdampfen können. Die Bemühungen der Wissenschaftler sind darauf gerichtet, die thermonukleare Sonne in gewaltige elektromagnetische Felder einzuschließen, die damit die Rolle von Wänden übernehmen.

Die Forschungen auf diesem Gebiete dienen dem gesellschaftlichen Bedürfnis, endgültig allen Energiesorgen der Menschheit ein Ende zu bereiten. Durch die Untersuchungen Albert Einsteins wissen wir, daß zwischen der Energie und der Masse die Beziehung besteht: $E = m \cdot c^2$. Diese grundlegende Beziehung drückt die Tatsache aus, daß jeder Veränderung der Masse eine bestimmte Veränderung der Energie entspricht. Gelänge es, ein Kilogramm stofflicher Materie vollständig in Strahlungsmaterie umzusetzen, so würde eine Energiemenge von rund 25 Milliarden Kilowattstunden zur Verfügung stehen.

Die energiereichsten chemischen Vorgänge liefern nur etwa 0,000 000 01 % dieser Energiemenge. In den Atomreaktoren gelingt die Umwandlung von stofflicher Materie in Strahlungsmaterie mit einer Energieausbeute von 0,07%, das ist das Siebenmillionenfache der Energieausbeute bei den ergiebigsten chemischen Vorgängen, zum Beispiel bei der Verbrennung hochwertiger chemischer Raketentreibstoffe. Noch höher liegt die Energieausbeute bei den thermonuklearen Reaktionen, die auf unserer Erde bis jetzt nur in den Wasserstoffbomben praktisch „nutzbar" verwirklicht werden konnten. Hier liegt die Energieausbeute bei etwa 0,5%. Die Rohstoffe für thermonukleare Vorgänge stehen in unbegrenzter Menge zur Verfügung. Ihre technische Beherrschung käme einem gewaltigen Sprunge auf dem Wege gleich, der mit dem Bau von Kernspaltungsreaktoren beschritten wurde.

In der Sowjetunion werden in zahlreichen wissenschaftlichen Forschungsinstituten und Konstruktionsbüros in Moskau, Leningrad, in der Ukraine und in Grusinien Untersuchungen über gelenkte thermonukleare Reaktionen durchgeführt. Diese Arbeiten stützen sich auf Erfahrungen, die bereits seit 13 Jahren im Moskauer Institut

für Atomenergie der Akademie der Wissenschaften gesammelt wurden. Große und komplizierte Anlagen im Werte von Dutzenden Millionen Rubeln wurden erbaut, die dem Studium der gelenkten thermonuklearen Reaktion für friedliche Zwecke dienen. Die sowjetischen Wissenschaftler, Ingenieure und Techniker erhielten auf dem XXI. Parteitag der KPdSU die Aufgabe gestellt, die Grundlagen für die Beherrschung der neuen Energiequelle zu schaffen. Die sowjetischen Gelehrten brachten ihre Überzeugung zum Ausdruck, auch diese Aufgabe erfolgreich zu lösen.

Damit wäre es grundsätzlich auch möglich, die Raumfahrt auf eine höhere Stufe zu heben. Ausströmgeschwindigkeiten von 100 000 m/s und mehr wären dann ohne weiteres erreichbar. Durch eine Art magnetische Düse würden die Teilchen aus der durch Magnetfelder begrenzten „Brennkammer" austreten. Wir müssen es uns versagen, die zahlreichen Probleme zu diskutieren, die mit der Nutzung thermonuklearer Reaktionen in unlösbarem Zusammenhang stehen.

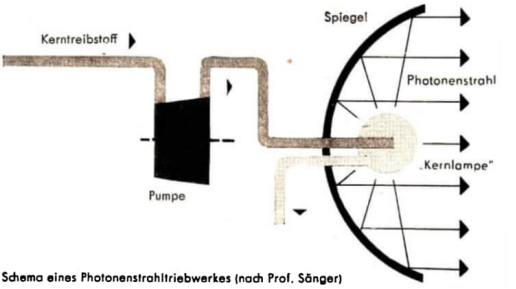
Während diese Art der „Atomrakete" schon mehr ist als nur eine theoretische Konstruktion auf dem Papier, liegt die technische Lösung einer anderen Antriebsart noch im Nebel der Zukunft verborgen. Wenn wir im folgenden etwas auf diese Möglichkeit eingehen, so wollen wir uns doch stets bewußt bleiben, daß hier mehr als bei allen bis jetzt erwähnten Antriebsverfahren eine wissenschaftliche und technische Entwicklung betrachtet wird, die noch in weiter Ferne liegt. Das bedingt eine erhebliche Unsicherheit, und man tut gut, unser nächstes Skizzenblatt ohne voreilige Hoffnungen zu betrachten.

Wir wissen, welche Bedeutung der Ausströmgeschwindigkeit zukommt. Je höher sie ist, um so größere Geschwindigkeiten lassen sich erreichen, oder aber um so geringer ist der Treibstoffbedarf. Das sagt uns bereits die Ziolkowskische Gleichung.

Deshalb liegt der Gedanke nahe, die Teilchen des Antriebsstrahles mit möglichst hoher Geschwindigkeit austreten zu lassen. Doch darf man keineswegs hoffen, die Ausströmgeschwindigkeit über alle Grenzen steigern zu können. Zu den grundlegenden Erkenntnissen der modernen Physik gehört die Entdeckung der Tatsache, daß es keine unbegrenzt großen Teilchengeschwindigkeiten gibt, sondern nur solche, die kleiner sind als die Lichtgeschwindigkeit. Lediglich die Lichtteilchen selbst, Photonen genannt, fliegen mit der Grenzgeschwindigkeit von rund 300 000 km/s, der Lichtgeschwindigkeit. Gelänge es, eine Rakete zu bauen, deren Antriebsstrahl aus Lichtteilchen besteht, so wäre damit die Steigerung der Ausströmgeschwindigkeit bis zum Äußersten vorangetrieben.

Nun kennen wir eine ganze Reihe von Geräten, aus denen Lichtteilchen mit der Grenzgeschwindigkeit austreten. Jede unserer Lichtquellen gehört dazu. Eine Taschenlampe wäre sozusagen das Modell einer Photonenrakete, denn sie bündelt die Lichtteilchen und strahlt sie in einer Richtung ab. Nun wird jedoch niemand den Versuch machen, mit einer Taschenlampe ein Fahrzeug anzutreiben. Niemand hat auch nur im geringsten den Schub einer Taschenlampenrakete messen können. Ist das Licht überhaupt einer Wirkung fähig?

Der Mathematiker Euler vermutete 1746, das Licht könne auf die Körper einen Druck ausüben, und Maxwell berechnete 1873 die Größe der Druckwirkung. Doch ergaben sich sehr kleine Werte, und es erschien fast ausgeschlossen, sie mit den bekannten Hilfsmitteln praktisch nachzuweisen. Viele Physiker bezweifelten, daß die



Schema eines Photonenstrahltriebwerkes (nach Prof. Sänger)

Maxwellschen Berechnungen richtig seien. Dem russischen Physiker Peter Nikolajewitsch Lebedew gelang es jedoch im letzten Jahre des vorigen Jahrhunderts, den Druck des Lichtes auf feste Körper zu messen. Er fand ihn genau so groß – oder besser so klein –, wie ihn Maxwell errechnet hatte. Der Druck des Sonnenlichtes war gerade ausreichend, um den überaus feinen Bärlappsamen aus seiner Fallrichtung abzulenken.

Das Licht der Sonne drückt mit einer Kraft von 0,0005 bis 0,001 Pond auf eine Fläche von einem Quadratmeter, je nachdem, ob sie das Licht verschluckt oder zurückwirft. Das ist außerordentlich wenig.

Wollte man ein Raumfahrzeug mit Lichtteilchen antreiben, so brauchte man deshalb Scheinwerfer von erheblich stärkerer Lichtintensität, als sie mit chemischen Reaktionen erreichbar ist. Offenbar genügen nicht einmal die bekannten Kernreaktionen für diesen Zweck. Trotzdem überlegen die Wissenschaftler bereits, welche Möglichkeiten sich ergeben, wenn es gelänge, die Energieausbeute über die Werte von 0,007% bzw. 0,5% hinaus zu steigern.

Ein hypothetisches Schema für ein Photonentriebwerk stammt von Prof. Sänger. Als Strahlungsquelle soll eine „Kernlampe" dienen, die viele millionenmal mehr Licht aussendet als alle bekannten Lichtquellen. Sie müßte so im Brennpunkt eines Hohlspiegels angebracht werden, daß die Lichtstrahlen von ihm zurückgeworfen und in die gewünschte Richtung gelenkt werden.

Das klingt sehr einfach. Bevor jedoch eine derartige überdimensionale Taschenlampe gebaut werden kann, die ein Raumfahrzeug treiben könnte, muß eine ganze Reihe von Problemen gelöst werden. Nach Sänger erfordert ein Strahlungsdruck von einer Atmospäre (1 kp/cm²) eine Strahlungsquelle von über 150 000 °C. Wird die Lichtquelle in einem Behälter aus festen Wänden eingeschlossen, so bedarf es dazu Behälterwände aus einem Stoff, der für Lichtstrahlung hervorragend durchlässig ist. Die vorhandenen Stoffe (Glas, durchsichtige Kunststoffe) genügen bei weitem nicht. Sie würden sich in ganz kurzer Zeit unzulässig erwärmen und verdampfen.

Ebenso müßte der Hohlspiegel aus einem Stoff von ganz ungewöhnlichen optischen Eigenschaften gefertigt sein und die Lichtteilchen nahezu vollständig zurückwerfen.

Auch die besten der vorhandenen Spiegel erfüllen nicht im mindesten diese Bedingung, denn sie verschlucken immer noch 1 bis 2% des auftreffenden Lichtes. Dadurch würden sie augenblicklich zerstört werden.
Das sind nur zwei der Probleme des Photonenantriebes. Ihre Lösung erfordert ganz neuartige naturwissenschaftliche Erkenntnisse. Wir dürfen deshalb vermuten, daß die vorher erwähnten Triebwerke der Zukunft sehr viel früher realisiert werden können als die Photonenrakete. Sicher wird es leichter sein, über diese Fragen zu sprechen, wenn das Problem der gelenkten thermonuklearen Reaktion gelöst ist.
Dem Antriebsstrahl der Photonenrakete käme übrigens eine Eigenschaft zu, die es verbieten wird, diesen Antrieb in der Nähe von Himmelskörpern einzusetzen. Prof. Sänger rechnete aus, daß der Strahlungskegel einer 100-Tonnen-Lichtdruckrakete noch in einer Entfernung von 5000 km die gleiche Bestrahlungsintensität wie unsere Sonne liefert. Auf 1000 km Entfernung würden Wälder, Felder und Siedlungen auf einer Fläche von 8000 km² durch die Wirkung der Strahlen in Flammen aufgehen. Ein Lebewesen müßte in 500 km Abstand fast augenblicklich sterben, wenn es von dem Lichtkegel erfaßt wird. Auf 50 km Entfernung bringt der gleiche Lichtstrahl in wenigen Sekunden Metallplatten zum Schmelzen, und noch in 10 km Abstand würden sogar die besten Silberspiegel in kurzer Zeit über den Schmelzpunkt hinaus erhitzt werden.
Diese Zahlen zeigen einerseits die technischen Schwierigkeiten beim Bau einer Photonenrakete, deren Baustoffe ja gegen alle diese Wirkungen gefeit sein müßten. Andererseits lassen sie erkennen, daß ein solches Fahrzeug niemals direkt von der Erdoberfläche aus starten dürfte, ebenso nicht auf einem Himmelskörper mit Bremsung durch die Triebwerke landen könnte. Augenblicklich würde sich der Boden unter dem Raumschiff in einen brodelnden Lavasee verwandeln. Das schränkt natürlich den Anwendungsbereich der Photonenrakete ein. Man müßte zudem auch mit Auswirkungen auf meteorologische und klimatische Vorgänge rechnen.
Das sind Wirkungen, von denen Eugen Sänger einmal sagte, sie entgingen sicher nicht der Aufmerksamkeit mancher Kriegsministerien. Tatsächlich erhielt Sänger wenige Jahre später von nicht genannten amerikanischen Organisationen einen Forschungsauftrag, durch den die theoretischen Grundlagen für den militärischen Mißbrauch von Photonenstrahltriebwerken für Vernichtungszwecke geschaffen werden sollten.
„Waffenstrahlen" nennt Sänger die neue „Wunderwaffe", und er untersucht eingehend ihren Einsatz und ihre Wirkung. Er meint, sie sei nun endgültig die „letzte Waffe." Mit dem gleichen Schlagwort wurde bis vor kurzem noch die interkontinentale Rakete bezeichnet. Ihre Existenz soll – nach Sänger – zur „totalen Befriedung" führen und das Gespenst des Krieges für immer vertreiben.
Wir wissen aber, daß Kriege ihre Ursachen nicht in der Existenz von Waffen haben, sondern in der Habsucht und Raubgier der aggressiven Kräfte der Ausbeuterklassen. Wenn es gelingt, diese Kräfte zu zügeln und eine kontrollierte Abrüstung durchzuführen, wird sich die Kriegsgefahr vermindern. Mit dem Ende der Klassenherrschaft überhaupt wird auch das Ende aller Kriegsgefahr gekommen sein.

In diesem Kapitel werden wir astronautische Probleme diskutieren, die schon nicht mehr in unser Jahrhundert gehören und von denen man vermuten kann, daß sie auch im 21. Jahrhundert noch keine praktische Bedeutung in der Raumfahrt erlangen werden. Manche Astronautiker lassen es offen oder bezweifeln sogar, ob es im nächsten Jahrtausend gelingen wird, die wissenschaftlichen und technischen Voraussetzungen für eine praktische Anwendung zu schaffen. Sie lehnen die öffentliche Diskussion dieser Fragen ab, weil in vielen Fällen außer acht gelassen wird, daß hier zwischen den ersten theoretischen Erwägungen und der Praxis eine zur Zeit noch unabsehbare wissenschaftliche und technische Entwicklung liegt. Bestärkt werden sie in ihrer Meinung noch durch nicht immer sachliche Zeitungsartikel, die bei den Lesern den absolut falschen Eindruck erwecken, als handele es sich um Fragen, die schon übermorgen aktuell werden könnten.

Zur Zeit verfügen wir nicht im geringsten über die technischen Möglichkeiten, ein Raumschiff zu bauen, mit dem sich Geschwindigkeiten erreichen ließen, die denen des Lichtes nahekommen. Voraussetzung wäre ein Triebwerk, das aus einem Kilogramm „Treibstoff" eine Energie von rund 25 Milliarden Kilowattstunden gewinnt und einen gerichteten Antriebsstrahl erzeugt, dessen Bestandteile Lichtgeschwindigkeit besitzen. Das Triebwerk samt seinen Hilfseinrichtungen muß ferner außerordentlich leicht sein, damit das Raumschiff ein Massenverhältnis erhalten kann, das dem einer modernen Raumrakete nicht nachsteht, sondern es noch übertrifft. Wer heute ein solches Fahrzeug herstellen wollte, wäre etwa in der gleichen Lage wie ein Mensch vor einigen Jahrhunderten, der sich ein Auto zusammenbauen möchte, jedoch dazu nicht mehr besitzt als die Luft für die Reifen.

Natürlich ist das ein recht anfechtbarer Vergleich. Leider fällt es schwer, einen anderen, besseren zu finden, der tatsächlich alle Schwierigkeiten veranschaulichen könnte.

Erstaunlich bleibt, daß wir trotz dieser gewichtigen Vorbehalte recht konkret die Erscheinungen schildern können, die bei lichtnahen Fahrtgeschwindigkeiten zu erwarten sind. Wir beziehen uns dabei auf Erkenntnisse, an deren Wahrheit heute nicht mehr gezweifelt werden kann. Zuvor müssen wir jedoch noch auf einige wichtige Zusammenhänge eingehen.

In der Vergangenheit nahm man an, die Himmelskörper und auch alle Körper auf der Erde existierten in einem „absoluten Raum" und einer „absoluten Zeit". Absolut bedeutet losgelöst, hier also losgelöst voneinander und von den Körpern, die in Raum und Zeit existieren. Man glaubte, Raum und Zeit wären weder voneinander noch von den Körpern abhängig. Es gäbe einen Raum an sich auch ohne Körper, die in ihm enthalten sind, und eine Zeit an sich, die abläuft, auch ohne daß etwas geschähe. In diesem Raum, in diese Zeit seien die Dinge hineingestellt, ohne auf den Raum an sich und die Zeit an sich Einfluß zu nehmen.

Friedrich Engels wandte sich gegen diese Auffassung. Er bezeichnete Raum und Zeit als die beiden Existenzformen der Materie, die ohne Materie nichts weiter sind als leere Vorstellung, Abstraktionen, die nur im Kopfe existieren. Weiter stellte Engels fest, daß ein Sein außerhalb der Zeit ein ebenso großer Unsinn ist wie ein Sein außerhalb des Raumes. Engels kam zu dieser Einsicht, weil er die Natur nicht als

eine Anhäufung von Erscheinungen betrachtete, die voneinander isoliert und nicht abhängig seien, sondern als ein zusammenhängendes einheitliches Ganzes von Erscheinungen, die voneinander abhängen und einander bedingen.
Dieser Grundsatz der marxistischen Dialektik legt den Schluß nahe, daß die Eigenschaften von Raum und Zeit und ihre Gesetzmäßigkeiten nicht immer und überall gleich sind, denn die Materie ist weder gleichmäßig verteilt, noch tritt sie überall in der gleichen Form auf. Daraus folgt, daß zwischen Raum, Zeit und Materie gesetzmäßige Zusammenhänge bestehen müssen.
Als Engels vor etwa 80 Jahren seine Ansichten darlegte, bahnte sich in der Physik gerade eine Entwicklung an, die immer mehr zeigte, daß die alte, metaphysische Methode nicht mehr genügte, um die beobachteten Naturvorgänge zu erklären und zu verallgemeinern. Die Forscher stießen auf physikalische Erscheinungen und Tatsachen, die zu einer Abkehr von dem überlebten Herangehen an die Naturerscheinungen zwangen. Lenin charakterisierte diesen Vorgang mit den Worten: „Die moderne Physik liegt in Geburtswehen. Sie ist dabei, den dialektischen Materialismus zu gebären."
Als einer der ersten Physiker löste sich Albert Einstein von den starren Vorstellungen von Raum und Zeit. Deshalb konnte er die Gesetzmäßigkeiten erkennen und formulieren, die den dialektischen Zusammenhang zwischen Raum, Zeit und Materie zeigen. Seine Erkenntnisse waren wahrhaft umwälzend und überstiegen das geistige Fassungsvermögen mancher seiner Zeitgenossen, die sich mit dem Zusammenbruch ihrer unrichtigen Anschauungen nicht abfinden konnten.
Deshalb war der große deutsche Physiker vielen Angriffen ausgesetzt. Wenige Jahre nach dem ersten Weltkrieg nannten Reaktionäre seine bahnbrechende Relativitätstheorie einen Ausdruck „des bolschewistischen Geistes in der Physik". Die deutschen Faschisten richteten ihren Haß gegen Einstein und sein Werk. Der Nobelpreisträger mußte aus Deutschland emigrieren. Seine Verfolger erkannten ihm die deutsche Staatsbürgerschaft ab und zogen sein Vermögen ein. Ihre Wutausbrüche konnten nicht verhindern, daß Einsteins Relativitätstheorie zu einer Grundlage der modernen Physik wurde.
Die Relativitätstheorie ermöglicht es uns auch, eine Antwort auf unsere Fragen zu geben. Die Antwort ist verblüffend und scheint unserer Alltagserfahrung zu widersprechen. In Wirklichkeit widerspricht sie jedoch der experimentellen Erfahrung keineswegs, sondern vermag vielmehr eine Reihe von widerspruchsvollen Erscheinungen zu erklären.
Es handelt sich dabei um Widersprüche, die den Elementarteilchen bei sehr schnellen Bewegungen eigen sind, zum Beispiel bei Lichtgeschwindigkeit. Diese Rätsel kann man nur lösen, wenn man von der veralteten Betrachtungsweise abgeht, wenn man Raum und Zeit nicht losgelöst, sondern in ihrem gesetzmäßigen Zusammenhang mit der sich bewegenden Materie betrachtet.
Auf Grund ihres dialektischen Herangehens an die Naturvorgänge ist die Relativitätstheorie in der Lage, jene Vorgänge zu erklären und nach Maß und Zahl zu erfassen, denen gegenüber sich das alte Verfahren als unzulänglich erwies. Das gilt in erster Linie für Vorgänge, bei denen sehr hohe Geschwindigkeiten auftreten, Geschwindigkeiten von über 30 000 km/s. Nun ist es zwar mit den heute verfügbaren Antriebsverfahren gänzlich ausgeschlossen, 10% der Lichtgeschwindigkeit oder

mehr zu erreichen, und man wäre froh, Raketen mit einem Antriebsvermögen von 30 km/s zu besitzen. Mit Zuversicht erwarten viele Astronautiker jedoch, daß in ferner Zukunft neue Energiequellen für den Antrieb von Raumfahrzeugen eingesetzt werden können, und sie erörtern im Vertrauen auf die unbegrenzte Erkenntnisfähigkeit des Menschen bereits, welche Konsequenzen sich daraus ergeben. Nehmen wir einmal an, die Wissenschaftler und die Techniker haben die Probleme des Photonenantriebes gelöst und ein Raumschiff gebaut, das mehr als zehntausendmal so schnell wie die heutigen kosmischen Raketen fliegen kann! (Das ist übrigens die einzige Annahme, die wir notgedrungen machen müssen.)

Am meisten überrascht uns die Tatsache, daß in dem sehr schnellen Raumschiff die Zeit anders abläuft als auf der Erde. Ein Astronom, der die Vorgänge in diesem Fahrzeug von der Erde aus beobachtet, stellt fest, daß alle diese Vorgänge – z. B. physikalischer oder biologischer Art – langsamer als auf Erden vor sich gehen. Die Bärte der Astronauten wachsen langsamer, und zu einer Rasur brauchen sie – von der Erde aus betrachtet – nicht mehr einige Minuten, sondern unter Umständen Stunden oder Tage.

Je schneller sich das Raumschiff in bezug auf die Erde bewegt, um so größer wird auch der Unterschied im Zeitablauf. Geradezu phantastische Ausmaße nimmt der Unterschied an, wenn sich die Raumschiffgeschwindigkeit – von der Erde aus gemessen – der des Lichtes bis auf wenige 100 m/s nähert. Während dem Beobachter auf der Erde Jahre vergehen, rücken die Zeiger der Uhren im Raumschiff nur um Tage oder gar Stunden weiter. Die Zeit dehnt sich.

Davon merken die Astronauten jedoch nicht das geringste. Alle Vorgänge in ihrem Fahrzeug laufen für sie mit der normalen Zeitdauer ab. Unverändert gleichmäßig geht das Leben an Bord seinen Gang, unabhängig davon, wie hoch auch immer die Geschwindigkeit gegenüber der Erde sei. Die Raumfahrer werden sich weiterhin nach ihren Borduhren richten können und sich täglich zur üblichen Zeit rasieren. In gewohnter Weise nehmen sie ihre Mahlzeiten zu sich, während der Beobachter auf der Erde feststellt, daß die Raumfahrer sich erst mehrere Monate nach dem Frühstück an den Mittagstisch setzen. Sie können in einer **ihrer** Stunden nicht mehr Skatpartien schaffen als ihre Skatbrüder auf Erden in einer irdischen Stunde.

Bis jetzt haben wir nur solche Feststellungen geschildert, zu denen ein Beobachter auf der Erde gelangen muß, wenn er den Zeitablauf in dem sehr schnellen Raumschiff mißt. Wir setzen voraus, das Raumschiff bewege sich mit gleichbleibend hoher Geschwindigkeit in bezug auf die Erde. Bei dieser Voraussetzung wollen wir zunächst auch noch bleiben, jedoch im Gegensatz zu vorhin erläutern, zu welchen Ergebnissen ein Beobachter im Raumschiff kommt, der von dort aus die Vorgänge auf der Erde betrachtet. Für ihn befindet sich das Raumschiff in Ruhe, während sich die Erde mit sehr hoher Geschwindigkeit bewegt. Der Raumfahrer wird dabei feststellen, daß die Vorgänge auf der Erde langsamer ablaufen als in dem (für ihn ruhenden) Raumschiff, und er wird die gleiche Verlangsamung des Zeitablaufes auf der Erde registrieren, die der Beobachter auf der Erde für die Vorgänge im Raumschiff mißt.

Für den Raumfahrer altert also der Erdbewohner langsamer, und für den Beobachter auf der Erde altert der Raumfahrer langsamer. Ein heilloses Durcheinander – könnte man meinen! Wer eigentlich altert in Wirklichkeit langsamer? Dieser Widerspruch,

den man das Uhrenparadoxon nennt, gab in der Vergangenheit Anlaß zu heftigen wissenschaftlichen Disputen.

Ein „Uhrenvergleich" zwischen Erde und Raumschiff (und umgekehrt) ist bei sehr hohen Geschwindigkeiten nur mit Hilfe von elektromagnetischen Wellen (Licht- und Funkwellen) als Signalmittel möglich. Diese Signalmittel besitzen eine sehr merkwürdige und durchaus nicht selbstverständliche Eigenschaft. Ihre Geschwindigkeit hängt nicht von der Geschwindigkeit der Lichtquelle oder des Funkgerätes ab, und sie wird von jedem Beobachter stets als gleichgroß gemessen, unabhängig davon, mit welcher Geschwindigkeit sich der Beobachter bewegt. Auf diese Eigenschaft der elektromagnetischen Wellen sind die widerspruchsvollen Meßergebnisse zurückzuführen, die man erhält, wenn man von der Erde (bzw. vom Raumschiff) aus den Zeitablauf im schnellen Raumschiff (bzw. auf der Erde) mißt.

Bei unseren Überlegungen hatten wir angenommen, das Raumschiff bewege sich mit sehr hoher, aber sets gleichbleibender Geschwindigkeit in bezug auf die Erde. Diese Annahme trifft jedoch nicht zu. In Wirklichkeit müssen die Triebwerke des (hypothetischen) Raumfahrzeuges viele Wochen und Monate arbeiten, bis sie eine hohe, lichtnahe Geschwindigkeit erreichen, und sie brauchen eine ebenso lange Zeit, um das Raumschiff wieder abzubremsen. Bei der Rückreise zur Erde wiederholt sich der gleiche Vorgang. Die Bewegung des Raumschiffes ist – im Gegensatz zu der des Erdbewohners – nicht gleichförmig, sondern beschleunigt. Nach der allgemeinen Relativitätstheorie ergibt sich für den Körper, der durch eine Kraft beschleunigt wird, eine Zeitdehnung.

In diesem Falle ist die Zeitdehnung nicht nur ein Meßergebnis zwischen zwei zueinander bewegten Systemen, sondern sie tritt in der Weise in Erscheinung, daß die rückkehrenden Raumfahrer langsamer gealtert sind als die Erdbewohner, die nicht der gleichen Beschleunigung und Verzögerung ausgesetzt waren wie die Raumfahrer.

Den Unterschied im Zeitablauf werden die Raumfahrer erst bemerken, wenn sie nach langer Reise zur Erde zurückkehren. Dann allerdings können sie, entsprechend der erreichten Zeitdehnung, ihre Urenkel begrüßen oder auch feststellen, daß inzwischen auf der Erde tausend Jahre oder mehr vergangen sind. Eine Reise in einem fast lichtschnellen Raumschiff wäre also nichts weniger als eine Reise in die Zukunft der Erde ...

Ein modernes Märchen? Hirngespinst? Nein! Wenn auch mancher Leser ungläubig den Kopf schütteln mag, so ändert das doch nichts an der Tatsache, daß diese Überlegungen auf objektiv existierenden Gesetzmäßigkeiten beruhen, die Albert Einstein als erster erkannte und formulierte. Die Zeitdehnung ist keine unbewiesene Theorie, denn die moderne Atomphysik kennt verschiedene Naturvorgänge, bei denen sie meßbar ist und genau in der berechneten Größe auftritt.

Diese praktische Bestätigung brachten Untersuchungen der kosmischen Strahlung sowie der Elementarteilchen in den gigantischen Beschleunigern. Wasserstoffatome, die sich sehr schnell bewegen, senden elektromagnetische Wellen von einer anderen als der sonst üblichen Frequenz aus, und es gibt Elementarteilchen – Mesonen –, die eine viel längere Lebensdauer haben, als sie nach den alten Vorstellungen haben dürften. Erst die relativistische Zeitdehnung erklärt die Abweichungen: Wenn sich die Teilchen fast mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, gehen die Veränderungen

in ihnen langsamer vor sich. Deshalb hat das kurzlebige Meson für den Beobachter eine längere Lebenszeit, und die Schwingungen des Wasserstoffatoms erfolgen langsamer. Genau die gleichen Erscheinungen werden in einem sehr schnellen Raumschiff auftreten.

Wir hatten bereits erwähnt, daß die Lichtgeschwindigkeit eine Grenzgeschwindigkeit ist. Der irdische Beobachter wird von seinem Standpunkt aus feststellen, daß sich das sehr schnelle Raumschiff zwar dieser Geschwindigkeit zu nähern vermag, falls es über die entsprechenden Antriebsmittel verfügt, daß es aber auf keinen Fall diese Geschwindigkeit ganz erreichen oder gar überschreiten kann.

Daraus ließe sich der Schluß ziehen, dem Menschen seien für immer die fernen Sonnensysteme verschlossen, die weiter als fünf Lichtjahre von unserer Sonne entfernt sind. Ein Lichtjahr ist jene Strecke, die das Licht mit seiner Geschwindigkeit von rund 300 000 km/s in einem Jahr durcheilt: 365 mal 24 mal 3600 mal 300 000 km – das sind rund 9 500 000 000 000 km. Selbst wenn es gelänge, mit einem Raumschiff fast die Lichtgeschwindigkeit zu erreichen, so brauchte es doch mehr als fünf Erdenjahre für eine Entfernung von fünf Lichtjahren. Mit Rückreise käme man auf über zehn Jahre, eine Zeitspanne, die noch dadurch vergrößert wird, daß das Raumschiff auch bei ständig wirkenden Triebwerken viele Monate braucht, um bei erträglichen Beschleunigungen die hohe Fahrtgeschwindigkeit zu erreichen. Damit wäre der Mensch wieder einmal an eine Grenze angelangt, die zu überschreiten ihm auf ewig versagt bleiben soll.

Wir wissen, wie viele solcher vermeintlichen Grenzen es in der bisherigen Geschichte schon gegeben hat. Neben ehrlichen, wenn auch oft voreingenommenen Zweiflern erhoben ungezählte Dunkelmänner ihren Zeigefinger, gegebenenfalls auch die Bannbulle und das Richtschwert. Doch eine Grenze nach der anderen fiel vor der schöpferischen Arbeit des Menschen. Mit der neuen Grenze wird es nicht anders sein. Warum?

Nähert sich die Raumschiffgeschwindigkeit, gemessen von der Erde aus, fast der des Lichtes, so kann sich die Zeit im Raumschiff zum Beispiel auf das Hundertfache dehnen. Während ein Raumschiff etwas mehr als fünf Erdenjahre braucht, um die Distanz von fünf Lichtjahren zu durchfliegen, vergehen im Raumschiff selbst inzwischen nur etwa 19 Tage. Fünf Lichtjahre Entfernung in 19 Raumschifftagen – daraus ergibt sich für die Astronauten der Schluß, sie wären mit hundertfacher Lichtgeschwindigkeit gereist.

Diese „Überlichtgeschwindigkeit" steht nicht im Widerspruch zur Relativitätstheorie und den Naturgesetzen. Sie ist nicht ein gemessener, sondern ein errechneter Wert, errechnet aus der Entfernung von fünf Lichtjahren, gemessen von der Erde aus und verzeichnet in den Sternkarten, und der dazu benötigten Zeit von 19 Tagen, gemessen im Raumschiff.

Es ist verständlich, wenn manche Leser angesichts dieser recht komplizierten und scheinbar widerspruchsvollen Überlegungen jetzt das Buch zuklappen möchten. Es gab sogar angesehene Wissenschaftler, die zunächst in der errechneten „Überlichtgeschwindigkeit" einen Verstoß gegen die gesicherten Grundlagen der modernen Physik erblicken wollten. Inzwischen hat sich der Sturm der Entrüstung gelegt.

Noch fehlen die praktischen Voraussetzungen für solche Reisen. Grundsätzlich besteht jedoch die Aussicht, der Mensch werde einmal nicht nur die nächsten Sonnen-

systeme erforschen, sondern auch die Weiten der Milchstraße durchmessen und vorstoßen zu anderen Galaxien, den fernen Spiralnebeln mit ihren Milliarden Sonnensystemen ...

Eine erschütternde und begeisternde Einsicht! Grenzen fallen, und Vorurteile zerbrechen. Menschen der Zukunft können in die Unendlichkeit des Raumes, in die Unendlichkeit der Zeit eindringen, weit in das Universum vorstoßen ...

Einst lehrte Giordano Bruno, das Weltall sei unendlich und voller Sonnen und Planeten, ähnlich der Sonne und unserer Erde. Man zerrte ihn auf den Scheiterhaufen und verbrannte ihn. Die Welt, die er ahnte, liegt offen vor uns.

Der Mensch stürmt die „Feste des Himmels", an die der Gott der Bibel die Sterne heftete, zertrümmert das Weltbild der Mörder Giordano Brunos, die „kristallene Sphäre", in die sie die Unendlichkeit der Welt einsperren wollten. Er dringt in den Himmel ein – nicht durch Gebet, „geistige Armut" und Demut gegenüber den Ausbeutern, sondern kraft seines Verstandes und seiner Arbeit.

Wir fragen uns, wie sich die Nachfolger der Henker Giordano Brunos zu den neuen Schlägen verhalten, die ihnen die moderne Wissenschaft mit ihren Erkenntnissen versetzt. Kerker, Folter und Scheiterhaufen können sie nicht mehr verwenden, um die Wahrheit zu unterdrücken. Jetzt versuchen sie, sich der neuen Lage anzupassen, denn wissenschaftliche Tatsachen lassen sich nicht aus der Welt schaffen. Zwar ließ Papst Pius XII. die astronautischen Schlußfolgerungen aus der Relativitätstheorie von ergebenen Fachleuten eingehend nachprüfen. Aber es fand sich keine schwache Stelle, so sehr man auch suchte. Was blieb dem Papst anderes übrig?

„Der Herrgott ... hatte nicht die Absicht, dem Eroberungsdrange des Menschen eine Grenze zu setzen, als ER sagte: Macht Euch die Erde untertan. Es ist die ganze Schöpfung, die ER ihm anvertraut hat." Diese Worte richtete der Nachfolger von Giordano Brunos Verfolgern an die Teilnehmer des internationalen astronautischen Kongresses in Rom als eine offizielle Stellungnahme zu den Plänen, bis zu anderen Fixsternen vorzudringen. Wer lehrte die Wahrheit, Giordano Bruno oder seine Mörder? Vor 360 Jahren wollten die Kräfte des Mittelalters die Wahrheit vernichten und verbrannten Bruno – heute wollen sie die Wahrheit segnen? Die Astronauten brauchen den Segen der Doppelzüngler nicht, und ihre Raumschiffe und Raketen funktionieren – nicht dank der Medaille des Heiligen Christophorus, sondern dank wissenschaftlicher Erkenntnisse und schöpferischer Arbeit.

Werfen wir noch einige Blicke in die Zukunft der Raumfahrt! In den letzten Jahren wurden von verschiedenen Wissenschaftlern eingehend solche Reisen ins Universum theoretisch untersucht. Eine wichtige Abhandlung darüber stammt von Professor Sänger, der übrigens diesmal erleben mußte, daß man mit der Fackel der Erkenntnis verschiedene Bärte versengen kann. Sänger berechnete mehrere Reisen der Zukunft.

In seiner Arbeit geht er von der Voraussetzung aus, daß die Triebwerke während der gesamten Reisezeit arbeiten. Im ersten Teil der Fahrt beschleunigen sie, und nach der halben Fahrtdauer sollen sie das Raumschiff wieder bremsen. Bei einer ständigen Beschleunigung bzw. Bremsung von 10 m/s², besonders aber von 30 m/s², ergeben sich erstaunlich kurze Fahrtzeiten für die Raumschiffbesatzung.

Der Flug von der Erde zum nächsten Fixstern α-Centauri kostet den Astronauten 1,77 Lebensjahre, wenn sie eine Beschleunigung von 30 m/s² benutzen. Nach 0,89 Jah-

(nach Prof. E. Sänger)

Reiseweg	Länge des Reiseweges	Eigenfahrzeit eines Raumschiffes, das ständig mit 10 m/s² beschleunigt bzw. verzögert wird	Eigenfahrzeit eines Raumschiffes, das ständig mit 30 m/s² beschleunigt bzw. verzögert wird
Erde–Mond	400 000 km	3,5 Stunden	2,03 Stunden
Erde–Sonne	150 000 000 km	2,83 Tage	1,63 Tage
Erde–Fixstern α-Centauri	43 000 000 000 000 km = 4,55 Lichtjahre	3,60 Jahre	1,77 Jahre
Erde–Zentrum unseres Milchstraßensystems	30 000 Lichtjahre	19,72 Jahre	7,23 Jahre
Erde–Andromedanebel	750 000 Lichtjahre	25,9 Jahre	9,33 Jahre
Umfahrung des bis jetzt bekannten Teiles des Weltalls	3 300 000 000 Lichtjahre	41,9 Jahre	14,71 Jahre

ren erreichen sie ihre Höchstgeschwindigkeit, die in den nächsten 0,89 Jahren wieder bis auf Null vermindert wird. Bei „Halbzeit" errechnen die Raumfahrer ihre Höchstgeschwindigkeit zu 2,8 c (das 2,8fache der Lichtgeschwindigkeit). Hingegen stellt der Beobachter auf der Erde nur eine Geschwindigkeit nahe der des Lichtes fest. Wenn die Raumfahrer ihr fernes Ziel erreichen, sind sie 1,77 Jahre älter, während auf der Erde inzwischen 5,14 Jahre vergangen sind. Ein Lichtstrahl braucht 4,55 Jahre für den gleichen Weg.

Nun sind 30 m/s² (3 g) eine erhebliche Belastung, denn die Astronauten wiegen 1,77 Jahre lang dreimal soviel wie auf der Erde. Vermindert man die Belastung, indem man nur mit 1 g beschleunigt oder bremst, so fühlen sich die Astronauten – was das Gewicht anbetrifft – „wie zu Hause". Dafür benötigen sie aber 3,6 Lebensjahre bis zum nächsten Fixstern.

Nach den Berechnungen Sängers liegen selbst Reisen bis zu den fernsten gerade noch sichtbaren Spiralnebeln noch im Bereich dessen, was der Mensch innerhalb seiner individuellen Lebenszeit auf Grund der Zeitdehnung bewältigen könnte. Doch wäre eine solche Reise mehr als eine Fahrt in die Zukunft der Menschheit, denn zehn Milliarden Jahre wären vergangen, wenn die Raumfahrer zurückkehren ...

Neue Seiten und neue Probleme tauchen auf. Ernsthaft wird diskutiert, welche Rolle das interstellare Gas, das Gas zwischen den Sonnensystemen spielen kann. Unvorstellbar gering ist seine Dichte. Ein Kubikzentimeter enthält, so hat man errechnet, nur etwa 0,000 000 000 000 000 000 000 001 Gramm Masse. Das sind etwa ein bis zehn Wasserstoffatome je Kubikzentimeter. Dennoch könnte das interstellare Gas bei Reisen zu den Grenzen unseres Milchstraßensystems einen fühlbaren Widerstand erzeugen. Bei einer „Überlichtgeschwindigkeit" von 10 c, dem Zehnfachen der Lichtgeschwindigkeit, ergibt sich ein Staudruck von einer Atmosphäre, und bei 15 c Überlichtgeschwindigkeit übersteigt der Widerstand die Festigkeit des Materials.

Wieder eine Grenze? Nach den bisherigen Berechnungen verbietet der inter-

stellare „Luft"-Widerstand nicht unbedingt hohe Geschwindigkeiten, vielmehr wurde bereits überlegt, ob die interstellaren Gasteilchen nicht sogar zum Antrieb des Raumschiffes verwendet werden können. Dazu müßte man sie den Triebwerken zuführen und ihre Energie ausnützen. Dieser zusätzliche Energiegewinn kann den Verlust ausgleichen, der durch den Gaswiderstand entsteht.
„Photonen-Staustrahlprinzip" nennt Professor Sänger dieses eigenartige Verfahren. Wie es technisch verwirklicht werden kann, vermag noch niemand anzugeben. Daran dürfte sich vorläufig – zumindest in den nächsten hundert Jahren – kaum etwas ändern.
Eine andere, neue Seite des Raumfluges noch: Welche Beobachtungen werden die Raumfahrer während ihres Fluges machen? Wenn ihre Geschwindigkeit wächst, verändert sich das Licht des Zielsternes auf Grund des Dopplereffektes. Allmählich geht es von der gelben Farbe über in Grün, Blau und Violett, wird bei weiterer Geschwindigkeitssteigerung schließlich zu Ultraviolett und damit unsichtbar. Eine ähnliche Erscheinung werden die Astronauten bemerken, wenn sie ihren Blick rückwärts zur heimatlichen Sonne wenden. Ihr Licht, sonst gelb, verfärbt sich: orange, rot, infrarot. So wird auch die Heimatsonne unsichtbar.
Um Heimat- und um Zielstern breiten sich, immer größer werdend, dunkle Flecken aus, und das Licht der Sterne zwischen den beiden dunklen Kreisen verändert sich je nach Lage zur Flugrichtung. Der Ring der noch sichtbaren Sternensonnen erstrahlt in den Farben des Regenbogens, die in konzentrischen Kreisen das Raumschiff umgeben. Immer schneller wird das Fahrzeug, und immer schmaler der Ring. An seiner Lage werden die Astronauten den Flugzustand beurteilen können. Bei sehr, sehr hoher Geschwindigkeit bleibt nur ein schmaler leuchtender Ring übrig, der den unsichtbaren Zielstern umgibt. Doch das Ziel ist nicht verschwunden, und mit geeigneten Geräten kann sein äußerst kurzwelliges Licht sichtbar gemacht werden...
Diesen „Sternenregenbogen" wird allerdings keiner der Menschen unseres Jahrtausends erblicken. Selbst Raketen, die mit Kernverschmelzungsenergie arbeiteten, wären außerstande, auch nur 1% der Lichtgeschwindigkeit zu erreichen. Das könnten nur Raumschiffe, deren Triebwerke die stoffliche Materie völlig in Strahlungsmaterie umwandeln. Und erst mit einem „Massenverhältnis" $z = 14$ erlangte ein solches Raumfahrzeug 99% der Lichtgeschwindigkeit. Bei einer Dauerbeschleunigung von 10 m/s^2 müßten die Raumfahrer die Triebwerke zweieinhalb Jahre hindurch arbeiten lassen, um diese Endgeschwindigkeit zu erreichen. Dann würde die Zeit im Fahrzeug auf das Siebenfache gegenüber der irdischen Zeit „gedehnt".
Atemberaubend ist der Blick in die Zukunft, den uns die Wissenschaft bietet. Ein Blick in eine noch ferne Zukunft, gewiß. Niemand von uns wird mehr leben, wenn sich einst die kühnen Träume erfüllen, vor denen die Wunder und Märchen der Alten verblassen. Doch die Träume von heute sind nicht mehr die Phantasien von Märchenerzählern, sondern sehr konkrete Träume von Wissenschaftlern, die keinen Verstoß gegen bekannte Naturgesetze dulden.
Ihre Träume lähmen nicht die Schaffenskraft, sondern beflügeln sie. Aus ihren Träumen spricht die Gewißheit: Über alle Grenzen dringt die Menschheit voran in die Weiten des Raumes, und es gibt nichts, was der Mensch nicht zu erforschen vermag, nichts, was ein Ende seiner Entwicklung bedeuten könnte.

Manchem erscheint es widersinnig, daß für Raumfahrtforschung Milliardenbeträge ausgegeben werden, während andererseits versucht wird, die Produktionskosten zu senken und mit jedem Pfennig und Gramm zu sparen.
Großraketen verbrauchen Treibstoffmengen, mit denen ein Personenkraftwagen bequem um die ganze Erde fahren könnte. Dann die kostbare elektronische Ausrüstung, die Entwicklungs- und Erprobungskosten, die den größten Teil der Mittel verschlingen – und alles nur, um ein paar hundert oder tausend Kilogramm Meßgeräte in den Raum zu befördern? Damit die Wissenschaftler einige Meßergebnisse erhalten, von denen die meisten Menschen sowieso nichts verstehen? Wozu Forschungsraketen, solange noch Wohnungen fehlen? Wozu Raumschiffe, solange es den Konstrukteuren nicht einmal gelungen ist, Mopeds zu entwerfen, die weniger Lärm verursachen? Was kümmert uns die Mondrückseite, solange nicht auf Erden Ordnung herrscht? Wozu die Planetenvegetation erforschen, wenn auf der Erde Menschen Hunger leiden? Wozu Temperaturregler für Raumfahrzeuge, solange es noch an Kühlschränken mangelt? Sind Maurer nicht wichtiger als Weltraummonteure?
Fragen über Fragen, und jedermann hat ein Recht auf Antwort. Da ist zunächst die Kostenfrage. Es ist nicht Zufall, daß Kostenberechnungen in erster Linie von Wissenschaftlern kapitalistischer Staaten angestellt wurden. Jahrzehntelang haben sie mit ansehen müssen, wie ungezählte Milliarden für Rüstungszwecke ausgegeben und fortgeworfen wurden, während sich die nichtmilitärische Forschung mit Brosamen begnügen mußte. Klaus Riedel baute den ersten Repulsor des Vereins für Raumschiffahrt für ganze 26 DM, Valier benutzte eine Kartoffelwaage als Prüfstand – doch für die V 2 gaben die Faschisten zwei Milliarden Mark aus. „Sie können für das Wissen, das Sie verkaufen, nur so viel verlangen, als es dem, der es Ihnen abkauft, einbringt." (Brecht, Leben des Galilei.)
In den letzten zehn Jahren gaben die kapitalistischen Länder etwa 500 Milliarden Dollar für die Rüstung aus. Was liegt näher, diese Mittel mit denen zu vergleichen, die bestimmte astronautische Aufgaben erfordern würden? Professor Sänger kam zu folgendem Ergebnis: Eine Mondrakete mit 100 kg Nutzlast kostet dasselbe wie eine moderne Panzerdivision oder ein großer Flugzeugträger, und eine Raumstation von 1000 Tonnen ist billiger als die jährliche Rüstung der USA.
Auch ein Skeptiker wird nicht bezweifeln können, daß ein Mondfahrzeug oder eine Raumstation ungleich wertvoller und wertbringender ist als eine Panzerdivision oder ein Jahr Aggressionsvorbereitungen. Sängers Überlegungen wurden 1950 veröffentlicht. Sie haben die USA nicht bewegen können, das Geld ihrer Steuerzahler statt zur Rüstung zu einer Forschung zu verwenden, aus der nicht unmittelbar und sofort Profit zu ziehen ist.
Erst die „Konkurrenz" der Sputniks und der Schock, den sie in der westlichen Welt auslösten, veranlaßten die USA, einem Aufgabengebiet gebührende Beachtung zu schenken, für das sie bis dahin nur spärliche Mittel bereitstellten. Daß sie auch hier wieder versuchen, möglichst viel für militärische Zwecke herauszuholen, liegt im Charakter des Klassenstaates begründet. Profit- und Machtgier beschneiden und verfälschen die Perspektiven der Forschung, und die Entscheidungen werden durch

kaufmännische und militärische Gesichtspunkte bestimmt. In einer Untersuchung, die der wissenschaftliche Beratungsausschuß des USA-Präsidenten 1958 veröffentlichte, heißt es: „Unser Weg zu künftiger Stärke besteht in der Erreichung wissenschaftlicher Einsichten und technischer Fähigkeiten durch intensive Anstrengungen auf diesen neuen Forschungsgebieten. Nur so wird die uns zukommende militärische Stärke organisch und stetig wachsen." Deshalb wurde die astronautische Grundlagenforschung in den Dienst der Politik der Stärke gestellt.

Soll die Menschheit das Werk der Raumfahrtpioniere verfluchen? Ihren Namen mit Abscheu nennen? Raketen und Raumfahrt ächten wie Giftgas und Atombombe? Nein! Raumfahrt braucht uns nicht Tod und Verderben zu bringen. Der Beginn der Raumfahrt soll nicht der Anfang vom Ende der Menschheit, sondern ein Schritt sein zu einer neuen und höheren Stufe der Naturerkenntnis, der Beherrschung der Naturgesetze zum Wohle aller Menschen.

Was dürfen wir von der Raumfahrt erwarten? Zunächst und vor allem: neue Erkenntnisse!

Ein großes Wort – neue Erkenntnisse! Doch nicht um der bloßen Erkenntnis willen, nicht aus Neugier oder um die Lust am Forschen zu befriedigen, schon gar nicht aus Machtgier und Profitstreben, nicht, um Menschen besser ausbeuten und den Massenmord vervollkommnen zu können, sondern um Erkenntnisse zu gewinnen, die unser aller Leben bereichern. Wenn wir es recht bedenken, können wir sagen: Es gibt kaum ein Ding, bei dessen Herstellung nicht Erkenntnisse Pate gestanden hätten. Kraftwerke und Werkzeugmaschinen, Heil-, Nachrichten- und Verkehrsmittel, Brot, Kleiderstoffe und Wohnungen – alle diese Güter können wir nur erzeugen, wenn wir uns der Erkenntnis der Naturwissenschaften bedienen. Wir können die Produktion der materiellen Güter nur steigern und verbessern, wenn wir im stetigen Erkenntnisprozeß nicht stille stehen, wenn wir unsere Erkenntnisse vertiefen und erweitern. Wir können das stolze Ziel „Jedem nach seinen Bedürfnissen" besser verwirklichen, wenn wir tiefer in die Gesetzmäßigkeiten der Materie eindringen und mit unseren Erkenntnissen die Praxis der materiellen Produktion auf eine höhere Stufe heben. Neue Erkenntnisse sind ein gesellschaftliches Bedürfnis, ein Bedürfnis nicht allein der Gelehrten und Forscher, sondern aller Menschen.

Einen entscheidenden Beitrag zum weiteren Fortschritt unserer Erkenntnisse aber erwarten wir von der Raumfahrt. Deshalb ist Raumfahrt heute zu einem gesellschaftlichen Bedürfnis geworden, notwendig auch für die Weiterentwicklung der Menschheit.

Es sage niemand, die Zusammensetzung des interplanetaren Gases oder die Struktur des Mondes ginge ihn nichts an! Wer aber schon heute wissen möchte, wofür jede einzelne der Messungen durch Sputniks und kosmische Raketen gut sei, der möge die Geschichte der Wissenschaft und Technik studieren. Aus unscheinbaren Anfängen entwickelten sich Industrien, neuartige Verfahren und Methoden, auf denen sich unser heutiges Lebensniveau gründet.

Oft wußten die Erfinder und Entdecker selbst noch nicht genau, was sich alles durch die schöpferische Arbeit vieler Menschen aus ihrer Erfindung und ihrer Entdeckung entwickeln würde. Konnte Heinrich Hertz Rundfunk und Fernsehen ahnen, Mendelejew die moderne Atomphysik, Marie Curie die Isotopentechnik?

Von dem englischen Physiker Michael Faraday, dem Entdecker der elektromagne-

tischen Induktion und anderer wichtiger elektrischer Erscheinungen, berichtet eine Anekdote, das englische Parlament habe ihn über den Sinn seiner Experimente befragt. Er soll geantwortet haben: „Wofür das gut ist, kann ich noch nicht sagen. Das eine weiß ich allerdings schon heute: Eines Tages werden Sie darauf Steuern erheben." Faraday wußte, daß seine Entdeckungen irgendeinen praktischen Nutzen bringen würden.

Er konnte allerdings nicht ahnen, daß sie hundert Jahre später in der sozialistischen Gesellschaft nicht dazu dienen, neue Steuern zu erheben, sondern die Steuern abzuschaffen. In jenen Jahren, als Faraday die nach ihm benannten Gesetze fand, entdeckten Marx und Engels die Gesetze der gesellschaftlichen Entwicklung und wiesen den Weg zum Sozialismus, zu einer Gesellschaftsordnung, in der neue Erkenntnisse nicht den Steuerpächtern, Fabrikherren und Aktienbesitzern zugute kommen, sondern dazu beitragen, jedem Menschen nach seinen Bedürfnissen zu geben.

Die Erkenntnisse Faradays haben ebenso geholfen, die Welt zu verändern, wie uns die Erkenntnisse von Marx und Engels helfen, eine neue, eine bessere Welt zu bauen.

Die Raumfahrt wird uns – das wissen wir schon heute – eine Fülle neuer Erkenntnisse bringen. Doch selbst die Phantasie eines Jules Verne würde nicht ausreichen, auch nur annähernd alle Schlußfolgerungen aus den neuen Erkenntnissen auszumalen. Wir brauchen aber die Leser, die nach dem Zweck der Raumfahrt fragen, nicht mit der gleichen Antwort abzuspeisen, die einst Faraday gegeben haben soll, als ihn jemand nach dem Zweck elektrischer Versuche fragte. Faraday entgegnete: „Welchen Zweck hat ein neugeborenes Kind?" Diese treffende Erwiderung soll übrigens auch Benjamin Franklin als Antwort auf die Frage gegeben haben, welchen Zweck ein Wasserstoffluftballon habe.

Neue Erkenntnisse sind durchaus nicht erst in einem Stadium der Raumfahrt zu erwarten, von dem gemeinhin die Menschen zu träumen pflegen. Schon in der jüngsten Vergangenheit führte der Bau leistungsfähiger Trägerraketen und astronautischer Forschungsgeräte zu wissenschaftlichen und technischen Fortschritten, die über den engen Rahmen der Raumfahrt hinaus von allgemeiner Bedeutung sind. Raketentechnik und Raumfahrt veranlaßten die Entwicklung neuer Werkstoffe, Meßgeräte, elektronischer Rechenmaschinen und Ausrüstungen im Kleinstformat. Sie trieben die Entwicklung der Regel- und Steuerungstechnik, der Halbleiterforschung, der Fernmeldetechnik und anderer Zweige der Technik voran und übten einen entscheidenden Einfluß auf den Bau von Geräten aus, die sich durch unbedingte Zuverlässigkeit, hohe Lebensdauer und außerordentliche Genauigkeit auch unter erschwerten Bedingungen, durch ihr geringes Gewicht und durch minimalen Raumbedarf auszeichnen. Alle diese Fortschritte bleiben nicht auf den ursprünglichen Anwendungsbereich beschränkt, sondern finden Eingang in die allgemeine Produktion. Sie tragen, um nur ein Beispiel zu nennen, wesentlich zur Automatisierung der Produktion bei und schaffen damit eine erweiterte Grundlage für die allseitige Befriedigung der wachsenden Bedürfnisse jedes einzelnen Menschen.

Raumfahrt fordert wissenschaftlichen und technischen Fortschritt und fördert wiederum Wissenschaft und Technik. Diese Wechselwirkung wird sich im gleichen Maße verstärken, wie sich die Aufgaben der Raumfahrt erweitern.

Zuweilen wird diese Auswirkung der Raumfahrt übersehen. Für die Praxis stellt sie jedoch zur Zeit das wohl wichtigste Ergebnis dar. Dabei hängt es wesentlich von den gesellschaftlichen Bedingungen ab, ob die neuen Stoffe, Geräte, Methoden und Verfahren schnell Allgemeingut der Technik werden oder ob sich einzelne Menschengruppen der Fortschritte bedienen, um sich Maximalprofite zu sichern.

Die Raumfahrt beeinflußt Wissenschaft und Technik und damit die Produktion materieller Güter und unser tägliches Leben erstens durch die Fortschritte, die sie erzwingt, zum zweiten durch die Ausdehnung des Forschungsbereiches.

Gegenwärtig haben verschiedene Zweige der Wissenschaft ein Stadium erreicht, in dem grundlegende Probleme nur gelöst werden können, wenn der kosmische Raum in die Untersuchungen einbezogen wird. Es handelt sich bei diesen Fragen nicht um das Privatvergnügen einzelner Wissenschaftler, sondern um die Bedürfnisse der Grundlagenforschung, also um ein gesellschaftliches Bedürfnis, denn die Grundlagenforschung, das sagt schon der Name, schafft die Grundlagen für die Technik von morgen.

Ihre erste Bewährungsprobe legte die Raumfahrt im Internationalen Geophysikalischen Jahr ab. Sputniks und Luniks empfingen ihre Aufgaben von der Wissenschaft, und diese wird auch in Zukunft in erster Linie bestimmen, welche Probleme mit Hilfe der Raumfahrt zu lösen sind, und damit der Astronautik einen durchaus wissenschaftlichen Charakter geben.

Demgegenüber treten wirtschaftliche Aufgabenstellungen weit zurück. Viele Menschen meinen, es sei Ziel der Raumfahrt, auf anderen Himmelskörpern oder im kosmischen Raum neue Rohstoff-, Energie- und Nahrungsquellen zu erschließen. Offensichtlich unterschätzen sie dabei die Möglichkeiten, die unser eigener Planet in dieser Hinsicht bietet, und übersehen, daß Wissenschaft und Technik, wenn sie sich frei entfalten können, genügend Existenzmittel auch für eine vermehrte Erdbevölkerung garantieren. Der ökonomische Nutzen der Raumfahrt wird vielmehr im wesentlichen darin bestehen, daß sie hilft, durch neue Erkenntnisse die irdischen Hilfsquellen besser auszunutzen und neue Wege zu finden, die wirtschaftlichen Probleme auf der Erde selbst und mit den Mitteln unseres Planeten zu lösen.

Das schließt nicht aus, daß in einer späteren Phase der Raumfahrt versucht wird, auch außerirdische Hilfsquellen zur Versorgung von Raumfahrern heranzuziehen. Jedoch hätte zum Beispiel eine „Mondindustrie", wie sie der sowjetische Wissenschaftler Warwarow vorschlägt, keineswegs die Aufgabe, unsere Erde mit Baumaterial, Plasten und Treibhausgemüse zu beliefern.

Aufgabe und Inhalt der Astronautik ist deshalb die Raumfahrtforschung, oder noch klarer: Die Forschung mit Hilfe der Raumfahrt.

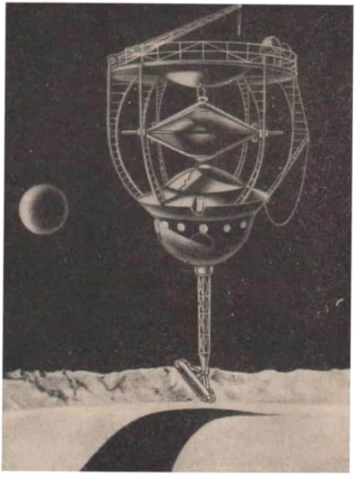
Schon die Erforschung der unmittelbaren Umgebung der Erde durch Meßsatelliten eröffnet revolutionierende Möglichkeiten. Je genauer wir wissen, woraus die Sonnenstrahlung besteht und wie sie sich verändert, je genauer wir die Wirkung der Sonnenstrahlung und die Vorgänge in allen Schichten der Atmosphäre kennen, um so zuverlässiger werden unsere Wettervorhersagen sein. Der praktische Nutzen liegt auf der Hand. Wir denken dabei weniger an eine bessere Planung der Urlaubsreisen und Wintersportveranstaltungen. Milliardenschäden in Landwirtschaft und Industrie ließen sich durch die exakte Kenntnis aller Wechselbeziehungen vermeiden, die für unser Wetter verantwortlich sind.

Weitreichende Erwartungen verknüpfen sich mit der Untersuchung der kosmischen Strahlung. Keiner unserer heutigen Riesenbeschleuniger für Elementarteilchen vermag das gleiche zu leisten wie die kosmische Strahlung. Sie löst Vorgänge aus, durch deren Studium die Wissenschaftler tiefer in die Gesetzmäßigkeiten der Elementarteilchen eindringen und Kenntnisse erlangen werden, die unerschöpfliche Energiequellen, vielleicht auch Rohstoffquellen erschließen helfen.
Die Raumfahrt öffnet uns das gewaltige Laboratorium des Weltraumes, in dem systematische Versuche unter extremen Bedingungen durchgeführt werden können, wie sie auf Erden zum Teil niemals möglich sind. Wir wollen die wichtigsten nennen: Gewichtslosigkeit, hochgradiges Vakuum, äußerst niedrige, aber auch sehr hohe Temperaturen, Keimfreiheit, das Fehlen irdischer Störungsquellen, seien es Verunreinigungen, Korrosionserscheinungen, Witterungseinflüsse, Erschütterungen oder die Trübungen der Atmosphäre.
Ein Raumschiff und gar eine Raumstation wird den Wissenschaftlern alle diese Versuchsbedingungen bieten. Es wird kaum einen Zweig der Naturwissenschaften und der Technik geben, der nicht durch Forschungen im „Laboratorium Weltraum" bereichert werden könnte. Um wieviel wird es uns leichter sein, die irdischen Probleme zu lösen, wenn wir uns auf eine tiefere Einsicht in die Gesetzmäßigkeiten der Materie stützen können!
Daß drei Raumstationen, als Fernsehrelais eingesetzt, sämtliche Fernseh- und Ultrakurzwellenrelaissender auf der Erde überflüssig machen könnten, brauchen wir kaum noch zu erwähnen.
Notwendig bleibt jedoch, immer daran zu denken, daß die Kräfte der Vergangenheit noch nicht ihr menschheitsfeindliches Treiben aufgegeben haben. W. v. Braun erklärte am 5. Oktober 1959: „Das 24-Stunden-Satelliten-Verbundsystem wird auf militärischem Gebiet große Vorteile bieten."
Welchen Nutzen er und seinesgleichen von der Erschließung des Mondes erwarten, brachte er am 23. September 1959 mit den Worten zum Ausdruck: „Wer den Mond besitzt, beherrscht die Erde." Wir brauchen nicht noch einmal zu wiederholen, was wir von diesen üblen Perversionen der Astronautik halten.
Man mag es noch für verfrüht halten, an Forschungslaboratorien auf dem Mond oder unseren Nachbarplaneten zu denken. Doch in den Entwürfen der Gelehrten finden wir schon recht konkrete Arbeitsaufgaben für derartige Einrichtungen, seien es nun unbemannte Meßgerätesätze oder aber komplette Unterkünfte für Menschen. Dort werden unter den besonderen Bedingungen des Himmelskörpers Versuche angestellt, zugleich werden die Unterkünfte als Ausgangspunkt für eine gründliche Erforschung des fremden Himmelskörpers dienen. Wir erwarten Aufschlüsse über die Entstehung und Entwicklung der Himmelskörper und des Lebens. Neue Einsichten können die irdischen Verhältnisse beeinflussen, zum Beispiel die geologische Erkundung von Lagerstätten verschiedener Rohstoffe verbessern oder die Methoden der Produktion von Nahrungsmitteln verändern.
Juri Sergejewitsch Chlebzewitsch, Kandidat der technischen Wissenschaften, meint, um die Jahrhundertwende werde der Erdmond eine Art siebenter Kontinent sein. Von dort aus werden Funkleitsender den Kurs irdischer Flugzeuge und Schiffe bestimmen und korrigieren. Der Mond soll in ein Übertragungssystem einbezogen werden, das Fernseh-, Telefon- und Funkbildverbindungen zwischen den Kontinen-

ten der Erde sicher herstellt. Von einer Beobachtungsstation auf dem Monde aus wird der irdische Flugverkehr mit genauen Angaben über die Großwetterlage versorgt werden. Dazu schlägt Chlebzewitsch vor, mit Riesenfernrohren vom Monde aus zu beobachten, wo sich auf der Erde Wolkenfelder bilden und in welcher Richtung und mit welcher Geschwindigkeit sie sich bewegen.

Tatsächlich wird der Mond derartige Beobachtungen wesentlich erleichtern, denn keine Wolke, keine Luftströmung und kein Staubteilchen beeinträchtigen die Leistungsfähigkeit der Mondteleskope. Wie schwer haben es dagegen die irdischen Astronomen! Obwohl sie sich meist auf hohen Bergen niedergelassen haben, vereitelt die Lufthülle der Erde den Einsatz von Fernrohren, die mehr als fünfhundertfach vergrößern. Die dauernde Unruhe der Luft, ihre Trübung und die Lichtstreuung – alle diese Einflüsse fehlen auf dem Mond. Auch die Schwerkraft ist geringer, ein Umstand, der den Bau großer Fernrohre erleichtert. Die Rieseninstrumente wiegen nur ein Sechstel ihres irdischen Gewichtes und biegen sich viel weniger durch. Deshalb werden die astronomischen Messungen vom Mond aus genauer sein.

Einen Schritt weiter geht der Astronautiker Nikolai Alexandrowitsch Warwarow. Er denkt an eine ständige Station auf dem Erdmond, die weitgehend unabhängig von der Versorgung durch die Erde ist. Treibstoffe, Nahrungsmittel, Baumaterial, Plaste und sogar Wasser und Luft sollen aus den Stoffen gewonnen werden, die auf dem Monde vorhanden sind. Dadurch können die ungeheuren Transportkosten wesentlich gesenkt werden.



Für Expeditionen auf der Mondoberfläche schlug Hermann Oberth ein bemanntes „Mondauto" von 10 Tonnen vor, das auf 2,3 Meter breiten Raupenketten mit einer Geschwindigkeit bis zu 150 km/h fahren und mit Hilfe einer pneumatischen Hüpfvorrichtung bis zu 125 Meter hoch und mehrere hundert Meter weit springen kann. Ein Kreisel soll das einbeinige Fahrzeug stabilisieren. Oberth fordert, umgehend mit der Entwicklung dieses Fahrzeuges zu beginnen. 1959 schreibt er dazu: „Richtig angefaßt würden diese Versuche, dank des Aufsehens, das sie hervorrufen, die Entwicklungskosten mindestens wieder einbringen, wenn nicht gar überkompensieren, so daß die ganze Entwicklung auch noch ein Geschäft wäre. Ich denke dabei an die Vorführung der Probefahrten bei der Kinowochenschau und im Fernsehprogramm, eventuell Fahrten auf felsige Berge etc., Wettfahrten mit Motorrädern usf., Reklame für die Herstellerfirma, Vorführung in der Nähe großer Städte unter Mitnahme sensationslustiger, zahlender Passagiere und ähnliches mehr."

Aus den Produkten der Mondindustrie wird eine Mondsiedlung gebaut, die von einem vielschichtigen und teilweise lichtdurchlässigen Gewölbe umgeben ist, das die Luft am Entweichen hindert. Säulen werden das Gewölbe mit dem Mondboden verbinden. Sie sollen jedoch nicht das Gewölbe vor einem Einsturz bewahren, sondern die Decke festhalten, die sich sonst leicht unter dem Druck der eingeschlossenen Luft emporheben könnte. In regelmäßigen Abständen unterteilen Schottenwände die Stadt und verhindern, daß durch einen Meteoreinschlag die gesamte Mondsiedlung vernichtet wird. Der Luftdruck wird etwa ein Drittel geringer sein als auf der Erde. Zum Ausgleich soll der Sauerstoffgehalt der Luft erhöht werden, so daß die Mondbewohner ihre Luft ohne irgendwelche Schädigungen werden atmen können. Treibhäuser versorgen die Mondmenschen reichlich mit Nahrung. Nikolai Warwarow hält es für möglich, daß wegen der geringen Anziehungskraft des Mondes die Treibhauspflanzen weit über das irdische Maß emporschießen – eine Vermutung, die schon von Ziolkowski ausgesprochen wurde.

Die Erzeugnisse der Mondindustrie dienen nach Warwarow nicht allein zum Ausbau der Mondstadt. Mit ihnen werden die Planetenexpeditionen versorgt, die vom Stützpunkt Mond aus starten und ganze Komplexbrigaden von Wissenschaftlern der alten Mutter Erde zu den Planeten unseres Sonnensystems tragen.

Diese Expeditionen hätten nichts gemein mit frisch-fröhlichen Entdeckungsreisen, und sie wären sicher weitaus strapazenreicher und gefahrvoller als alle wissenschaftlichen Forschungsunternehmen der Vergangenheit. Die Raumfahrer der Zukunft, so meinen wir, veranlaßt nicht die Gier nach Gold noch die Lust nach wilden Abenteuern im Venusdschungel, ihren Heimatplaneten für einige Zeit zu verlassen, sondern der gesellschaftliche Auftrag, im Dienst und zum Wohle der Menschheit wichtige Forschungsaufgaben zu lösen. Künftige Mondsiedlungen und Planetenunterkünfte wären am ehesten noch mit den irdischen Polarstationen vergleichbar, und es wäre gut, wenn die Verfasser utopischer Romane allmählich darauf verzichteten, ihre jugendlichen Leser durch die Schilderung wildwestlicher Raumschiffburgen und Saurier-Massenschlachtungen auf dem Mars zu verwirren.

Der sowjetische Prof. Boris Kukarkin vertritt die Ansicht, daß einst auf den Planeten unseres Systems wertvolle seltene Elemente gewonnen und zur Erde transportiert werden. Er meint, das werde „eine alltägliche Art der Gewinnung" sein. Das käme jedoch nur bei ganz wenigen Elementen in Frage.

In eine noch ferne Epoche der Raumfahrt reichen die Überlegungen des Prof. Kirill Petrowitsch Stanukowitsch. Der Gelehrte ist Fachmann auf den Gebieten der Gasdynamik und des Verhaltens von Elementarteilchen bei Kernreaktionen. Auf Grund seiner genauen Kenntnis des Entwicklungsstandes kommt er zu dem Schluß, zu Beginn des nächsten Jahrhunderts würden die theoretischen Arbeiten soweit fortgeschritten sein, daß es möglich sei, den Bau eines neuartigen Triebwerkes in Angriff zu nehmen. Er meint, mit Hilfe der „Anti-Teilchen", die in den letzten Jahren entdeckt wurden, könnten die Energiemengen freigemacht werden, die vielhundertmal so groß sind wie die bei der Wasserstoff-Helium-Kernreaktion erzeugten Energien. Damit soll ein interstellares Raumfahrzeug getrieben werden, das zu anderen Sonnensystemen vorstößt.

Ausgangspunkt der Reise würde vermutlich einer der Monde des Saturns oder des Jupiters, vielleicht auch einer der größeren Planetoiden sein. Dort werden Menschen

die gewaltigen Triebwerke anbringen und samt dem Himmelskörper, der als Treibstoff verwendet wird, die Reise zu den Fixsternen antreten. Prof. Stanukowitsch vertritt allerdings die Ansicht, dieser Flug werde nicht vor Ablauf des einundzwanzigsten Jahrhunderts möglich sein.

Wir müssen es der Zukunft überlassen, diese kühnen Pläne der Wissenschaft mit allen ihren Möglichkeiten zu durchdenken und zu verwirklichen.

Wissenschaftliche Erwägungen und gesellschaftliche Bedürfnisse werden auch in der Zukunft entscheiden, wie es in der Raumfahrt weitergeht. Jeder Versuch, schon heute eine Art „Zeitplan für die Eroberung des Weltraumes" aufzustellen, kann, wenn er realistisch bleiben will, nur die allernächsten Schritte einbeziehen. Alle weiterreichenden zeitlichen Vorhersagen enthalten, solange die Forschung noch an den „einfachsten" Grundlagen der Raumfahrtpraxis arbeitet, ein gerüttelt Maß an Unsicherheit.

Wann und in welcher Form einmal Raumstationen, Planetenexpeditionen und ähnliche Projekte verwirklicht werden, bestimmen nicht irgendwelche Wunschvorstellungen, sondern sehr konkrete gesellschaftliche und wissenschaftliche Notwendigkeiten, die sich in der weiteren Entwicklung von Fall zu Fall ergeben werden.

Man tut gut daran, alle überspannten romantischen und romanhaften Vorstellungen abzulegen. Interplanetare Vergnügungsreisen und Raumfahrten aus sportlichen oder abenteuerlichen Motiven spielen zwar in Zukunftsromanen eine Rolle, gehören jedoch nach wie vor ins Reich der Phantasie.

Ebenso abwegig dürfte auch die Erwartung sein, der kosmische Raum werde einmal von Raumschiffen nur so wimmeln. Eine schrankenlose Entsendung von Raumschiffen verbietet sich von selbst, weil jedes einzelne Raumfahrtunternehmen einen enormen Aufwand erfordert.

Die wissenschaftlichen Perspektiven genügen vollauf, um in unserer Zeit die Notwendigkeit der Raumfahrt überzeugend darzulegen. Wir brauchen nicht zu jenen Gründen Zuflucht zu nehmen, die Ziolkowski in der Nacht des Zarismus niederschrieb:

„So wird die Menschheit – unsterblich wie das Weltall – wandern von einer Sonne zu der anderen und die Güter der Geister ihrer Großen bewahren und vermehren. Das Leben ist unendlich wie die Natur, darum arbeitet alle, Forschung und Erfinder, Große und Kleine, trotz Armut und Bedrängnis, trotz Unverständnis, Hohn und Spott, auf daß eure Saat in der Unendlichkeit unermeßliche Früchte trage."

Die Fesseln, unter denen Ziolkowski einst litt, sind heute auf einem Drittel der Erde beseitigt, und die Zeit ist nicht mehr fern, in der die Arbeit der Forscher und Erfinder für alle Menschen auf unserer Erde unermeßliche Früchte trägt.

Auf unserer Erde – und nicht erst in der Unendlichkeit! Alle Menschen kann unsere Erde reichlich ernähren. Hunger und Not verschwinden dort, wo Wissenschaft und Technik nicht mehr zu Bereicherung einzelner Menschen dienen, und auch für viele neue Milliarden wird die befreite Erde genügend Brot bieten. Es ist nicht die Aufgabe der Raumfahrt, durch eine Massenauswanderung nach anderen Planeten das angebliche „Übervölkerungsproblem" zu lösen, sondern durch neue Erkenntnisse dazu beizutragen, auf unserem Planeten die wachsenden Bedürfnisse der Menschen besser zu befriedigen.

In der Unendlichkeit – so meinte der Vater der Raumfahrt – werde die Arbeit der

Forscher und Erfinder unermeßliche Früchte tragen. Ziolkowski kannte damals noch nicht die Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Entwicklung. Was er erträumte, wird in unseren Tagen und auf unserem Erdball Wirklichkeit.

Wer allerdings vor diesen Tatsachen die Augen verschließt, kommt zu Ansichten, wie sie von Prof. Sänger im Mai 1960 geäußert wurden. Sänger meinte, das Ziel der Raumfahrt sei, neuen Siedlungsraum zu erschließen und die menschliche Kultur auf andere Sterne auszubreiten. Man bedenke: In den USA erhalten Farmer, die einen Teil ihrer Felder nicht bestellen, dafür von der Regierung Prämien! Nahrungsmittel werden vernichtet, um die Preise zu halten. Diese und viele andere Beispiele zeigen, wie absurd es wäre, mit Hilfe der Raumfahrt Probleme lösen zu wollen, deren Wurzeln allein in den Widersprüchen einer überholten Gesellschaftsordnung zu suchen sind.

Und zum anderen: Seit Jahrhunderten festigen die Ausbeuterklassen ihre Herrschaft, indem sie den Ausgebeuteten aller Hautfarben den Zugang zu den Kulturgütern und zu allseitiger Bildung verwehren. Die „Ausbreitung der menschlichen Kultur" ist deshalb keine interplanetare oder gar interstellare, sondern eine höchst irdische Aufgabe. Sie wird nicht durch die Überwindung der Schwerkraft, sondern durch die Beseitigung der kapitalistischen Gesellschaftsordnung gelöst. Wer in unserer Zeit von kosmischen Zielen spricht und die irdischen darüber vergißt, hilft jenen, die in bewährter Weise den Massen das Heil im „Jenseits" versprechen, um sie auf Erden besser ausbeuten zu können.

Als weitere Ziele der Raumfahrt nannte Sänger im Mai 1960 die Rettung der Menschheit bei Erkalten der Sonne und die Erfüllung der „Himmelssehnsüchte". Wie sieht es damit aus? Es wird noch etliche Jahrmillionen dauern, bis unser Zentralgestirn merklich kälter wird. Zur Zeit bewegt uns nicht das „Kaltwerden der Sonne", sondern die Frage, wie wir ein „Heißwerden der Erde" zum Beispiel durch Kernwaffenversuche oder gar durch einen atomaren Weltkrieg verhindern können. Auch das ist eine sehr irdische Aufgabe, und die Auswanderungsapostel täten gut, sich um das Heute zu sorgen und nicht um den Zustand der Sonne in einigen Millionen oder Milliarden Jahren. Wir verspüren keine „Himmelssehnsüchte", schon gar nicht nach dem „Himmel" der „Bonner Rundschau", mit der wir uns schon auseinandersetzten.

Der Himmel, in den die Raumfahrer der Zukunft vorstoßen, wird nichts gemein haben mit den kindlichen Träumen des Mittelalters. Er wird den Raumfahrern nicht Stätte ewiger Seligkeit, sondern harter Forschungsarbeit und langer Entbehrungen sein. Der Vorstoß zu fernen Planeten oder gar Fixsternsonnen ist kein Spaziergang, sondern zählt zu den schwersten Aufgaben, die sich Menschen jemals stellten.

Aus der Vielzahl der Probleme wollen wir noch eines herausgreifen: Welche Folgen ergeben sich aus einer künftigen Begegnung mit außerirdischen Vernunftwesen? Wird es Mord und Totschlag geben? Das wird ganz davon abhängen, ob die Abgesandten der Erde als koloniale Eroberer oder als Sendboten menschlicher Kultur auftreten werden. Das wird weiterhin davon abhängen, auf welcher Stufe der gesellschaftlichen Entwicklung sich die außerirdischen Intelligenzwesen befinden. Intelligente Wesen sind nicht intelligent durch sich selbst, sondern durch das angesammelte Wissen und die Erfahrungen aus der gemeinsamen Arbeit vieler

Denkmal Ziolkowskis in Kaluga

Generationen. Eine hochentwickelte Intelligenz setzt stets eine angemessene Form der gesellschaftlichen Organisation voraus.

Gewiß mögen sich außerirdische Intelligenzwesen von denen der Erde unterscheiden. Auf keinen Fall aber werden es „übernatürliche Wesen" sein, z. B. die „Seelen der Toten" verschiedener Konfessionen, „Engel", „Teufel" oder irgendwelche anderen immateriellen Wesen. Das sind Hirngespinste. Es gibt nur die einheitliche materielle Welt, die objektiv existiert, aber keine ideellen Wesen. Wo auch immer in der Unendlichkeit der materiellen Welt Leben, Bewußtsein und Intelligenz entstehen konnten, sind sie ein Produkt der sich bewegenden und entwickelnden Materie.

Wir haben nicht den geringsten Grund zu der Annahme, daß in anderen Sonnensystemen und Spiralnebeln andere Gesetzmäßigkeiten der sich bewegenden Materie anzutreffen wären. Die gleichen physikalischen und chemischen Gesetzmäßigkeiten, mit denen wir es auf der Erde, im interplanetaren Raum und auf den Planeten unseres Sonnensystems zu tun haben, liegen überall dem Ablauf physikalischer und chemischer Vorgänge zugrunde, sei es nun auf den Planeten der Fixsterne Sirius, Atair, Prokyon usw. oder auf den Planeten ferner Spiralnebel. Auch das Leben entwickelt sich nach den allgemeingültigen Gesetzmäßigkeiten der Materie unter den besonderen Bedingungen der einzelnen Himmelskörper. Ebenso werden auch die Gesetzmäßigkeiten der gesellschaftlichen Entwicklung überall dort wirken, wo sich durch gemeinsame Arbeit und Erfahrung Intelligenz entwickelt.

Das ist ein kühner, aber zwingender Schluß. Natürlich vermag niemand anzugeben, in welcher Phase sich die gesellschaftliche Entwicklung der außerirdischen Intelli-

genzwesen befinden wird, mit denen die Astronauten der Zukunft einst zusammentreffen werden. Wir wissen jedoch, daß „Mord und Totschlag" ein Merkmal der Epoche der Ausbeutung und imperialistischer Kriege, allgemein gesprochen ein Ergebnis der Klassenherrschaft sind.

Auf unserer Erde geht diese Epoche gesetzmäßig ihrem Ende entgegen. Barbarei und Ausbeutung werden beseitigt, und mit dem Oktober 1917 begann eine Zeit menschlicher Geschichte, in der die Form der gesellschaftlichen Organisation einem realen Humanismus entspricht. So schmerzvoll die Vergangenheit auch war – in ferner Zukunft wird sie nicht mehr sein als ein historisch kurzer Zeitraum in der menschlichen Geschichte.

Mit Zuversicht dürfen wir deshalb behaupten, daß auch außerirdische Intelligenzwesen in einer bestimmten Phase ihrer gesellschaftlichen Entwicklung die Epoche der Barbarei überwinden und zu einer Form des Zusammenlebens kommen, die sich heute auf der Erde ein Drittel der Menschheit bereits erkämpft hat. Auch dieser Schluß klingt sehr kühn, dennoch ist er zwingend. Warum?

Wenn sich die Intelligenz von Lebewesen so weit entwickelt hat, daß sie kraft ihrer Einsicht in die Gesetzmäßigkeiten der Materie in der Lage sind, ungeheuere Energiemengen auszulösen und einzusetzen, so bedingt ihre weitere Existenz die Überwindung jeglicher Barbarei, jeglichen intelligenzwidrigen Verhaltens. Sonst ist das Ende der Entwicklung auf dem betreffenden Planeten gekommen. Intelligenz **und** Barbarei zugleich führen zur Vernichtung... Exakter ausgedrückt: Die gesellschaftliche Entwicklung ist immer an das Wirken des Gesetzes der Übereinstimmung zwischen den Produktionsverhältnissen und dem Charakter der Produktivkräfte gebunden.

Wenn Astronauten in ferner Zukunft mit Lebewesen zusammentreffen, die eine höhere Intelligenz besitzen als die irdischen Abgesandten, so können es deshalb nur Lebewesen sein, denen „Mord und Totschlag" genau so fremd und vernunftwidrig sind wie den tausend Millionen Menschen, die auf der Erde Barbarei und Ausbeutung überwunden haben und die Überlegenheit ihrer Gesellschaftsordnung im friedlichen Wettstreit beweisen.

Wir brauchen deshalb vor einem künftigen Zusammentreffen mit außerirdischen Intelligenzwesen nicht bange zu sein. Vernichtungsgewaltige Übermenschen wird es auf keinem der belebten Planeten im Universum geben, und wenn trotzdem die Comics und utopischen Erzählungen gewisser westlicher Schriftsteller den Lesern damit Schrecken einjagen, so sagen wir mit Heinrich Heine: „... wir kennen die Weise, wir kennen den Text. Wir kennen die Herren Verfasser."

„Mord und Totschlag" wird es nur geben, wenn Raumfahrer vom Schlage der Kolonialeroberer ihren Fuß auf bewohnte Planeten anderer Fixsternsonnen setzen. Das wird aber nicht sein. Wenn sich die kühnsten Träume der Menschheit erfüllen, wird die Barbarei längst der Vergangenheit angehören.

In den Jahren seit dem Start des ersten Sputniks veränderte sich die Einstellung vieler Menschen zur Raumfahrt und ihren Problemen. Einst galten die Enthusiasten der Raumfahrt als Schwärmer, die man nicht ganz ernst zu nehmen brauchte. Heute wird jeder Erfolg bei der Erschließung des Weltraumes mit Begeisterung, zuweilen aber auch als eine Selbstverständlichkeit aufgenommen. Manche haben sich an Spitzenleistungen schon so sehr gewöhnt, daß es geboten erscheint, immer wieder daran zu erinnern, welcher unsäglichen Anstrengungen es bedarf, Probleme, die im Prinzip so einfach erscheinen, in der Praxis zu lösen.

Leider muß man in einem populärwissenschaftlichen Buch alle Probleme so verständlich und einfach, ja vereinfacht darlegen, daß der Leser unter Umständen meinen kann, auch ihre praktische Lösung sei leicht. Vor einem solchen Trugschluß kann nicht eindringlich genug gewarnt werden. Er würde weder der Sache selbst noch den Leistungen der Forscher, Techniker und Arbeiter gerecht werden. Die Geschichte der Raumfahrt zeigt, unter welchen Anstrengungen, Entbehrungen und persönlichen Opfern auch der kleinste Fortschritt erkämpft werden mußte. Wenn wir heute in vieler Hinsicht mehr wissen als die alten Pioniere der Raumfahrt, so nur deshalb, weil ihre Arbeit uns dieses Wissen verschaffte.

Die Entwicklung der Raketentechnik und Raumfahrt erkannten wir als einen äußerst komplizierten Prozeß, unlösbar verbunden mit der Entwicklung der Produktion und der gesamten gesellschaftlichen Entwicklung. Einige der wichtigsten Zusammenhänge haben wir kennengelernt.

Oft war es notwendig, die Irrtümer und Irrwege namhafter Wissenschaftler, ihre Wurzeln und ihre Folgen zu schildern. Das mag manchen verwundert haben. Doch wir haben nicht nur das Recht, sondern auch die Pflicht, uns gegen lebensgefährliche, den Frieden bedrohende Irrtümer und Irrwege mit allem Nachdruck und aller Schärfe zu wenden.

Das um so mehr, als wir alle schon unter den Auswirkungen dieser und ähnlicher Irrtümer persönlich zu leiden hatten. Prof. Sänger schrieb einmal, „Raumfahrt wird über uns kommen wie Sturmflut und Tod". Das darf nicht sein!

Als denkende und handelnde Wesen wollen wir Einfluß auf die Entwicklung nehmen. Das können wir um so besser, wenn wir die Zusammenhänge und Hintergründe kennen.

So sehr wir Hochachtung vor den fachwissenschaftlichen Leistungen der Raketenpioniere und Raumfahrtforscher empfinden, so wenig dürfen wir dulden, daß sie gegen unser Leben und gegen den gesellschaftlichen Fortschritt eingesetzt und mißbraucht werden.

Wer mit seiner wissenschaftlichen Arbeit einen Aggressionskrieg vorbereiten hilft, ist unser Feind. Wer Atombomben und Raketen segnet und sie eine „Strafrute Gottes" nennt, ist unser Feind. Wer die Raumfahrt für menschenfeindliche Ziele mißbraucht, ist unser Feind. Daraus machen wir keinen Hehl.

Wir wissen aber auch um den Zwiespalt, in dem sich heute viele Wissenschaftler der kapitalistischen Welt befinden. Einerseits erhoffen und erwarten sie, daß durch die Weiterentwicklung der Technik und durch Raumfahrt der Krieg überwunden werde, zum anderen stärken sie die Ausbeuterklasse und geben den aggressiven Kräften

neue Machtmittel in die Hände. Sie leiden unter diesem Widerspruch und wissen doch nicht den Weg zu seiner Überwindung.

Nicht hoch genug dürfen wir deshalb den Einfluß einschätzen, den die hervorragenden wissenschaftlichen Erfolge der Sowjetunion auf solche Forscher haben. Eugen Sänger nennt die Sputniks „eine sehr ernste Mahnung, die sich offenbarende technische und wissenschaftliche russische Überlegenheit zur Kenntnis zu nehmen und als Ansporn zu stärkerer kultureller und wirtschaftlicher Leistung in den westlichen Ländern und zu moderneren und objektiveren Denk- und Gesellschaftsformen zu betrachten, unter Verzicht auf die herrschende äußerst gefährliche Selbstzufriedenheit und Überheblichkeit". Er stellt fest, die gesellschaftlichen Bedingungen in den USA hätten „selbst eingewanderte europäische Wissenschaftler sterilisiert", und fordert, „östliche Vorbilder, die sich offenkundig bewährt haben, zu übernehmen".

Nachdem er bemerkt, in Westdeutschland wären nur 5% der Menschen im Besitz des Abiturs, schlägt er vor, den Wettbewerb in Schulen, Universitäten, Forschungsanstalten und Industriewerken zu führen, nicht aber im Kampf mit Atombomben und Fernraketen. Er hält es für notwendig, „den wertvollen Rohstoff des Menschenpotentials durch intensivste Ausbildung ebenso zu veredeln, wie dies in Rußland schon seit Jahren geschieht, und die gesellschaftliche Stellung des Wissenschaftlers aufzuwerten".

Das sind maßvolle und einsichtige Worte, denen wir unseren Respekt nicht versagen. Sie zeugen davon, wie unter dem Eindruck der sowjetischen Erfolge und der konsequenten Friedenspolitik des sozialistischen Lagers eine realistische Auffassung selbst unter jenen Wissenschaftlern immer mehr Platz greift, die mit ihrer Arbeit den reaktionären Kräften gedient haben.

Zweifellos bedeuten die Maßnahmen, zu denen sich angesichts der Sputniks und kosmischen Raketen auch Prof. Sänger bekennt, einen Beitrag zur Entspannung und zur friedlichen Koexistenz. Wir sind um den Ausgang eines friedlichen Wettbewerbs nicht bange. Immer deutlicher wird die Überlegenheit der sozialistischen Gesellschaftsordnung spürbar. Immer kleiner wird die Zahl der Menschen, die noch nicht begreifen wollen, wie treffend Lenins Worte sind: „Nur der Sozialismus wird die Wissenschaft von ihren bürgerlichen Fesseln, von ihrer Unterjochung durch das Kapital, von ihrer Versklavung durch die Interessen der ungeheuerlichen kapitalistischen Gewinnsucht befreien."

Wir können mit Zuversicht in die Zukunft sehen. Es gibt keine Grenzen für die menschliche Schöpferkraft, und die Raumfahrt wird helfen, das Leben auf unserer Erde besser zu gestalten.

Die ersten Raumschiffe

	Start	Landung auf der Erde	Masse des Raumschiffes (in kg)	größte Höhe der Umlaufbahn (in km)	geringste Höhe der Umlaufbahn (in km)	Passagier
Raumschiff 1	15. 5. 1960	nicht vorgesehen	4540	369	312	Modellpilot
Raumschiff 2	19. 8. 1960	20. 8. 1960	4600	339	306	zwei Hunde (Belka, Strelka) u. a. Tiere, Pflanzen
Raumschiff 3	1. 12. 1960	am 2. 12. 1960 verglüht	4563	265	187	zwei Hunde (Ptscholka, Muschka) u. a. Lebewesen
Raumschiff 4	9. 3. 1961	9. 3. 1961	4700	249	184	ein Hund (Tschernuschka) u. a. Lebewesen Modellpilot
Raumschiff 5	25. 3. 1961	25. 3. 1961	4695	247	178	ein Hund (Swjosdotschka) u. a. Lebewesen, Modellpilot
Raumschiff Wostok 1	12. 4. 1961 7.07 MEZ	12. 4. 1961 8.55 MEZ	4725	327	181	Fliegermajor Juri Gagarin
Raumschiff Wostok 2	6. 8. 1961 7.00 MEZ	7. 8. 1961 8.18 MEZ	4731	244	183	Fliegermajor German Titow

Nach Redaktionsschluß:

Am 20. 2. 1962 findet, nachdem der Start der MA-6 insgesamt zehnmal verschoben werden mußte, der erste Raumflug eines USA-Bürgers statt. Oberstleutnant John Glenn umrundet in einer Mercury-Kapsel dreimal die Erde in einer Höhe zwischen 178 und 240 km. Obwohl verschiedene technische Mängel (Fehler im automatischen Orientierungssystem, Temperaturanstieg in der Kapsel, Bahnabweichungen) auftreten, landet der mutige Pilot glücklich im Atlantik.

Im März 1962 beginnt die Sowjetunion eine neue Versuchsserie mit Forschungssatelliten vom Typ „Kosmos". Am 29. 4. 1962 landet „Kosmos 4" nach etwa 50 Erdumkreisungen im vorher bestimmten Gebiet.

A 4 (V 2) 45, 114 ff, 120, 140, 145 f, 156
Abbrandgeschwindigkeit 141
Abbremsung 208, 294, 311
Abfangsatellit 158
Abrüstung 121, 160, 290, 325
Abs 131
Abwehrraketen 126 ff, 159
AEG 131
Aeolypile 316
Aerobee 145, 153
Aerojet General 150
AGARD 128
Akademie der Wissenschaften der UdSSR 149, 150, 198, 318
Aldinger 130
Alexander II. 28
Algen 249, 297
Algenzyklus 248 f
Alkohol 42, 93, 116
Alldeutscher Verband 75
Alleghany Ballistics Lab. 150
Aluminiumzusatz 59, 143
American Rocket Society 141
Amerikarakete 70, 109
Anilin 42, 140
Annäherungsellipse 189
Antibiotika 297
Antifaschisten, Widerstandskampf 115
Antikommunismus 47, 78, 135, 150, 156, 212, 285, 288 f, 327
Antiraketen 127
Anti-Schwerkraftanzüge 270
Anti-Teilchen 340
Apogäum 185
Äquatorbahn 174 f
Araber 16
Arbeitsstoff 222, 315 ff
Aristoteles 8, 162, 255
Aristow 157
Army Ballistic Missile Agency 70, 222
Army Ordnance Guided Missile Center 118
Assimilation 248
Astronautenbucht 209
Astronautik 32, 165
Astronavigation 51, 210
Astronomischer Rat der Sowjetunion 229
Atlas Able 204, 212
Atlas 202, 212, 303, 305 ff, 347
Atlaswerke 131
Atmosphäre 9, 222
Atomkraftwerk 245, 316
Atomraketen 177, 316 ff
Atomrakete, adiabatische 321 ff
Atomrakete, reine 321 ff
Atomrakete, thermische 317 f
Atomtriebwerk 177, 316 ff
Aufheizung 50, 184, 255
Aufklärungsrakete 72
Aufklärungssatellit 158, 286
Aufrüstung 110 f, 121, 132, 136, 212, 289, 335
Aufspaltung 59
Aufstiegsbahn 75, 179 ff, 293
Ausschuß für Funkortung 130
Ausströmgeschwindigkeit 36 ff, 59, 277, 318 f
Autopilot 50
Avus 82

B 52 124, 286
Bahnänderung 185, 188, 198 ff, 207
Bahnberechnung 170, 178, 180, 198, 207, 218, 220
Baikonur 300
Balkenwaage 259
Ballistik 122
Ballistisches Institut St. Louis 132
Baukastenprinzip 144, 281
Baumann 96 ff
Baumgarten-Crusius 112
Bazooka 65
Becker 110
Becquerel 291
Bell Aircraft Corporation 226
Beller 226, 302
Beneke 129
Benzin 40, 42
Benzol 40, 42
Beobachterkammer, Oberthsche 77
Bergaust 226, 302
Berührungsellipsen 215 ff
Beryllium 143
Beschleunigung 6, 179, 268 ff
Beschleunigungsfestigkeit 269 ff
Beschleunigungsmesser 260
Beschleunigungsschutz 49 f, 270
Beschleunigungsstrecke 6, 13, 273
Betriebsbereitschaft 138
Bewegung, antriebslose 166, 181, 262
Bewegungsenergie 176, 184 ff, 203, 252, 296
Bewußtseinsstörung 269
Bibel 8, 162, 171, 230
Bildübertragung 159, 210, 265
Bildungsprivileg 153, 301, 302
Bing 52
Blausäure 68
Blizna 117
Blue Streak 132
BMW-Triebwerksbau 131 f
Bodenspekulation 227
Bold Orion 159
Bölkow 130 ff
Bombensatelliten 158, 287
Bomber, unbemannter 51, 125 ff
Boran 43, 141
Born 225, 227
Bosch GmbH 132
Boulogne 21
Brahe 171
Branderrakete 14, 18, 24
Brandpfeile 15
Brandraketen 16, 21
Brandt 130
v. Brauchitsch 114
v. Braun, M. 107
v. Braun, W. 54, 67, 106 f, 112 f, 116 ff, 120, 124, 154 f, 156, 194, 198, 204, 224, 276, 282 ff, 287 ff, 305, 338

Brecht 77, 290, 334
Bremsfallschirm 184, 275
Bremsimpuls 208
Bremsrakete 186, 189, 306
Bremsverfahren 186 ff, 222 ff
Brennkammer, schwenkbare 29, 51
Brennkammerdruck 46, 143
Brennkammerwerkstoff 43, 143
Brennschluß 144, 181
Brennstoff 42, 141
Brennstoff, metallischer 59, 143
Brown, Boverie und Cie. AG 132
Bruno 163, 231, 331
Buchenwald 116
Büdeler 135
Bundesverband der Deutschen Industrie 131
Bülow 229

Cape Canaveral 154, 204, 212
Chemisch-Technische Reichsanstalt 106
China 15
Chlebzewitsch 193, 338
Chlorella-Alge 249, 297
Chruschtschow 123, 128, 156 ff, 201, 203, 211, 229, 303, 310
Clark 141
Cobra 130
Congreve 21
Contraves 130, 132
Cordit 43
Corporal 145 f
Curie 335
Cyanverbindungen 141
Cyrano de Bergerac 9

Daimler-Benz AG 131 f
Dauerbeschleunigung 220, 277, 320
DEMAG 131
Deterding 92
Detonation 141
Deutsche Bank 75
Deutsche Edelstahlwerke AG 132
Dibelius 211
v. Dickhuth-Harrach 107, 109, 113
„Die Rakete" 94, 104
Diktatur, faschistische 113 f
Ding-Dong 227
Discoverer 158 f
Dissimilation 248
Dissoziation 59
Dominik 78
Doolittle 228
Doppelrakete 279
Dopplereffekt 333
Dornberger 67, 110 f, 117, 227, 286
Dornierwerke GmbH 132
Douglas Aircraft 227
Drallstabilisierung 22
Drehbewegung 189, 208, 238
Drehkreisel 239
Dreikörper-Problem 198
Druckabfall 251
Druckanzug 252
Druckfallbeschwerden 251
Druckgasförderung 46
Druckkabine 254
Drucksturz 251
Drummont-Hay 108
Dryden 305
Dsershinski 61
Düse, magnetische 323
Düsenreaktionsgerät 89
Dynamit 31, 40

Ehricke 67
Einheit, astronomische 218
Einstabrepulsor 108, 112
Einstein 165, 322, 327
Eisenhower 149, 153, 157, 159, 201, 335
Eisfeld 85
Elektrisches Raketentriebwerk 177, 318 ff
Ellipse 169 ff, 213 ff
Embolie 252
Endgeschwindigkeit 11, 36 ff, 321
Energieausbeute 321 ff
Energiestation 243, 284
Energieversorgung 242 ff
Engels 17, 79, 162, 170, 327, 336
Englandrakete 69
Entfaltungsstoß 275
Enzian 131
Erdatmosphäre 9, 185, 222, 254
Erdbeschleunigung 172, 179, 269
Erde, Gesamtarbeit zum Verlassen der 168, 184
Erde-Mond-Satellit 199
Erdferner Punkt 185
Erdnaher Punkt 185
Erdsatellit 149 ff, 170 ff, 179 ff
Ernährung 249
Eroberungspolitik 224, 228, 342
Eschenbacher 53
Euler 323
Existenz lebender Organismen 231
Explorer 155 ff, 292

Fallschirmspringer 275
Fallversuche 256 ff, 262 ff
Faraday 183, 335 f
Far Side 153
Federwaage 258 f, 267
Fernbomber 53 ff, 59, 133
Fernmeldesatellit 158
Fernraumschiffe 177
Fernsehrelais 338
Feststoffrakete 29, 141 ff
Festtreibstoff 141 ff
Feuerpfeile 15
Feuerwerksraketen 14
Fiat 132
Filmkühlung 44 f, 144
Fixstern α-Centauri 231, 331 f
Fixsternsonnen 231, 330
Fjodorow 34, 62, 203
Flechten 231
Flick 131
Fliegerabwehrraketen 126 ff, 159
Fluchtenergie 176, 184 ff
Fluchtgeschwindigkeit 5, 169, 175, 221
Flügelrakete 57, 188 ff, 223, 276
Flügelrakete Ziolkowskis 188, 190
Flug um den Mond 200, 205 ff
Flugzeug-Union-Süd GmbH 130
Flugzeugversuche 263 f, 269
Flüssigkeitsrakete 41 ff, 137 ff
Fluor 43, 141
Ford Motor Co. 153
Forrestal 72, 287
Forschungsgeräte, automatische 192 ff, 295
Forschungsinstitut für Physik der Strahlantriebe e. V. 132, 315

Fotorakete 27
Fotosynthese 244, 248
Fotozellen 177, 244
Franklin 336
„Frau im Mond" 76, 78
Friedensvertrag 136
Frühwarnsatelliten 158
Fundamentalgleichung 35 ff
Funkverbindungen, interstellare 232 ff

g 179, 269
Gadomski 231
Gagarin 184, 298 ff, 303, 306 f
Gail 279
Galilei 171, 211, 257
Ganswindt 30, 278, 280
Gas, interstellares 332
Gaskrieg 68, 73
Gasumwälzung 238, 260
Gegenschub 144
Geheime Staatspolizei 113
Geiger-Müller-Zählrohr 291
Gemischaufbereitung 47
General Electric 132, 150
General Motors 132, 154
Genfer Konvention 73
Geopolitik 69
Geschwindigkeit, erste astronautische 172, 175
Geschwindigkeit, zweite astronautische 5, 169, 175, 221
Geschwindigkeitsfehler 181 ff, 188, 194, 200, 296
Gesellschaft für Erdweltforschung e. V. 162
Gesellschaft für Weltraumforschung e. V. 155
Gesellschaft zur Erforschung der interplanetaren Verbindungen 61
Gesetz der wechselseitigen Kraftwirkung 10 ff, 28
Gestapo 113
Gewicht 166 ff, 257 ff
Gewichtsersatz 276 ff
Gewichtslosigkeit 256 ff, 276
Gießverfahren 142
Giftgas 65, 68, 73
Giftstoffe 249
GIRD 60, 61 ff, 298
Gleichgewichtstemperatur 236 ff, 255
Gleitflug 191, 223
Glenn 305, 347
Glennan 160, 305
Gluschko 318
Goddard 64 ff, 71, 106, 180 207
Godwin 9
Golightly 314 f
Göring 92
Gorochow 61
Gorki 41
Grand Central Rocket Comp. 150
Gravitationsgesetz 168
Greifswalder Oie 102
Grenzgeschwindigkeit 330
Grissom 184, 305, 308
Groener 73, 110
Grundlagenforschung 103, 153, 337
Gruppenflug 54
Gruppe zum Studium der Reaktivbewegung 60, 61 ff, 298
Guericke 8

Haarrisse 24, 81
Hafniumkarbid 43
Hagelzerstreuungsraketen 27
Hahn 86
Halbleiter 244, 336
Hale 22
Hamel 180
Handsatz 23 f
Harbou 76
Hassan Alrammah 16
Hawk 130
Heereswaffenamt 102, 110 ff
Hegel 170
Heinkel 130, 132, 134
Heißwasserrakete 314
Heizwert 40, 57, 140
Henschel 131
Helioanlage 242
Heron von Alexandrien 316
Hertz 232, 335
Heß 291
Heuß 290
Heylandt 90 ff, 111, 113
Hilfstriebwerk 50 f
Himmelskörper, Landung auf 221 ff
Himmelssehnsucht 342
Himmler 117
Hitler 92, 112, 114, 229
Hitzebarriere 255
Hochvakuumversuche 64
Höhenforschung 145 ff
Höhenkrankheit 250
Höhenrakete 145 ff, 176, 184, 265
Höhenstrahlung 291 f
Hohlbrenner 143
Hohlwelttheorie 162
Hohmann 190 f, 217 ff
Hohmannsches Landungsmanöver 190
Honest John 227
Hugenberg 75
Hundebombe 285
Hussiten 18
HW 1 96 ff
HW 2 100 ff
HWA 110 ff
Hyder Ali 21
Hydrazin 42
Hyperbel 169 f
Hypergole 141

IAF 120, 225
IG-Farben 73, 131
Ikarus 233
Indien 20
Infrarotdetektoren 158
Innenbrenner 143
Inspektionssatelliten 158
Intelligenzwesen, außerirdische 225, 232, 342
Internationale Astronautische Föderation 120, 225
Internationales Geophysikalisches Jahr (IGJ) 147, 149, 337
–, sowjetisches Forschungsprogramm 147
Intervention 55
Ionenrakete 177, 318 ff
Ionosphärenforschung 145
Iridium 43

Jaeger 136
Jegorow 199
Joliot-Curie-Krater 209
Junkers 95
Jupiter 221
Jupitermonde 171, 222
Jupiterrakete 155, 187

Kältelaboratorium 241
Kammhuber 129
Kampfrakete 19, 23, 120 ff, 137

Kanonenmethode 5 ff, 275
Karpenko 318
Katapultstart 269
Katjuscha 126, 137
Kegeldüse 105 f
Kegelschnitte 169 ff
Keimfreiheit 203
Kennedy 306, 310
Kepler 163, 170
Keplersche Gesetze 170 ff, 214
Kernfusion 320
Kernlampe 324
Kernverschmelzung 320
Kibaltschitsch 28, 51
Kilopond 60, 167
Koexistenz 201, 289, 346
Kohlhörster 291
Kolbenpumpen 46
Kolonialismus 203, 224 ff, 342
Kolonien 203, 224, 228
Kolumbus 224
Kommunistische Partei Deutschlands 77, 112
Kommunistisches Manifest 79, 226
Kompressor 254
Kondratjuk 141, 223, 276, 293
Konkurrenzkampf 71, 80, 91, 100, 154
Konstantinow 19
Konterrevolution 55
Konturbetten 271, 312
Kopenhagen 21
Kopernikus 8, 162 f, 171, 230
Kosmos—Sputniks 347
Kostenberechnung 334
Kotelnikow 61
kp 60, 167
KPD 77, 112
Kreisbahngeschwindigkeit 172 ff
Kreisel 50, 182
Kreiselpumpen 46
Krieg, Großer Vaterländischer 19, 137
Krupp 17, 23, 131
Kühlung 43 ff, 143 ff, 187 ff
Kühlung, kapazitive 44, 143
Kukarkin 340
Kummersdorf, Heeresversuchsstelle 112
Kunststoffe 141 ff, 177, 187
Kurssteueranlage 50
Kurvenflüge 269
KZ—Lager „Dora" 119

Laboratorien, automatische 192 ff, 295
Ladungsformen 14, 20, 142 f
Laika 152
Landefallschirm 145, 184
Landung, harte 203
Landung, weiche 223, 296
Lang 76 f
Lapirow—Skoblo 61
Lavaldüse 12
Lawinenrakete 26
Lebedew 324
Leben auf anderen Himmelskörpern 203, 231 ff, 342
Lefschetz 207
Leibniz 169
Leitstern 51
Lengird 61
Lenin 28, 56, 327
Lenkung, automatische 50, 117, 182
Leonidow 62
Ley 100 f, 117
Lichatschow 271
Licht, infrarotes 235
Lichtbogenaufheizung 318
Lichtdruck 323
Lichtgeschwindigkeit 323, 330
Lichtjahr 330
Lichtteilchen 323
Lilienthal 47
Linde 40, 90
Lithium 57, 319
Lithiumoxyd 246
Lithiumperchlorat 142
Lockheed U-2 127, 159, 286
Logarithmus, natürlicher 37
Lomonossow-Krater 209
Lorenz 74 f
Luftbremsen 184
Luftdichte 9, 185, 250
Luftdruck 9, 250
Lufterneuerung 48, 246, 253
Luftfeuchtigkeit 246
Lufthülle 9, 185, 222, 254
Luftreibung 50, 185 ff, 273
Luftruder 50 f
Luftschleuse 253, 284
Luftstauung 185 ff, 273
Luftversorgung 48, 246, 253
Luftwiderstand 6, 11, 177, 179, 185, 273
Luftzirkulation im Raumschiff 238, 260
Lukian von Samosate 8
Lunik I 194 ff
Lunik II 201—204
Lunik III 204—210, 51
Lustfeuerwerkerei 26

Mace 125, 129 f
Magnetfeld 293
Magnetfeld des Mondes 199, 202, 293
Majak 244
Malinowski 127, 136
MAN 131
Mann, Th. 285
Mannesmann 131
Manufaktur 18
Mare Moskwa 209
Marsatmosphäre 223, 254
Marsexpedition 54, 216
Marslandung 223
„Marsmenschen" 73
Mars-Sonde 217
Martin Company 150, 154
Marx 15, 79, 224, 336
Masse 166 ff
Massedurchsatz 273
Massenverhältnis 37 ff, 140, 144, 333
Massenvernichtungsmittel 72, 118, 133, 211, 222, 226, 285 ff, 325
Matador 125, 129 f
Materie, interplanetare 202
Materie, interstellare 332
Maxwell 183, 323
Maybach Motorenbau GmbH 131 f
Mebus 131
Medaris 204
Meer der Heiterkeit 203
Meer des Traumes 209
Mehrstufenraketen 52
Mendelejew 41, 335
Mercury-Atlas 305, 309 f, 347
Mercury-Redstone 305—309
Mersenne 166
Meschta 195
Mesonen 329 f
Messerschmidt AG 130, 132
Meßwertübertragung 148, 195, 210, 265
Mestscherski 36
Metallbeimischungen 57, 59
Metalldispersionen 57

Metallkarbide 43, 143
Meteore 252, 340
Meteorschutz 253, 340
Mikrometeore 252
Milchstraßensystem 230
Minimumrakete (Mirak) 107 f
Modell B 70 f, 103
Modell E 76
Modell-Startversuche 80
Moleküle, Wärmebewegung 234
Molybdän 43
Mond 171, 198, 338 ff
Mondatmosphäre 339
Mondauto 339
Mondflugbahnen 198 ff
Mondfotografie 209
Mondkanone 5
Mondlandung 6, 203, 224
Mond, Magnetfeld 199, 202, 293
Mondrakete 64, 198 ff, 201 ff, 212 f
Mondreisen 5 f, 8, 198 ff, 227 f
Mondrückseite 199 f, 209
Mondrückseite, Foto 209
Mondsatellit 201, 293
Mondschwerkraft, Geschwindigkeitserhöhung durch 200
Mondsiedlung 337, 340
Mondstützpunkt 204, 338
Mondteleskop 339
Mond, Umkreisung 200, 205 ff
Moos 231
Mosgird 61, 64
Muskelerschlaffung 276
Mutationen 297

Nachrichtenverbindung, interstellare 232 f
Nähralgen 249
Naphtha 40, 42
Narodnaja Wolja 28
NASA 160, 286, 304
NATO 124, 128 f, 131, 136, 158
Natriumdampfwolke 195, 202, 259
Nebel 102 ff, 110, 112 f, 131
Neher 288
Neo-Kolonialismus 203, 224 ff, 342
Nervenleitgeschwindigkeit 50
neutraler Punkt 199
Newcomen 314
Newton 10, 166, 169, 314
Nike 227
Nitroglyzerin 40, 141
Nitrozellulose 40, 141
Noordung, siehe Potočnik 245, 283 f
Norstadt 136
Nova 212
Nullpunkt, absoluter 241, 234
Nutzen der Raumfahrt 241, 297, 334 ff

Oberländer 129
Oberth 31, 45, 68 ff, 79, 103 ff, 110, 112, 136, 180, 197, 222, 263, 279, 284 f, 291, 339
Observatorium 184
Obstplantage 248, 281
Oerlikon 130
Oerstedt 183
Ökosphäre 231 f
Oktoberrevolution, Große Sozialistische 55, 151 f, 303, 344
Opel 80 ff
OR 1 60
OR 2 60
Orangerie 248, 281
Orbiter 154
Orientierungssystem 189, 208, 220, 301, 310
Ossoaviachim 60, 61 ff, 298
Oxydator 41 ff, 142
Ozon 43, 141, 254

Panzerabwehrwaffe 65
Papst 8
Papst Pius XII. 331
Parabel 169 f
Parabelbahn 263 f
Paramount 99
XXI. Parteitag der KPdSU 157, 168, 194, 229, 323
XXII. Parteitag der KPdSU 127, 136
Pawlow 266
Peenemünde 70, 109, 114, 117, 120
Pendel, elektroballistisches 19
Périer 9
Perigäum 185
Petit 166
Petroleum 40
Pfeile des fliegenden Feuers 15
Pferdmenges 131
Photonen 323
Photonenrakete 177, 323 f, 330, 333
Piccard 235, 239
Pioneer 194, 197 f, 212 f
Pisa, Glockenturm 256 f
Pius XII. 331
Planetenatmosphäre 222 ff
Planetenbahnen 213
Planeten, Entwicklungszustand 221 ff, 231
Planetenexpeditionen 213 ff, 231, 340
Planeten, Schwerkraft 221
Planeten-Sonden 216 ff
Planetoiden 222, 224
Plattform, kreiselstabilisierte 182, 189, 208
Plechanow 29, 35
Poe 9
Polarbahn 174 f
Popow 183
Postrakete 27, 72
Potočnik 245, 283 f
Powers 127
Primärstrahlung 291
Profit 27 f, 154, 161, 226 ff, 286, 324 ff
Programmlenkung 50, 117, 182, 270
Projekt Adam 305
Projekt Mercury 304 ff
Ptolemäus 162
Pulverherstellung 18
Pulverrakete 13
Pulverrakete, Herstellung 23 f
Pulverrakete, Ursprung 13
Pulverrohstoffe 17
Pulver, Zusammensetzung 14
Pumpenförderung 46
Puy de Dôme 9
Pythagoras 230

Quantenradiophysik 232
Quantenrakete 323
Quarzuhr 195, 259

Radioteleskop 218, 233
Ranger 213, 302
Rakete, chemische 41, 137, 315

Rakete, interkontinentale 121 ff, 138
Rakete, kosmische, Bewegungsenergie 176, 184 ff, 190
Rakete, erste kosmische 194 ff
Rakete, zweite kosmische 201–204
Rakete, dritte kosmische 204–210, 51
Rakete, Lenkung 50 f
Raketen, meteorologische 63, 145 ff
Raketenantrieb 10
Raketenantrieb, Wirtschaftlichkeit 87
Raketenauto 80 ff, 86, 91
Raketenbewegung, Fundamentalgleichung 35 ff
Raketenbomber 53 ff, 59, 133
Raketenbremsung 186, 224
Raketenfluggeräte Ziolkowskis 47
Raketenflugplatz Berlin 101 f, 107 ff, 112
Raketenflugzeug 53 ff, 57, 73, 133
Raketenindustrie 223
Raketen-Jagdflugzeug 133
„Raketenjahre" 74, 86
Raketenlandung 186, 224
Raketenpendel, elektroballistisches 19
Raketenprüfstand 58 ff
Raketenschlitten 53, 85, 275
Raketenspitze 187 ff
Raketentorpedo 16
Raketenwerfer 137
Raketenzug 52
Raumanzug 272, 308, 312
Raumfahrtforschung 192, 337
Raumfahrt — gesellschaftliches Bedürfnis 35, 334 ff
Raumfahrtmedizin 265, 270, 299
Raumfahrt, Nutzen 241, 297, 334 ff
Raumfahrt, Ursprung 164
Raumfahrtwissenschaft 32, 165
Raumfahrzeuge, Bewegungsenergie 176, 184 ff, 190
Raumflugbahnen 215 ff
Raum, interplanetarer 192 ff
Raumkabine 246, 250, 252 ff, 271, 311
Raumkapsel, amerikanische, siehe Mercury
Raumlaboratorium 149, 241, 338
Raum, leerer 262
Raummonteur 239, 253
Raumraketenbomber 191
Raumruder 51
Raumschiffbahnen 218
Raumschiffentwürfe Ziolkowskis 47
Raumschiffe, bemannte sowjetische 184, 189, 298 ff, 310 ff
Raumschiffe, unbemannte sowjetische 265, 295 ff, 347
Raumsonde 192 ff, 212
Raumstation 280 ff, 285 ff, 338
Raumstation, Bau 281
Raumtaucher 253
Raupenfahrzeuge 193
Reaktion, thermonukleare 320
Rechengeräte 181, 202, 208, 336
Redstone 120, 154, 305 ff
Registrierraketen 63, 72, 145 ff
Reibungshitze 50, 184, 255, 296
Reichswehr 69, 73, 94, 102, 110 ff
Reise-Ellipsen 215 ff
Reise, intergalaktische 276, 330 ff
Reise, interstellare 232, 241, 276, 330 ff
Reiserouten 215
Relativitätstheorie 327 ff
Rendezvous-Technik 174 ff, 280 f
Repulsor 107 f, 334
Rettungsraketen 20, 25
Reusch 131
Richtsystem 189
Richtungsänderungen 50
Richtungsfehler 181, 183, 194, 200, 296
Riedel, K. 107 f, 334
Riedel, W.H.J. 91, 94, 113
Riesenspiegel 286
Rjabtschikow 56
Rotationsraketen 22 f
Rote Armee 109, 137
Royal Air Force 114
Royal Dutch 107
Rückkehr 184 ff, 275, 296
Rückstoßwagen 80 ff, 91, 314
Rudolph 91, 113
Rundreise 217 f
Rutherford 316
Rynin 30, 61, 271

Salpeter 14, 16 f
Salpeterplantage 17
Salpetersäure 43, 140
Salz von China 16
Sander 81
Sänger 44, 53 f, 59, 132 ff, 136, 228, 289, 324 ff, 331 ff, 334, 342, 345 f
Sarnaki 117
Sasjadko 19
Satellit 149 ff, 170 ff, 179 ff, 201, 280 ff, 285 ff, 293
Satellit, Bewegungsenergie 176, 184 ff, 296
Satellit, militärischer 72, 158 ff, 285 ff, 338
Satellitenaufstieg 179 ff
Satellitenbeobachtungsdienst 229
Satellitenfahrzeug, Bahnänderung 188
Saturn 212
Saturn, Ring 281
Sauerstoff, flüssiger 40, 42, 247
Sauerstoffgeräte 254
Sauerstoffmangel 250 ff
Sauerstoffträger 41 ff, 142
Sauerstoff, verflüssigter 40, 42, 247
Schallbarriere 255
Schaufelrad-Satellit 158
Schießbaumwolle 40
Schiffsrettungsraketen 20, 25
Schlamm 123
Schleierkühlung 44 f, 144
Schmelzkühlung 187
Schmiedl 27
Schnellwagen 53
Schriever 129
Schubkraft 60
Schubregelung 138, 144
Schubumkehr 144
Schubverlauf 14, 142
Schuppenpanzer 239 f
Schutzschicht 187 f

Schwarzpulver 14, 17, 23, 40, 142
Schwerelosigkeit siehe Gewichtslosigkeit
Schwerkraft 166
Schwitzkühlung 44 f, 144
Score 157
Sedow 149, 202
Seebohm 134 f
Seelenrakete 14, 24
Seenotdienst 25
Sehstörung 269
Sekundärstrahlung 292
Selen 51
Sensationspresse 65, 74, 82, 102, 150, 193
Sergeant-Rakete 194
Seringapatam 20
Sergejew 271
Seyliger 61
s'Gravesande 314
Shell Company 92
Shepard 184, 305, 306
Shepherd 153
Shukowski 48
Sidewinder 130
Siemenskonzern 131
Signalraketen 19, 65
Simienowicz 52 f
Simulator 272, 299, 313
Singer 286
Sinterwerkstoffe 45
Sklodowskaja-Curie 291
Smithsonian Institution 64
Snark 51, 125
Sollrichtung 50 f
Sonne 214, 235, 242
Sonne, Erkalten der 342
Sonnenbatterien 244
Sonnenenergie 177, 235, 242 ff
Sonnenkraftwerk 242 ff, 320
Sonnenkraftwerke, biologische 244, 248
Sonnenstrahlung 235
Sonnenstrahlung, Stärke 242
Sonnensystem 213
Sonnensystem, Entfernungen im 214
Sonnentätigkeit 292
Sowjetgebirge 209
Sozialistische Akademie der Wissenschaften 56
Speichervorrichtung 159, 199
Sperry 50
Spionagesatellit 158 ff, 286 ff
Spiralbahn 186, 191
Sport 277
Sprungbrettstation 285
Sputnik 1 54, 150 ff
Sputnik 2 151 ff, 292
Sputnik 3 155 ff, 244, 292
SS 117
Stabilisierung 187, 189
Stabilisierungsstab 14
Stamer 84
Stampfe 18
Stanukowitsch 340
Stapp 274 f
Starfighter 130
Startrakete 53 ff, 95, 309, 314
Staustrahlantrieb 333
Steighöhe 42, 146, 168, 272
Sternenregenbogen 333
Sternfeld 218
Stettbacher 119
Stinnes 131
Stoletow 48
Stolypin 41
Strahlenkrankheit 292 ff, 297
Strahlruder 50 f, 117, 182
Strahlung, kosmische 291 ff
Strahlung, ultraviolette 255
Strahlungsgleichgewicht 236 ff, 255
Strahlungsgürtel 290 ff
Stratosphärenballon 145, 234, 291
Stratosphärenballon „UdSSR 1" 234
Strauß 121, 128, 130, 132, 289
Stromlinienform 47, 177
Strughold 254
Stufenprinzip 52, 146
Stützpunktsystem der USA 121 f, 226
Super-Veronique 132
Supraleitfähigkeit 242
Supraterra 289
Synergieproblem 75, 179 ff

Tantal 43, 143
Telefunken 131
Temperatur 234
Temperaturregelung 237 ff
Test-Satellit 155
Thermoelemente 244
Thor 193, 227
Thor-Able 159
Tichonrawow 64, 145, 244
Tierversuche 148, 152, 264 ff, 271, 296 f
Tietze 86
Tiros 159
Titow 184, 310 ff
Toftey 67
Trägheitsbahn 262
Training 263, 270 ff, 299
Transportraketen 176, 281
Treibstoffe, exotische 141
Treibstoffe, flüssige 42 f, 140
Treibstoffe, feste 14, 29, 141 ff
Treibstoffkomponenten 41, 141
Treibstofförderung 45, 138
Triebwerke der Zukunft 177, 220, 313 ff
Triebwerke, kombinierte 144
Tschischewski 61
Turbinenstrahltriebwerke 57

Überlichtgeschwindigkeit 330, 332
Übervölkerungsproblem 341
UFA 75 ff, 85, 105
UFA-Rakete 75, 77 ff, 105
Uhrenparadoxon 328 ff
v. Ulinski 89
Umkreisung des Mondes 200, 205 ff
Umlaufbahn 176 ff
Umlaufgeschwindigkeit 173
Umlaufkühlung 43 f, 117
Umweltbedingungen 192, 233
Unge 23
Universum Film AG 75 ff, 85, 105
US-Armee 120
USA-Waffenamt 65, 67

V 1 125
V 2 (A 4) 45, 114 ff, 120, 140, 145 f, 156
Valier 53, 79 ff, 90 ff, 104, 275, 334
Vanguard 145, 148 ff, 161
VDI 74
Venusatmosphäre 222
Venuslandung 222
Venusreise 215 ff
Venusreise, Antriebsbedarf 215

Venussonde 178, 218 ff
Verbrennungstemperatur 43
Verdampfungskühlung 144
Verein Deutscher Ingenieure 74
Verein für Raumschiffahrt 103 ff, 111, 113, 334
Vereinigte Aluminium-Werke 131
Vergleich zwischen Höhenrakete und Satellit 176, 184
Vergleich zwischen Feststoff- und Flüssigkeitsrakete 136 ff
Verne 5, 34, 64, 71, 94
Veronique 147
Versailler Vertrag 110 ff
VfR 103 ff, 111, 113, 334
Viking 145
Volkhart 81, 86
Volkswagenwerk 125
Vorhut-Raketen 145, 149 ff, 161

Wächterbombe 285
Waffenstrahlen 325
Wärme 234
Wärmeschutzschild 187
Wärmestau 185
Wärmestrahlung 235 ff
Wärmeübertragung 234
Wartemanöver 217, 293
Wartezeiten 217
Warwarow 337, 340
WASAG 70
Wasserdampfrakete 314
Wasserstoff 42
Wasserstoffbombe 322
Wasserstoffsuperoxyd 43
Wassiljew 271
Wechselbeziehungen zwischen Raumschiff und Umgebung 234 ff, 260
Wells 64
Weltall, Umfahrung des bekannten Teiles 332
Weltbild, wissenschaftliches 162 ff, 171, 210 ff, 331
Weltenfahrzeug, Ganswindts 31, 278
Weltraumäquivalenz, partielle 254
Weltraumbedingungen 254
„Weltraumkälte" 233 ff
Weltsystem, heliozentrisches 8, 162 ff, 171
Werk „Dora" 115
Werkstoffe, hochwarmfeste 43, 143, 336
Weser-AG 131
(West-)Deutsche Gesellschaft für Raketentechnik und Raumfahrt e. V. 134 f, 288
Wetschinkin 61
Wettervorhersagen 147, 159, 337
White Sands Proving Grounds 67
Wilkins 8
Wilson 55, 154
Wilsonsche Nebelkammer 291
Windkanal 47 f
Winkler 94 ff, 104, 107, 161, 275
Wirkungsgrad 64, 87
Wirtschaftskrise 95, 105
Wohlbefinden 246
Wohnrad 282 ff
Wohnzylinder 279
Wolfram 43, 143
Wostok 1 184, 189, 298 ff
Wostok 2 184, 189, 310 ff
Wright 47
„Wunderwaffen" 114 ff, 126, 129, 325
Wurf 122, 169, 172

Zagut 61
Zander 56 ff, 61, 106, 136, 141, 143, 190, 223, 244, 276
v. Zborowski 131
Zeit 326 ff
Zeitdehnung 328 ff
Zeitreserve 251
Zellen, thermionische 245
Zentrifuge 271 ff
Zersetzungskühlung 187
Ziolkowski 30, 32 ff, 35 ff, 41 ff, 47 ff, 52 ff, 56, 61 ff, 103 f, 117 f, 120, 136, 140, 149, 165, 180, 182, 188, 190, 210, 223, 240, 242, 244, 248, 270 f, 276, 279, 281, 285 ff, 295, 298, 301, 316, 318, 320, 340, 341, 343
Ziolkowski-Krater 209
Ziolkowskische Gleichung 35 ff
Ziolkowskische Zahl 37
Zörgiebel 77
Zukunftsantrieb 177, 220, 313 ff
Zündung 47, 140, 322
Zündverzug 140
Zuverlässigkeit 160, 178, 193, 302, 336
Zwischenstationen 54, 176 ff, 320

Der Schuß zum Monde 5
Der Raketenantrieb 8
Der Ursprung der Pulverrakete 13
Die Entwicklung der Pulverrakete 17
Die Grenzen der Pulverrakete 23
Die Verwendung der Pulverrakete 25
Nikolai Iwanowitsch Kibaltschitsch 28
Hermann Ganswindt 30
Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski 32
Die Fundamentalgleichung der Raketenbewegung 35
Die Flüssigkeitsrakete 41
Die Raketenfluggeräte Ziolkowskis 47
Das Stufenprinzip 52
Friedrich Arturowitsch Zander 56
Die Schüler Ziolkowskis 61
Robert Hutchins Goddard 64
Hermann Oberth 68
Max Valier 79
Raketenautos? 86
Noch einmal: Max Valier 90
Johannes Winkler 94
Der Verein für Raumschiffahrt 103
Das Heereswaffenamt 110
Hitlers Wunderwaffen 114
Durchkreuzte Pläne 120
Gefahrenherd Westdeutschland 128
Flüssige oder feste Treibstoffe? 136
Raketen zur Höhenforschung 145
Die Sputniks 149
Ein Triumph der Wissenschaft 160
Ein wenig grüne Theorie 165
Der Aufstieg eines Satelliten 179
Das Problem der Rückkehr 184
Erforschung des interplanetaren Raumes 192
„Mondraketen" 198
Rote Wimpel auf dem Mond 201
Der Flug um den Mond 204

Die Reaktionäre in der Defensive .. 210
Zu den Planeten .. 213
Landung auf anderen Himmelskörpern .. 221
Neue Kolonien? .. 224
Leben auf anderen Sternen .. 230
Das Schreckgespenst „Weltraumkälte" .. 233
Sonnenkraftwerke im All .. 242
Luftversorgung im luftleeren Raum .. 246
Jenseits der Atmosphäre .. 250
Im „schwerelosen" Raum .. 255
Schwerer als eine Figur aus Eisen .. 266
Gewichtsersatz .. 276
Raumstationen .. 280
Ein neues Damoklesschwert? .. 285
Allseitige Vorbereitungen .. 290
Unbemannte Raumschiffe bahnen den Weg .. 295
Der erste Mensch im All .. 298
Unternehmen Mercury .. 303
Fünfundzwanzig Stunden im All .. 310
Triebwerke der Zukunft .. 313
Raum, Zeit und „Wunder" .. 326
Raumfahrt – ein gesellschaftliches Bedürfnis .. 334
Der Frieden wird triumphieren .. 345

Sachverzeichnis .. 349

Lektor: Herbert Schmidt
1. Auflage 1962, 1.–30. Tausend
als Sonderausgabe des Werkes: Horst Körner „Stärker als die Schwerkraft"
(2. verbesserte Auflage) für „Die Kleine Hausbibliothek".
Alle Rechte vorbehalten · Copyright 1960 by Urania-Verlag,
Verlag für populärwissenschaftliche Literatur, Leipzig/Jena/Berlin
Lizenz-Nr. 212 · 475/31/62 · ES 20 L5
Schutzumschlag: Adelheim Dietzel, Dresden
Illustrationen: Gerhard Lehmann, Hermann Goebel, Staßfurt
Typographie: Gestaltungsbüro Karl-Marx-Werk, Pößneck
Gesamtherstellung: Karl-Marx-Werk, Pößneck
Printed in the German Democratic Republic
Redaktionsschluß: 31. 12. 1961