

*Konstantin E. Ziolkowski*  
**Ziele der Raumschiffahrt**  
(Kaluga 1929)  
**Kosmische Raketenzüge**  
(Kaluga 1929)

Übersetzungen aus dem Russischen

Herausgegeben von der  
Schul- und Volkssternwarte K. E. ZIOLKOWSKI

**Suhl 1990**



*Konstantin E. Ziolkowski*

# **Ziele der Raumschiffahrt**

**(Kaluga 1929)**

# **Kosmische Raketenzüge**

**(Kaluga 1929)**

**Übersetzungen aus dem Russischen**

Herausgegeben von der  
Schul- und Volkssternwarte K. E. ZIOLKOWSKI

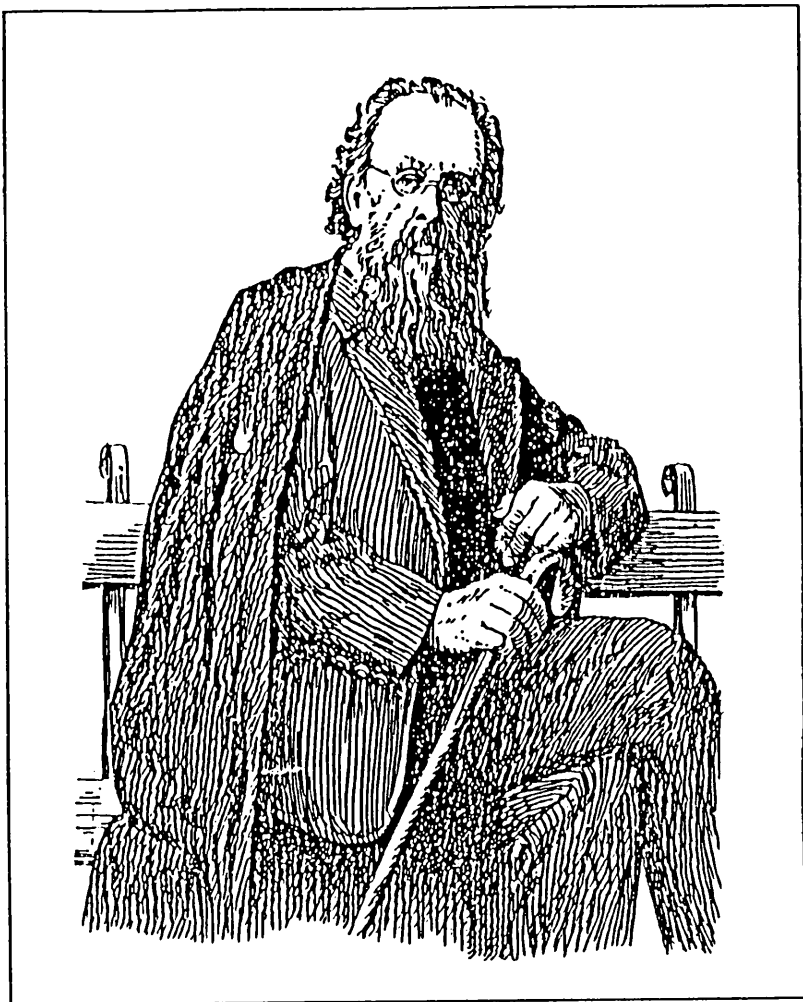
**Suhl 1990**

Herausgegeben von der  
Schul- und Volkssternwarte K. E. ZIOLKOWSKI  
Auf dem Hoheloh • Schließfach 505  
**O-6000 Suhl**  
Telefon 2 35 56

Verantwortlicher Herausgeber: *StR Rolf Henkel*

Deutsche Übersetzung:  
*Ella Radsckaja, Kaluga*  
*Hans-Joachim Linke, Suhl*

© Schul- und Volkssternwarte K. E. ZIOLKOWSKI  
1. Auflage  
Satz: *M. Tilgner, Hamburg*  
Druck: Suhl



**Konstantin E. Ziolkowski (1857-1935)**

## **Inhaltsverzeichnis**

Ziele der Raumschiffahrt .....	1
Kosmische Raketenzüge .....	53
Nachwort des Herausgebers .....	101
Bibliographie .....	103
Abbildungen .....	107

## Ziele der Raumschiffahrt

**M**an schreibt und spricht bei uns und im Ausland viel über die Möglichkeiten der Raumschiffahrt.

Aber was wird dann sein, welchen Sinn hat dieser Fortschritt? Welchen Nutzen kann die Menschheit aus der Zugänglichkeit der Himmelsräume ziehen?

Viele stellen sich Raumschiffe mit Menschen vor, die von Planet zu Planet reisen, die allmähliche Bestiedlung der Planeten und die daraus entstehenden Vorteile, wie im Fall gewöhnlicher irdischer Kolonien.

Aber so wird es bei weitem nicht vonstatten gehen. Von der Landung auf großen Himmelskörpern ist heute noch nicht zu träumen - so kompliziert ist sie. Sogar die Landung auf solchen kleinen Körpern wie unserem Mond ist Sache der entfernten Zukunft. Leichter erreichbar sind nur solche kleinen Körper und Satelliten wie Asteroiden (von 10 bis 400 Werst\* im Durchmesser).

Das Hauptziel und die ersten Errungenschaften der Raumschiffahrt gelten der Ausbreitung der Menschheit in den Weltraum sowie der Nutzung der Sonnenenergie und der überall zerstreuten Massen, wie Asteroiden und noch kleinere Körper.

---

\* 1 Werst = 1,067 km

### **Warum die Menschen sich im Weltraum ansiedeln sollten\***

Welch unvernünftiger Gedanke! - wird der Leser sagen. - Ist es denn möglich, im Weltraum zu leben, ohne Planeten, ohne festen Boden unter den Füßen? Nur große Planeten haben Atmosphären und können den Menschen aufnehmen!

Aber erstens ist die Landung auf massereichen Planeten in technischer Hinsicht schwierig. Diese Schwierigkeiten können nur Fachleute verstehen. Zweitens finden wir dort Atmosphären von unbekannter Zusammensetzung, mit unbekanntem Pflanzen und Tieren, mit unbekannter Temperatur. Schon das allein kann uns vernichten.

Mit der Zeit wird man die Planeten jedoch beherrschen. Aber das ist vorläufig eine Aufgabe der fernen Zukunft. Es ist sogar noch zu früh, von ihr zu sprechen.

Auch wenn wir schon jetzt alle Planeten erreichten, so würden wir dennoch einen verhältnismäßig geringfügigen Nutzen davon haben. Tatsächlich wird der Wert eines Planeten durch die von ihm erhaltene Sonnenenergie bestimmt. Doch alle Planeten zusammengenommen empfangen nur zehnmal mehr Energie als die Erde. Das ist völlig bedeutungslos im Vergleich zur gesamten Sonnenenergie, die 2,2 milliardenfach größer ist als der von der Erde erhaltene Teil und 200 millionenfach größer als jene Energie, die alle Planeten unseres Sonnensystems erhalten.

Das ist aber die Energie, die der Mensch nutzen kann, wenn er im Himmelsraum Unterkunft finden könnte! Das Erreichen dieses Zieles ist kaum mit der Entdeckung von zweitausend Millionen neuer Planeten, ähnlich der Erde, zu vergleichen.

---

\* Zwischenüberschriften sind vom Herausgeber eingefügt worden.



Wenn wir uns das Leben im Weltraum klar vorstellen, so werden wir die Bedeutung des Wortes „kaum“ gut verstehen.

Wir stellen uns nämlich die Frage: Was kann unsinniger sein als das Leben im leeren Raum und ohne festen Boden? Doch ist dies nicht nur erreichbar, sondern man gewinnt sogar Vorteile, die allerdings außerordentlich schwer richtig einzuschätzen sind.

Man müßte prüfen, wie der Mensch dort atmet, wie er Wohnstätten\* errichtet, wie er sich bewegt, die Pflanzen züchtet, wie er selbst lebt, wie er sich ernährt, wie er arbeitet, mit der Technik zurechtkommt, sich fühlt, heiratet, sich fortpflanzt, was sein Gesundheitszustand ist usw. usw.

Das Fehlen von Luft oder einer Atmosphäre ist anscheinend der schwerwiegendste und unzulässigste Mangel. Diese Aussage ist jedoch nur teilweise wahr, denn die Atmosphäre kann auch Quelle größter Nöte für den Menschen sein. Vorläufig kann der Mensch weder die Atmosphäre noch ihre Temperatur oder eine andere ihrer Eigenschaften steuern. Nehmen wir nur einmal die Temperatur als Beispiel. So ist es fast unmöglich, am Äquator in der Tageshitze zu leben. In der Nacht ist es zwar erträglicher, aber die Luft ist feucht und ungesund. Die nördlichen Länder haben hinsichtlich der Hitze einen unerträglichen Sommer und in bezug auf die Kälte einen ebenso schwer erträglichen Winter. Welch gewaltige Opfer und Mühen kostet die Menschheit ihr Kampf mit der Lufttemperatur, mit Winden, Schnee, Regen, Dürre, Bakterien und so weiter!

Darüberhinaus bringt uns die Atmosphäre um einen gewaltigen Anteil der Sonnenenergie: Ein Teil wird von den Wolken reflektiert, der andere sogar von der

---

\* Raumstationen (der Übers.)

wolkenlosen Luft absorbiert. Sie beraubt uns.

Weder Menschen noch Pflanzen können vorläufig ohne Gase auskommen. Ein Mensch braucht mindestens die Hälfte der vorhandenen Sauerstoffmenge, die er jetzt einatmet, d.h. solche mit der Dichte (0,00012), bei der der Druck nicht weniger als  $100 \text{ g/cm}^2$  (oder 0,1 Atmosphären) beträgt. Man benötigt noch eine kleine Beimengung an Wasserdampf. Stickstoff und andere Gase sind nicht nötig, ja sogar schädlich, wie ein nutzloser Zusatz zum Brot schädlich ist.

Die Pflanzen können sich von einer winzigen Menge an Kohlendioxid, Sauerstoff, Stickstoff und Wasserdampf ernähren. Das ist ihre Gasernährung. Der Gesamtdruck dieses Gasgemisches macht nicht einmal den hundertsten Teil der Atmosphäre (d.h.  $10 \text{ g/cm}^2$ ) aus.

Das heißt, der Zusatz einer kleinen Menge Kohlendioxid und Stickstoff zur Atmosphäre des Menschen macht diese Atmosphäre auch für die Pflanzen geeignet.

Wir werden vorläufig nur über diese Art der Atmosphäre sprechen, darüber, wie sie vor der Zerstreuung zu bewahren und von der Verschmutzung zu säubern ist. Obwohl jedes Wesen, jede Pflanze eine besondere Zusammensetzung der Atmosphäre ebenso braucht wie eine besondere Temperatur und einen besonderen Nährboden, lassen wir diese Einzelheiten vorläufig unbeachtet.

Gewöhnlich wiegt ein kugel- bzw. zylinderförmiges Metallgefäß, das Innendruck aushalten kann, zehnmal mehr als das in ihm eingeschlossene Gas von der Elastizität des Sauerstoffs. Nehmen wir an, daß ein Mensch ein Volumen von  $100 \text{ m}^3$  benötigt. Das Gewicht von einem Kubikmeter Sauerstoff wird etwa 0,00012 t betragen, das Gewicht von  $100 \text{ m}^3 = 0,012 \text{ t}$ , das Gewicht des Gefäßes = 0,12 t oder 120 kg, d.h. somit ist die diesem Volumen entsprechende Masse zweimal größer als die Masse eines Menschen.

Für die Behausung des Menschen 120 kg Glas, Stahl, Nickel und andere feste Metalle anzuwenden - das sind Kleinigkeiten! Auch eine zehnmal größere Masse wäre kein ernstes Problem.

### **Wie eine Weltraumstation beschaffen sein könnte**

Wie wird eine solche Behausung eingerichtet? Ihre Form ist zylindrisch, an beiden Enden von halbkugelförmigen Flächen eingeschlossen. Je geräumiger sie ist, desto größer wird die Wandstärke sein. Deshalb wird die Raumstation (damit sich die Wandstärke als praktisch erweist) für einige Hundert oder Tausend Menschen eingerichtet. Sie besteht aus einer innen und außen glänzenden zylindrisch-kugelförmigen Oberfläche. Ein Drittel ist der Sonne zugewandt und ist gitterförmig, mit darin eingesetzten Scheiben, ähnlich einem gebogenen Rahmen mit zahlreichen Fensterscheiben.

Welche Form und welche Ausmaße sind am vorteilhaftesten? Eine Kugelform ist deshalb unvorteilhaft, weil die Verbindung runder Oberflächen nicht einfach herzustellen ist. Besser zu gestalten sind runde zylindrische und sehr lange Formen. Die Raumstation für die Menschen sieht also wie ein Rohr aus, dessen Länge relativ groß ist.

Wie groß ist ihr Durchmesser? Je größer er ist, desto weniger Sonnenlicht entfällt auf die Volumeneinheit oder auf jeden Bewohner. Das heißt, ein großer Durchmesser ist nicht vorteilhaft, weil das ankommende Licht die Pflanzen ernährt und die Pflanzen den Menschen. Doch auch ein kleiner Durchmesser ist nicht gut, weil er die Bewegungen hemmt, den Raum beschränkt und eine geringe Wandstärke ergibt. Man sollte den Durchmesser nicht kleiner als 2-3 m gestalten. Natürlich kann er aber bedeutend größer sein, entsprechend der Bestimmung der Wohnung. Die Räume für Veranstaltungen werden riesig

sein, auch die Werks- und andere öffentliche Anlagen. Ihre Dimensionen entsprechen ihrer Bestimmung. Wir beschränken uns vorläufig auf die Familie, wie sie lebt und was sie ißt. Den Berechnungen zufolge ist die Hülle des Zylinders mit einem Durchmesser von 3 Meter unpraktisch dünn. Aber es hindert uns nichts, sie 10- bis 100mal stärker zu machen. Die Haltbarkeit vergrößert sich im gleichen Verhältnis, und es bedeutet auch keine Verschwendung von Material hierfür.

Ein dickwandiges Rohr hat außer den Vorteilen der Beleuchtung noch andere: je geringer sein Durchmesser ist, um so mehr voneinander isolierte Abteilungen können darin eingerichtet werden. Das vermindert auch das Risiko des Entweichens von Luft und des Sterbens im Vakuum.

Gehen wir einmal davon aus, daß die Länge der Raumstation 3 km beträgt, der Durchmesser 3 m. Dann kann sie in 300 Abschnitte geteilt werden, jeder von 10 m Länge, 3 m Breite und  $70 \text{ m}^3$  Volumen. Das ist ein recht brauchbarer Raum, ausreichend für die Unterkunft einer mittleren Familie. Seine bestrahlte Oberfläche beträgt  $30 \text{ m}^2$ , was für einen Gemüsegarten, der die Familie ernährt, vollkommen genügt.

### **Wie das Leben innerhalb der Weltraumstation gesichert werden kann**

Wie steht es um die Sicherheit? Angenommen, aus einem der Wohnräume beginnt die Luft nach außen zu entweichen. Ein Manometer würde es sofort anzeigen. Sogleich begibt sich die Familie in den benachbarten Raum, während die schadhafte Kabine isoliert wird. Danach untersucht man selbige unter Benutzung von Schutzkleidung und repariert den Schaden. Anschließend kehrt die Familie in ihren Wohnraum zurück. Es ist

verständlich, daß diese Gefahr umso kleiner ist, je mehr Räume vorhanden sind. Auch können besondere Vorrichtungen für den automatischen Nachweis der Stelle des Gasausströmens angebracht werden.

Die Luft in den Räumen würde verderben, wenn sich darin nicht Pflanzen und ihr Nährboden befänden. Und so, wie auf der Erde ein Kreislauf erfolgt, der die Atmosphäre und den Boden reinigt, so geschieht es auch in unserer kleinen Welt, d.h. im Wohnraum der Familien. Die Einzelheiten erläutern wir, wenn wir die Züchtung der Pflanzen beschreiben.

Wenden wir uns der Temperatur der Raumstation zu. In der beschriebenen Konstruktion und bei ihrem Abstand von der Sonne, der der Entfernung der Erde von ihr entspricht, also auf der Umlaufbahn der Erde, ist eine erträgliche Temperatur nur bei ständiger Drehung der Wohnung möglich. Bald sind die Fenster auf die Sonne, bald in die entgegengesetzte Richtung orientiert. So erhält man in der Wohnstätte abwechselnd Tag und Nacht. Eine Temperaturregelung ist auch erreichbar mit der ständigen Ausrichtung eines Teils der Fenster auf die Schattenseite, so daß ungefähr 10% der gesamten inneren Wandfläche bestrahlt sind.

Die Temperatur wird überhaupt von unserem Wunsch abhängen und läßt sich von 250 Grad Kälte bis 200 Grad Wärme regeln, je nachdem, welchen Anteil des Sonnenlichts wir nutzen. Kurz und gut, man kann nicht nur alle Klimata der Erde erzeugen, sondern auch Klimata aller Planeten des Weltalls.

Nur eines ist hier nicht gut gelöst. Die Ökonomie fordert, daß wir einen möglichst großen Teil der Sonnenenergie mit Hilfe von Pflanzen oder anderen Mitteln ausnutzen. Aber dies würde zu 200 Grad Wärme führen, und alles würde verbrennen. Es wäre jedoch schade, Licht zu verlieren, indem wir uns von ihm abwenden. Es gibt ein

einfaches Mittel: auf eine andere, eine fernere Bahn auszuweichen, zwischen Mars und Jupiter und näher zum ersteren. Wenn wir uns zweimal weiter entfernten als der Abstand Erde-Sonne beträgt, würden wir nicht weniger Wärme haben als für den Menschen und die Pflanzen für ihre geeignete Entwicklung nötig ist. Dann brauchte man sich nicht umzudrehen und Sonnenenergie zu verschenken.

Eine Zeitlang können wir auch auf der Erdbahn leben, aber das ist verschwenderisch. Doch in der doppelten Entfernung erhalten wir eine viermal größere sonnenbeschienene Fläche als in der Erdentfernung. Auch dort werden wir noch viele Stoffe finden, denn das ist schon hinter dem Mars, im Asteroidengürtel. (Es gibt auch eine nicht verschwenderische Weise, die gesamte Sonnenenergie zu nutzen, ohne sich von der Sonne zu entfernen).

Wie wird die Wirkung der Sonne auf uns sein? Wie wird es uns in unserer Raumstation ergehen? Nun, wir erhalten ewigen Tag oder ewige Nacht oder den Wechsel der beiden, je nach Wunsch. Die Pflanzen können den ewigen Tag ausnutzen. Und der Mensch, der infolge der Erdrotation gewöhnt ist zu schlafen, kann sich während der Erholung mit einem Schild abschirmen und die notwendige Dunkelheit erzeugen. Immer haben wir schönes Wetter und haben eine Temperatur nach Wunsch. Man ist nicht auf Kleidung und Schuhe angewiesen. Eine reichliche Ernährung mit vegetarischer Kost ist gesichert. Infizierung und Erkrankungen sind wegen des Fehlens von ansteckenden Bakterien, der Isolierung und einer jederzeit möglichen Desinfektion der Räume durch Temperaturerhöhung auf 100 Grad Celsius und mehr nicht zu fürchten. Noch in der doppelten Entfernung von der Sonne kann man die Temperatur zu diesem Zweck stark erhöhen. Jedoch wird davon später die Rede sein. Kann man all das mit der benachteiligten Erde vergleichen?

Und gehen wir noch zu einem wichtigen Sachverhalt, zu einem weiteren wertvollen Geschenk des Weltraumes über: zum Fehlen der Schwere. Dort gibt es zwar Masse, aber es ist so, als ob die Schwerkraft fehlt.

### **Über die Bedeutung der Schwerewirkung**

Unsere Raumstation bewegt sich mit der Geschwindigkeit von einigen Dutzend Werst pro Sekunde oder einigen Millionen Werst am Tag, je nach ihrer Entfernung von der Sonne; je näher zu ihr, desto schneller und umgekehrt. Aber wir bemerken diese Bewegung gar nicht, wie wir auch die Erdbewegungen nicht wahrnehmen. Es scheint uns, als seien wir in die absolute Bewegungslosigkeit versetzt.

Auf uns wirken die Kräfte der Anziehung der Sonne, der Planeten, der Sterne und aller Himmelskörper. Jedoch wir fühlen auch sie nicht. In unserer Raumstation aber, weit von der Erde entfernt, ist es anstelle der Erde die winzige Masse des Rohres, die wegen seiner Kleinheit keine merkliche Anziehung auf uns ausübt.

Die Anziehungskraft der Sonne und der anderen Himmelskörper läßt uns auf sie zu fallen und deshalb eine Kurve beschreiben, ähnlich derjenigen, die die Erde beschreibt. Aber der Fall unserer Raumstation und unserer eingeschlossenen Besatzung wirken ganz gleichartig. Deshalb bemerken wir ihn auch nicht, wie wir auch unseren Fall zur Sonne hin nicht bemerken, wenn wir uns auf der Erde befinden.

Es ist, als ob die Schwere fehle, so wie allem Anschein nach die Bewegung fehlt. Es gibt weder Schwere noch Bewegung, falls wir sie nicht selbst erzeugt haben. Wie sind die Folgen? Die Körper drücken nicht aufeinander und fallen auch nicht. Ein Gebäude, wie groß es auch

wäre, sogar von einigen Dutzend Werst Größe, kann nicht auseinanderbrechen und nirgendwohin fallen. Beim Bau gibt es keine Probleme mit der Schwere. Nur bei planetaren Ausmaßen der Anlagen von einigen Hundert Werst könnten ihre Teile aufgrund der gegenseitigen Anziehung einen bemerkbaren Druck aufeinander ausüben. Bei ungenügendem Widerstand des Materials nähern sie sich und werden zerstört. Doch auch die zerstörte Behausung kann nirgendwohin fallen, so wie auch der Mond nicht auf die Erde fällt und beide nicht auf die Sonne.

Die Körper können sich unbeweglich verhalten, ohne jede Stütze und ohne gegenseitige Berührung. Ihre Ausrichtung im Ruhezustand ist ganz beliebig. In unserer Raumstation können wir z.B., ohne zu fallen, (ohne Befestigung oder andere Halterung) in der Luft hängen, mit dem Kopf der Sonne zugewandt oder mit den Füßen zu ihr oder seitwärts, wie wir es wünschen.

Gewichte existieren bei uns nicht, es gibt nur Massen. Jede beliebige Masse können wir in der Hand halten, ohne die kleinste Schwere zu empfinden. Sie kann auf dem Kopf sein, auf dem Rücken, auch unter den Füßen - wir bemerken sie gleichermaßen nicht. So ist ersichtlich, daß wir weder Kleidung und Schuhe noch Möbel brauchen. Wozu sind Stühle, Sessel, Betten, Federbetten, Kissen usw. da, wenn der Mensch von selbst auf nichts drückt, wenn kein Körper auf ihn drückt. Jede Stelle ist so weich, wie es kein Federbett sein kann.

Wozu zarte Früchte, Glasgeschirr und zerbrechliche Dinge mit Stroh, Holzmehl, Sägemehl und Watte verpacken, wenn es keinen gegenseitigen Druck gibt. Ist das alles nicht ein großer Vorteil unserer Umgebung?

Ein Oben und ein Unten gibt es nicht. Solange der Mensch sich noch nicht daran gewöhnt hat, scheint das Oben über dem Kopf und das Unten unter den Füßen zu sein. Das Oben und das Unten werden nun nach Wunsch



geändert. Wie fühlt man sich wohl die erste Zeit ohne Stütze, den Abgrund unter den Füßen? Bald verschwinden die Illusionen des Oben und auch die Angst. Jedoch braucht man zunächst zur Beruhigung die Wohnung, die Wände, den Fußboden und sogar die Berührung mit ihnen.

### **Bewegungsabläufe - Hilfsmittel dazu**

Nun betrachten wir die Bewegung. Wir werden nicht über die absolute Bewegung sprechen, die es überhaupt nicht gibt. Es gibt Bewegungen in bezug auf die Erde, die Sonne oder auf irgendeinen anderen Körper. Die absolute Bewegung ist jedoch nicht bekannt. Doch wir lassen auch unsere planetare Bewegung unberücksichtigt (unsere Raumstation verhält sich wie ein Planet), d.h. die Bewegung relativ zur Sonne. Denn wir bemerken sie nicht und sprechen vorläufig nicht von ihr. Wir meinen hier nur die von uns erzeugte Bewegung: mittels der Muskeln, Maschinen oder sonst etwas.

Die Gesamtheit der Raumstationen, die eine gewaltige Ausdehnung in Länge und Breite und eine gewaltige Masse besitzen, halten wir für unbeweglich, so wie wir beim Betrachten der irdischen Bewegungen des Menschen unseren Planeten für unbeweglich halten.

Wir befinden uns z.B. in einer geräumigen Halle, in der wir verschiedene Experimente zur Bewegung durchführen.

Angenommen, irgendwo in der Mitte des Saales befände sich irgendein Stein, ein Tisch, ein Schrank oder ein anderer Gegenstand, dessen Teile nicht zusammenwirken und sich nicht bewegen, wie z.B. in einer arbeitenden Maschine oder einem Lebewesen, d.h. wir gehen von einem festen, nichtorganischen Körper aus.

Mit einiger Mühe können wir unseren Gegenstand (z.B. den Tisch) aufstellen, so daß er sich nicht bewegt. Nachdem wir das erreicht haben, was dann? Er wird völlig unbeweglich bleiben, d.h. er wird sich in bezug auf die Wände unseres Raumes weder drehen noch sich bewegen. Die Lage, die wir ihm gegeben haben, behält er für alle Ewigkeit bei.

Dasselbe können wir mit einem Menschen anstellen: ihn auch starr aufstellen, indem wir ihn bitten, seine Glieder nicht zu bewegen. Dann wird er sich weder den Wänden nähern, noch sich von ihnen entfernen.

Doch dann räumen wir ihm die Bewegungsfreiheit ein und bitten ihn, Füße und Hände und was er möchte in Bewegung zu setzen und sich uns zu nähern. Was werden wir erblicken? Er wird sich krümmen, alle seine Glieder bewegen sich, aber er bleibt an Ort und Stelle. (Wenn wir uns vorstellen, daß um ihn herum Leere ist). Er zappelt ganz frei mit den Füßen und Händen, krümmt sich wie ein getretener Wurm, dreht den Kopf nach rechts und nach links, nimmt alle Lagen an (eine sitzende, eine stehende), richtet Hände und Füße nach allen Seiten. Sein Schwerpunkt aber bleibt auf ein und demselben Platz und ist um keinen Zentimeter von der Stelle gekommen.

Wir bitten unseren Freund sich zu drehen, wie sich die Kinder drehen. Aber auch das gelingt ihm nicht, trotz all seiner Mühen und Anstrengungen, unsere Bitte zu erfüllen. Sobald er erschöpft ist, sich beruhigt hat und müde wurde, ist sein Gesicht auf dieselbe Seite ausgerichtet wie am Anfang, als wir ihn starr aufgestellt hatten. Die Richtung seines Körpers hat sich nicht im geringsten geändert.

Wenn die Sache so beschaffen ist, wie kann man sich dann überhaupt bewegen, sich nach verschiedenen Seiten ausrichten und den Platz wechseln? Nichts kann leichter

als das geschehen. Man kann sich nach allen Richtungen drehen und bewegen soviel man will, sowohl in der Luftumgebung wie auch in der Leere. In der Luftumgebung reichen die Handflächen. Sie können uns als Flügel dienen. Bald hätten wir gelernt, uns zu drehen und zu bewegen, wohin wir wollten, indem wir die Luft wegstoßen. Handflächen sind aber schlechte Schwinge - ihre Oberfläche ist zu klein. Man müßte leichte Platten in die Hand nehmen, ungefähr von einem Quadratmeter Fläche. Mit ihrer Hilfe könnte man sich sehr schnell drehen und bewegen. Die Flügel können auch kleiner sein. Es ist ja nicht nötig, die Schwerkraft zu überwinden. Man ist nur gezwungen, gegen die Trägheit des Körpers und den Widerstand des Mediums zu kämpfen, d.h. gegen seine Trägheit und Reibung. Dafür benötigt man geringe Anstrengungen, wenn die gewöhnliche Geschwindigkeit eines Fußgängers gewünscht wird.

In der Luft und im leeren Raum kann man aber auch andere Verfahren anwenden. Im leeren Raum sind sie sogar unbedingt notwendig, weil es in ihm keine anderen Fortbewegungsmittel gibt. In der Atmosphäre unserer Behausung sind sie nicht nötig, hier genügen Flügel. Wir werden jedoch die Versuche in unserer Halle fortsetzen, indem wir den Luftwiderstand vernachlässigen. Er ist nicht groß bei den gewöhnlichen, geringen Geschwindigkeiten des Menschen.

Wir haben gesehen, daß der Mensch sich nicht selbst in Bewegung setzen, d.h. eine Vorwärts- oder Drehbewegung erlangen kann. Er könnte sich nicht einmal nach einer anderen Seite drehen. Es ergäbe sich eine ungeordnete Bewegung der Glieder und nur dies. Letzten Endes bliebe alles im ursprünglichen Zustand.

Doch stellen wir uns vor, der Mensch sei angezogen. Er legt den Hut ab oder den Rock (das ist ihm möglich) und wirft sie zur Seite. Die Sachen fliegen davon, doch auch er bleibt nicht an Ort und Stelle. Langsam schwebt er in die

entgegengesetzte Richtung, bis er an die Wand stößt. Wenn nicht das Hindernis da wäre, würde die Bewegung ewig, gleichmäßig und geradlinig andauern.

Je größere Masse der weggeworfene Gegenstand hat und je stärker er weggeworfen wird, desto schneller bewegt sich auch der Mensch. Wenn zwei Menschen gleicher Masse sich mit gleicher Kraft voneinander abstoßen würden, dann bewegten sich beide mit gleicher Geschwindigkeit nach entgegengesetzten Seiten. Wenn der eine von beiden die halbe Masse besäße, würde er eine doppelt so große Geschwindigkeit erhalten als der andere.

Dabei ist es schwer, eine Drehung zu vermeiden: Die sich voneinander abstoßenden Massen drehen sich auch noch. Im allgemeinen ist ihre Bewegung gleich der Bewegung eines Wagenrades, eines Planeten, eines Kinderbrummkreisels usw. Theoretisch aber ist auch ein Abstoßen ohne Drehung möglich, d.h. eine reine geradlinige Bewegung.

Wir betrachten die Drehung einmal gesondert. Wenden wir uns wieder unserem angekleideten Menschen zu. Biten wir ihn, die Mütze oder die Stiefel abzulegen und sie auf Art des Brummkreisels zu drehen. Jetzt erblicken wir die sich drehenden Stiefel oder die Mütze. Aber auch der Mensch, der diese abgelegt hat, beginnt sich langsam zu drehen. Mit einem Wort, er dreht sich langsam, wie auch seine Mütze, aber in die entgegengesetzte Richtung. Je massereicher und größer der Gegenstand ist, den er in Drehung versetzt hat und je schneller dieser rotiert, desto schneller dreht sich auch unser Mann. Wenn zwei Menschen gleicher Gestalt und Masse einander gedreht hätten, so würden beide die gleiche Winkelgeschwindigkeit der Drehung haben. Wenn sich jedoch der eine um seine Höhe zu drehen begann und der andere um seine Breite, so wird sich letzterer langsamer drehen, weil das Drehmoment um die Querachse größer sein wird.

In der Luft würde die Drehung infolge der Reibung natürlich früher oder später aufhören. In der Leere aber würde sie ebenso ewig und gleichmäßig sein wie die Bewegung der Planeten. Und zwei sich drehende Menschen werden ewig wie Puppen rotieren. Ihr Wille ist weder imstande, diese Bewegung zu beenden, noch die Vorwärtsbewegung. Wenn sie sich aber ineinander verklammern, so wird ihre Bewegung angehalten, d.h. es wird keine Drehung mehr geben.

Stellen wir uns eine Ansammlung von Menschen vor, ohne Abstützung, vollkommen unbeweglich und nicht rotierend. Ihr gemeinsamer Schwerpunkt ist stabil. Das Drehmoment ist auf ewig gleich Null. Aber jeder von ihnen kann nach Herzenslust Fratzen schneiden, Faxen treiben, verschiedene Posen annehmen. Die Bewegungen all ihrer Muskeln sind ebenso frei wie auf der Erde. Sich voneinander abstoßend, können sie jede Dreh- und Vorwärtsbewegung erhalten. Wenn jemand eine solche Bewegung erhalten hat und sich nicht in der Menschenmenge halten kann und auch nicht durch ein Seil mit ihr verbunden ist, so wird er niemals weder seine Drehbewegung noch seine Vorwärtsbewegung verlieren. Er bleibt für alle Ewigkeit ein Kreisel und nimmt für immer von seinen Freunden Abschied. Er wird sich ewig bewegen, gleichmäßig und geradlinig. Er wird Tausende, Zehntausende Werst zurücklegen und doch nicht stehenbleiben. Alle können auseinandergehen, wohin sie wollen, ihr Schwerpunkt aber bleibt fest an einem Punkt des Raumes.

Um die Bewegung anzuhalten, muß man einem anderen Körper, den wir bei uns haben, eine entgegengesetzte Drehung oder eine entgegengesetzte geradlinige Bewegung erteilen. Wenn diese nicht ausreicht, so wird sich die Bewegung des Hauptkörpers nur verlangsamen; wenn sie ausreicht, so wird sie anhalten. Doch wenn sie zu schnell ist, so wird die Bewegung nicht aufhören, sondern sie

ändert dann die Richtung.

Jetzt ist es verständlich, wie die Bewegungen in der Luft anzuregen und zu beenden sind. In der Raumstation kann man sich von den Wänden, von irgendwelchen Gegenständen oder von der Luft mit Hilfe von kleinen Flügeln abstoßen, die natürlich kein Gewicht besitzen. Im leeren Raum ist die Sache gefährlicher und komplizierter. Hier muß man eine Stütze haben, d.h. einen anderen Körper, wobei jener nicht mit der Raumstation verbunden sein muß. Man kann eine Rakete, komprimiertes Gas oder Dampf, jeden beliebigen festen oder flüssigen Körper benutzen.

Ohne bewegliche Halterung und ohne Wegwerfen von Körpern (die für immer von uns wegfiegen werden) könnten wir auch auskommen, indem wir uns mit einer Leine oder einem Drahtseil an unserer Raumstation anbinden. Nun stoßen wir uns in die gewünschte Richtung ab und schweben, bis die Leine uns zum Halten zwingt. Bei der Rückkehr ziehen wir uns dann mit der Leine zur Wohnung.

Also kann die Bewegung in der Leere, im schwerelosen Raum von dreierlei Art sein. Die geradlinig-gleichförmige Bewegung ohne Drehung, die Drehbewegung mit festem Schwerpunkt und einer stationären Drehachse, und die gemischte, d.h. die Vereinigung der ewigen Drehbewegung mit der fortschreitend-geradlinigen Bewegung.

Es gibt noch eine kompliziertere Drehbewegung, bei der Schwingungen der Drehachse hinzukommen. Sie ist aber nicht stabil, d.h. nicht ewig und verwandelt sich allmählich in eine einfache Drehung um die freie Achse.

Wir sprechen hier nicht von komplizierten Körpern, deren Teile beweglich sind oder über lebendige Körper. Sowohl diese als auch jene können sichtbare und unsichtbare Teilchen ausstoßen. Und deshalb scheinen die genannten Gesetze verletzt zu werden. So scheidet jedes Lebewesen

ununterbrochen verschiedene Stoffe aus, z.B. Dämpfe und Gase, und ist deshalb einem Rückstoßgerät ähnlich. Der Mensch in unserer Raumstation, zuerst vollkommen unbeweglich, bekommt unter dem Einfluß des Ausströmens der Gase und Dämpfe, der ungleichmäßigen Blutzirkulation, der Bewegungen des Herzens und anderer Organe allmählich nicht nur eine Dreh-, sondern auch eine Vorwärtsbewegung. Nur geschieht das nicht sofort, sondern in einem längeren Zeitabschnitt.

Wenn es kein Wegwerfen (Wegstoßen, Ausströmen) gibt, so unterliegen alle lebenden und toten Körper, wie kompliziert sie auch seien, drei Gesetzen, und zwar:

- A) Wenn sich der Schwerpunkt eines komplizierten Körpers im Ruhezustand befindet, so kann diese Ruhe von den inneren Kräften des Körpers nicht verletzt werden.
- B) Wenn der Schwerpunkt eine Bewegung ausführt, so ist auch diese Bewegung durch die inneren Kräfte weder der Größe noch der Richtung nach zu ändern, d.h. diese Bewegung wird ewig, gleichförmig und geradlinig sein.
- C) Hierher gehört noch das dritte äußerst wichtige Gesetz, das sich auf die Drehung eines komplizierten Körpers bezieht, dessen Teilchenbewegung und gegenseitige Lage sich ständig verändern: Das mechanische Drehmoment dieses Körpers bleibt auf ewig konstant (über die Momente jeder Art schlage man in einem Lehrbuch zur Mechanik nach).

Dieses Gesetz läßt sich anwenden z.B. auf sich zusammenziehende Sonnen, Nebel, Planeten, Sonnensysteme. Seine Anwendungen sind zahllos. So wird sich die Drehbewegung einer Gruppe von Menschen, die fest mit den Händen verbunden ist und sich zu einer noch dichteren Gruppe zusammenzieht, sehr beschleunigen und zwar umso stärker, je dichter diese Gruppe wird und

umgekehrt. Dabei verstärkt sich nicht nur die Winkel-, sondern auch die absolute Geschwindigkeit.

Was fühlt denn der Mensch, der sich dreht oder sich ohne Drehung bewegt? Wieder werden wir ihn oder uns selbst in der Wohnstätte beobachten. Weil dies für uns ungewohnt ist, werden wir uns der fortschreitenden Bewegung überhaupt nicht bewußt sein. Wir haben den Eindruck, daß nicht wir, sondern die uns umgebenden Wände sich bewegen. Auch der eigenen Drehbewegung sind wir uns nicht bewußt. Wir stellen uns nicht unsere eigene Drehung vor, sondern eine Drehung des Zimmers. Uns scheint, daß jemand unsere Behausung zu drehen begann. Wir sind ja Bewohner der Erde und drehen uns mit ihr, bewegen uns vorwärts und haben mit ihr Hunderte von verschiedenen Bewegungen gemein. Aber wir empfinden sie alle nicht als unsere eigene Bewegung, sondern als die Bewegung der uns umgebenden Himmelskörper. Nur die von uns selbst hervorgerufenen Bewegungen erkennen und empfinden wir. Viele Erdbewegungen existieren also für unsere Wahrnehmungen gar nicht.

Doch dort im Weltraum erzeugen wir selbst unsere kleinsten Bewegungen. Warum kommen sie uns nicht als unsere vor, sondern als fremde? Der Grund liegt in der Leichtigkeit und in der Unauffälligkeit dieser Bewegungen infolge des Fehlens von Stößen, Erschütterungen und anderer Folgen irdischer, nicht idealer Bewegungen und Drehungen.

Doch alle diese Illusionen müssen im Laufe der Zeit wenigstens in der Raumstation verschwinden. Zuerst scheint es uns, daß die Ufer, vom Dampfer aus gesehen, sich bewegen. Dann aber erkennen wir die Bewegung des Schiffes, wie leise und gleichmäßig sie auch sei. So wird es wahrscheinlich auch im Weltraum sein.



Bisher sprachen wir über die Ruhe und über Bewegungen in den Wohnstätten. Aber wie werden unsere Wahrnehmungen außerhalb, in der grenzenlosen Weite des Weltalls, in den leuchtenden und heißen Sonnenstrahlen sein?

### **Was man aus der Weltraumstation heraus beobachtet**

Schon durch die Fenster des Gebäudes können wir viel sehen. Der Himmel ist schwarz. Die Sternbilder sind so, wie wir sie von der Erde aus sehen, nur weniger Röte ist in den Sternen, mehr Vielfältigkeit in ihren Farben. Sie blinken und funkeln nicht, und bei gutem Sehvermögen kommen sie uns wie Punkte (ohne Strahlen) vor. Die Sonne erscheint uns auch bläulich. Die Erde zeigt sich wie ein Stern, wie die Venus, und unser Mond ist kaum bemerkbar. Das Muster der Sternbilder hängt nicht von unserem Ort im Planetensystem ab, es bleibt dasselbe: vom Jupiter aus wie vom Merkur. Die Sonnengröße aber ist nur von der Erdbahn aus gesehen die gleiche.

Wegen des Fehlens der Atmosphäre sind Sterne, Nebel, Kometen, Planeten und ihre Monde außerordentlich deutlich zu sehen. Mit bloßem Auge sieht man, was auf der Erde ohne Teleskop nicht zu sehen ist. Mit Hilfe des letzteren kann man das erblicken, was von der Erde aus noch nie gesehen wurde.

Besondere schützende Bekleidung mit Vorrat an Sauerstoff und Absorbieren für menschliche Ausscheidungen gestatten es, aus unserer Wohnstätte nach draußen auszusteigen.

Richten wir uns in ihrem Schatten ein. Die Sonne ist nicht zu sehen. Das gesamte Bild kommt uns sehr seltsam vor. Wir fühlen uns im Zentrum einer kleinen schwarzen Kugel, überschüttet mit den vielfarbigem

Lichtpunkten der Sterne und Nebelflecke. Außerdem erstreckt sich durch die ganze Kugel das breite Nebelband der Milchstraße, sich hier und dort teilend. Jedesmal, wenn wir uns von der Sonne abwenden, versinken wir in der Nacht. Wenn wir uns von der Wohnstätte entfernen, ohne ihren Schatten zu verlassen, sehen wir auf einmal fast den ganzen Himmel, die ganze Sphäre.

Die Sonne würde uns töten mit ihren ultravioletten Strahlen, wenn die speziellen Gläser, unsere Schutzkleidung und die Wohnstätte dies nicht verhüten würden. Auf der Erde schützt uns ja die Atmosphäre vor ihnen.

Wenn wir aus dem Schatten herausgleiten, erblicken wir die Sonne. Sie scheint uns bedeutend kleiner als von der Erde aus gesehen, so verkleinert wie die Himmelskugel. Das ist subjektiv, sie hat sich nicht im geringsten verkleinert.

Man kann sich schwer vorstellen, was der Mensch im Weltall inmitten dieser schwarzen Kugel fühlt, die mit vielfarbigen glänzenden Punkten übersät und vom silbernen Nebel übermalt erscheint. Der Mensch besitzt nichts, weder unter den Füßen noch über dem Kopf. Vielleicht erscheint es ihm so, als würde er jeden Augenblick zum Boden dieser Kugel fallen, zu jener Seite, wohin seine Füße ausgerichtet sind.

Stößt er sich von seiner Raumstation ab, so wird er eine Gerade beschreiben und müßte seine Wohnstätte auf immer verlassen. Aber das eine wie das andere ist nicht ganz richtig. Die Sonnenanziehung läßt ihn nämlich einen Kreis um das Himmelslicht beschreiben, zu welcher Seite er seine Bahn auch gerichtet hätte. Das heißt, die Linie wird nicht gerade, sondern krumm sein. Aber ein Bogengrad dieses Kreises (in der Erdentfernung) beträgt mehr als zweieinhalb Millionen Werst. Die Bahn kann also auf eine Länge von Hunderttausenden Kilometern als

Gerade angesehen werden. Wenn der Mensch dabei je einen Meter pro Sekunde zurücklegt (die Geschwindigkeit eines Fußgängers), so wird sein Weg im Laufe von einigen Jahren pfeilgerade verlaufen. Die ganze Kreisbahn wird er dann in 30 000 Jahren durchfliegen. Aber auch danach wird er so weit an seiner Wohnstätte vorbeifliegen, daß er sie nicht bemerkt.

Wenn sich die Menschheit in der gewaltigen Himmelskugel schon verbreitet hat und diese kreuz und quer mit Raumstationen und anderen für sie notwendigen Vorrichtungen bebaut hat, wird das treibende Wesen nicht hilflos sein. Es sieht und begegnet überall menschlichen Behausungen, erhält Angaben, Hinweise und kehrt zurück, wohin es will.

Wie weiträumig ist doch das Gebiet des Sonnensystems, diese Kugel, die nur der Mensch besetzen kann! In der doppelten Entfernung (im Vergleich zu der Erde) ist die Oberfläche dieser Kugel 8,8 milliardenmal größer (fast neun) als die Fläche des größten Erdschnittes (ihre Projektion) oder 2,2 milliardenmal größer als die gesamte Erdoberfläche. Um so viele Male mehr im Vergleich zur Erde erhält diese Kugel auch Sonnenenergie.

Nun erhält unsere Erde die Sonnenenergie aber nicht vollständig. Mehr als die Hälfte davon wird von den Wolken in den Himmelsraum reflektiert, ein Teil wird durch die Atmosphäre absorbiert, ein Teil fällt fruchtlos in Ozeane, Wüsten, auf die Gebirge und Eisfelder. Im Gesamtergebnis erhält die Erdoberfläche kaum mehr als 10% von dem, was ihr zugestrahlt wird.

Auf diese Weise ist der Wert dieser größeren Kugel, ihres ewigen Tages, der reinen Sonnenstrahlen also noch zehnmal größer und beträgt das 22 milliardenfache in bezug auf die Erde.

Die Weite dieses glänzenden Feldes ist auch von dieser Ziffer nicht zu bestimmen. Sie ist Millionen von

milliardenmal größer als die irdische. Die Hauptbedeutung besteht jedoch nicht darin, sondern in der Sonnenenergie.

Die Bewegung und ihre Gesetze sind außerhalb der Behausung gewiß dieselben wie im Innenraum. Jedoch die Empfindungen sind seltsamer.

Die fortschreitende Bewegung wird überhaupt nicht wahrgenommen und den umgebenden künstlichen Körpern zugeschrieben. Auf die Lage der Sterne und der Planeten aber wirkt sie sich nicht im geringsten aus. Also, wenn es ringsumher weder Menschen noch ihre Bauten gibt, scheint alles im Ruhezustand zu sein.

Es ist aber schwer, die streng parallele Fortbewegung zu erhalten. Sie wäre unbemerkbar, wenn sich ihr nicht die Drehbewegung hinzugesellen würde. Die letztere, wenn sie schwach ist, wird nicht uns selber zugeschrieben, läßt uns aber über die Drehung des schwarzen Himmelsgewölbes nachdenken. Die Drehachse unseres Körpers wird zur Achse der Welt. So würde, wenn wir uns um unsere Länge drehen, über dem Kopf ein Pol (mit dem „Nordstern“), unter den Beinen der andere sein. Die übrigen Sterne werden in derselben Zeit, in der der Mensch seine Umdrehung ausführt, Kreise beschreiben. Wenn sie z.B. 10 Minuten dauert, so wird die Himmelskugel ihre Umdrehung in 10 Minuten vollenden. Eine schnelle Drehung kann Schwindel, Krankheit und sogar den Tod hervorrufen. Und deshalb kann sie vom Menschen an ihren Folgen erkannt werden.

Es fällt schwer, auf die Illusion von Oben und Unten zu verzichten. Über dem Kopf scheint das Oben zu sein, obwohl der Kopf infolge der Drehung des Körpers um seine Querachse die ganze Zeit gesenkt und gehoben würde. Es scheint uns, als ob die Sterne sich senken und heben. An das Herabsinken des Kopfes glauben wir nämlich nicht; es ist, als ob er unbewegt wäre und über

ihm das Oben.

Es erschreckt uns auch das Unten unter den Füßen ohne Abstützung. Es scheint ganz so, als werde man dorthin fallen. Unangenehm wirkt das Fehlen des Fundaments, einer Diele oder des Bodens.

### **Gesundheit und Verhalten der Menschen**

Wir erwähnen nun nicht an dieser Stelle die Anfänge des Lebens im Kosmos. Sein Ursprung befindet sich auf der Erde. Die ersten Wohnstätten, Instrumente, Maschinen, Pflanzenschulen, Arbeiter usw. - das alles wird von unserem Planeten bereitgestellt. Wir können hier nur den allmählichen Übergang der Auswanderer von unserem Planeten zum selbständigen, von der Erde unabhängigen Leben im Weltraum beschreiben, die Entwicklung der Industrie, der Bevölkerung und ihre Ausbreitung in die Himmelsphären. So ernähren sich die Kolonisten in der ersten Zeit von den mitgebrachten Vorräten und erstarben nur allmählich und erreichen so Selbständigkeit, Wohlergehen und weitere Ausbreitung.

Wir setzen diesen Beginn des Lebens als schon gegeben voraus. Uns bleibt nur, es zu beschreiben. Wie es jedoch auf der Erde vorbereitet und in den Weltraum gebracht wurde - das soll hier nicht erörtert werden.

Könnte das Fehlen der Schwere nicht der Gesundheit des Menschen schaden? Die Schwerkraft verstärkt den Andrang des Blutes nach den Füßen hin. Ihr Ausbleiben verstärkt dagegen den Andrang des Blutes zum Gehirn. Deshalb riskiert ein zum Schlaganfall neigender Mensch mit geschwächten Blutgefäßen (Apoplexie), beim Eintauchen ins Wasser, im liegenden Zustand oder mit nach oben gerichteten Füßen zu sterben.

Im Wasser und in liegender Position verhält sich der Blutdruck des Menschen vergleichsweise wie beim Wegfall der Schwere. Fehlende Schwerkraft ist deshalb für ihn ebenso schädlich oder nützlich wie eine liegende Position. Für Kranke und Schwache ist diese Lage nützlich und sogar unentbehrlich. Daher ist eine schwerelose Umgebung für Ärzte, Patienten und Beinamputierte das reine Paradies: Es gibt keine wundgelegenen Stellen, alle Körperteile sind zugänglich und alle Bewegungen frei. Für Gesunde wird das Liegen im Laufe der Zeit natürlich unerträglich. Aber das kommt wohl mehr davon, daß der Liegende zur physischen Untätigkeit gezwungen ist. Wenn er im Bett mit seinen Muskeln arbeiten könnte, würden diese unangenehmen Empfindungen wieder verschwinden. Natürlich ist es auch langweilig zu liegen - es gibt wenige Eindrücke. Das ist ein Grund. Im schwerelosen Raum hängt die Arbeit mit beliebigen Muskeln völlig von uns ab.

Die Schwere trägt zum Stuhlgang und zum Schlucken bei, jedoch kann auch das in der horizontalen Lage geschehen. Folglich ist dies unabhängig voneinander. Akrobaten vermögen sogar mit den Füßen nach oben zu trinken und zu essen, und das ist kein Schwindel.

Die aufrechte Stellung kann auch auf der Erde sogar gewisse Krankheiten entstehen lassen, und deshalb ist ein Zuviel davon sogar schädlich.

Im Weltraum braucht man für Geschirr, Werkzeuge und allerlei Gegenstände des täglichen Bedarfs keine Körbe, Regale, Tische, Schränke u.a.m.. Das ist gut. Doch indem sie keine Schwere haben, bleiben sie nicht an Ort und Stelle, sondern wandern unter dem Einfluß der geringsten Kräfte, sogar der unvermeidlichen Luftbewegung, durch alle Räume wie lebendige Wesen, wie Staubteilchen.

Das ist unerträglich und sogar gefährlich, denn beim Atmen können einem Menschen eine Erbse, ein Nagel,

eine Nadel und ähnliches in den Hals geraten und ihn töten. Nun lassen sich jedoch alle Kleinkörper in leichten Paketen, Kisten, Schachteln und Säcken aufbewahren, die größeren in Netzen. Es ist sogar leicht, weil geringe Kräfte dafür ausreichen. Man kann sie auch an einer kurzen Leine halten.

Was kann man mit dem Humusboden machen, der für die Pflanzen unentbehrlich ist? Bei geringsten Stößen, Reibungen, Bewegungen, Luftströmen oder besonders, wenn er trocken ist, reißt er sich vom Platz los und tanzt in der Luft als Stäubchen, Lehmkörnchen, Sand, Kalk usw. Das ist ebenfalls unzulässig. Starke Winde tragen auch auf der Erde nicht nur Staub - er ist immer in der Luft -, sondern auch große Sandkörnchen, sogar Steinchen, Blätter, Insekten u.a., dahin. Doch ohne Schwerkraft ist die Sache bedeutend häufiger und ernster. Gewiß muß man die Luft, ehe sie für die Atmung dienen kann, ununterbrochen durch Netze filtrieren, durch Stoffe und verschiedene Flüssigkeiten.

### **Künstliche Schwerkrafterzeugung**

Das ist aber zuwenig. Unbedingt muß man eine künstliche Schwerkraft erzeugen. Sicherlich ist es nicht erforderlich, sie so groß wie die Erdschwere zu machen und damit die Menschen zu belasten. Die Schwere von einem Hundertstel oder einem Tausendstel der Erdschwere würden vollkommen ausreichen. Nehmen wir beispielweise die Schwächere von beiden, reicht sie aus? Unter ihrem Einfluß werden alle großen Körper zum künstlichen Unten fallen, d.h. auf die Diele, denn dann entstehen ja auch Fußboden, Decke und Schränke. Aber der Fall wird langsamer sein: In einer Sekunde fällt der Körper um einen halben Zentimeter, in 10 Sekunden um einen halben Meter, in der Minute nur 18 Meter. Damit

wird klar, daß auch nur eine Minute genügt, um den höchsten Raum von vagabundierenden Körpern zu befreien - von großen wie von kleinen.

In den speziellen Räumen für Pflanzen ist eine schwache, künstliche Schwere besonders notwendig, um die Erde an ihrem Platz zu halten. Für die Pflanzen sind natürlich Staub, Sandkörner und das Schweben größerer Körner nicht gefährlich. Aber sie sind doch schädlich, weil sie ihnen Sonnenlicht wegnehmen. Außerdem, wie können die Pflanzen gedeihen, wenn der ganze Boden im Raum zerstreut würde?

Im Weltraum kostet der Erhalt der künstlichen und ununterbrochenen Schwere gar nichts. Nur wenn sie groß wäre, würde man gezwungen, solche Räume für die Pflanzen und Menschen bedeutend fester und deshalb massiver zu machen.

Die Schwerkraft wird durch die Drehung des Körpers erzeugt. Die Rotation im leeren Raum dauert ewig an. Und deshalb wird die Schwere nicht nur ewig und ständig sein, sondern sie wird auch keine Mühe kosten. Je größer die Geschwindigkeit der Körperteilchen auf der Kreisbahn ist und je kleiner der Radius dieser Bahn, desto stärker wird die Schwere sein, die durch die Zentrifugalkraft hervorgerufen wird und umgekehrt.

### **Gewächshaus zum Anbau von Pflanzen**

Stellen wir uns eine lange kegelförmige Oberfläche oder einen Trichter vor, dessen Grundfläche oder weite Öffnung von einer durchsichtigen kugelförmigen Fläche bedeckt ist. Sie ist gerade auf die Sonne ausgerichtet, und der Trichter dreht sich um seine Längsachse. An den undurchsichtigen Innenwänden des Kegels befindet sich eine Schicht feuchten Bodens mit angepflanzten



Gewächsen.

So wird die Sonnenenergie optimal genutzt, ohne übermäßiges Ansteigen der Temperatur, sogar bei der Entfernung der Erde von der Sonne. Je länger der Kegel sein wird, desto größer ist seine Oberfläche, und, bei ein und demselben durchsichtigen Abschluß, wird die Temperatur innerhalb des Kegels desto niedriger sein. In der Erdentfernung muß diese Oberfläche etwa viermal größer sein als die verglaste Fläche. Dazu ist eine Mantellinie (etwas größer als die Höhe des Kegels) nötig, die doppelt so groß ist wie der Durchmesser der Grundfläche. Näher zur Sonne wird der Kegel länger, entfernter von ihr entsprechend kürzer sein. Sogar bei geringster Entfernung von der Sonne kann man die Temperatur des Kegelinneren, seiner Pflanzen und Gase erträglich gestalten. So muß man z.B. bei einer Entfernung, die zehnmal kleiner als die Erdentfernung ist, den Kegel auf das Hundertfache verlängern. Seine Basis wird zweihundertmal kürzer als die Höhe sein.

Nur die Verbindung des sich drehenden Kegels mit den Durchgängen ist komplizierter als die der beschriebenen zylindrischen Raumstationen des Menschen.

Aber vorteilhaft ist es, die Wohn- und Gewächshäuser zu trennen, weil die letzteren keine dichte Atmosphäre und dichte Wände erfordern. Auf solche Weise erzielt man Einsparung von Material und erhält bei einer speziellen und verdünnten Atmosphäre die größte Ernte. Ein zufälliges Verderben der Pflanzen infolge des Entweichens der Atmosphäre ist nicht so wichtig. Nur das eine ist nicht ganz bequem: Die Ausscheidungen der Menschen müssen ununterbrochen in die Gewächshäuser gelangen, die Ausscheidungen der Pflanzen aber (Gase, Früchte usw.) in die Behausungen der Menschen.

In unseren Kegelhäusern beleuchten die Sonnenstrahlen indirekt die Pflanzen, und deshalb ist ihre Wirkung

schwächer. Dort erzeugen sie nicht nur den ewigen Tag, sondern auch den ewigen Frühling, mit der bestimmten, erwünschten Temperatur, der günstigsten für die zu züchtenden Pflanzen. Ihre Drehung und die dadurch erzeugte künstliche Schwerkraft halten den feuchten Boden und die Pflanzenabfälle am Ort. Die gereiften und losgelösten Früchte finden wir auf dem Boden und nicht im ganzen Raum des Kegels herumschwebend.

In den Wohnstätten und anderen Bauwerken des Menschen könnte eine geringe Schwere auch nützlich sein. Ihre Stärke von 0,01 der Erdschwere wird die Bewegungen und Arbeiten nicht erschweren. Angenommen, wir haben einen Raum in Kugelform mit einem Durchmesser von 2 Werst. Die Kugel dreht sich langsam um ihren Durchmesser. Die Kreisbahngeschwindigkeit (am Äquator) beträgt etwa 10 m pro Sekunde. Eine volle Umdrehung vollzieht sich demnach in 600 Sekunden oder in 10 Minuten. Dann beträgt die größte Schwere, nämlich am Äquator, nur ein Hundertstel der Erdschwere. Ein Sprung von der Innenwand zum Zentrum befördert einen Menschen 100 m weit, so daß die Schwerkraft nicht bemerkt wird und die Bewegungen nicht eingeschränkt werden.

Die Bewegungserscheinungen in solch einer Kugel sind kompliziert, und wir werden sie jetzt nicht beschreiben.

Die Typen von Raumstationen für Menschen und Pflanzen können unendlich verschieden sein, und wir gehen auch darauf vorläufig nicht ein.

Klären wir etwas sehr wichtiges: Wie werden in der gemeinsamen Behausung eine bestimmte Temperatur und Feuchtigkeit, eine bestimmte Zusammensetzung der Luft und gute Nährstoffe für Pflanzen und Menschen erhalten?

Eine leichte Drehung erzeugt Schwerewirkung, befreit uns vom Müll und schafft Ordnung in der Wohnumgebung. Die Fensterscheiben sind dünn (Quarz oder irgend ein

anderes Material), durchsichtig, durchlässig für möglichst alle Arten der Strahlen - ultraviolette oder noch andere. Die Strahlen werden durch die Scheiben und durch eine dichte Pflanzenwand geschwächt. Deshalb sind sie für den Menschen nicht gefährlich. Es sind fruchtbare Pflanzen gewählt, grasartige, kleine, ohne dicke Stämme oder Teile, die kein Sonnenlicht benötigen. Je mehr Sonnenlicht sie verwerten, je mehr Früchte sie liefern, desto mehr Sonnenenergie und Wärme absorbieren sie. Aber diese kommt zurück, weil die Früchte gegessen werden und die Menschen Wärme an ihre Wohnstätten abgeben, die von den Pflanzen assimiliert wurde. Wenn die Früchte gelagert werden, wird die Hitze zeitweilig von der Zirkulation ausgeschlossen.

Es müssen so viele Pflanzen vorhanden sein, daß ihre Wurzeln, Blätter und Früchte soviel Sauerstoff liefern, wie von den Bewohnern der Raumstation verbraucht wird. Wenn letztere mehr verbrauchen, so leiden die Menschen, die Pflanzen werden dagegen dank dem Überschuß an Kohlensäure besser wachsen; wenn weniger verbraucht wird, dann atmen die Menschen leichter, doch die Pflanzen haben nicht genug Kohlendioxid und wachsen weniger. Das Gleichgewicht wird bei einer gelungenen Auswahl der Pflanzen von selbst erhalten bleiben. Eine Regulierung geschieht auch durch die Anzahl der Bewohner. Mit einem Wort, die Anzahl der Menschen soll den Eigenschaften und der Anzahl der Pflanzen entsprechen.

### **Sicherung der Wasserversorgung**

Woher kommt das Wasser für die Pflanzen und für die Menschen, das man, wie es scheint, in großer Menge braucht? Seine Menge ist konstant und ändert sich nicht, sie nimmt weder ab noch zu. Wie wird das erreicht

werden? Pflanzen, Tiere und Erde in der Raumstation lassen das Wasser ununterbrochen verdampfen. Aber diese Dämpfe können in der dicht abgeschlossenen Raumstation nicht entweichen. Sie werden in einem Kühler als Wasser wieder gespeichert. Der Schattenteil des Raumes hat Zellen mit beliebig niedriger Temperatur. Man braucht nur diese Zellen auf den dunklen Himmelsraum auszurichten und von der inneren Erwärmung zu isolieren (ähnlich wie in Felsenkellern). Dann erhalten wir die erwünschte niedrige Temperatur. In diese Zellen wird mehr oder weniger frische Luft eingelassen. Sie gibt soviel Dampf ab, wie wir wünschen, weil dies von der Geschwindigkeit der Zirkulation und der Temperaturdifferenz abhängt. Das eine wie das andere haben wir in der Hand.

Das Wasser aus den Kühlern wird zum Trinken, fürs Waschen, für das Begießen der Pflanzen und auch für die Befeuchtung des Erdbodens verwendet. Aber nicht nur das Wasser zirkuliert ununterbrochen von den Pflanzen zu den Kühlern und umgekehrt, sondern dasselbe macht auch die Luft. Sie wird mit Hilfe besonderer Röhren in den Boden eingelassen und kommt nach der Versorgung der Wurzeln und Bakterien vollkommen gereinigt und für die Atmung geeignet ans Tageslicht.

Die menschlichen Ausscheidungen werden vom Wasser verdünnt und auch in den Boden befördert, wo die Bakterien sie schnell für die Ernährung der Pflanzen geeignet machen.

In diesen unseren Räumen braucht man weder einen ständigen Wasserzufluß, noch Nahrungszufluß für die Pflanzen und Tiere. Der gegebene Vorrat an Gas, Wasser, Erdboden und Düngemitteln dient dem Menschen, ohne sich zu erschöpfen.

Auf der Erde vollzieht sich dasselbe, nur im großen Maßstab. Aber auf der Erde werden die Düngemittel in die

Ozeane fortgetragen, und wann werden sie daraus wieder gewonnen? In unserer Raumstation werden sie verbraucht, in den Früchten gespeichert, aber dennoch unverzüglich ohne jeden Verlust wiederhergestellt. Auch auf der Erde wird man im Laufe der Zeit eine solche Isolierung der Pflanzen, ihrer Nährstoffe und des Wassers vorteilhaft finden. Man wird damit in den Wüsten beginnen, wo es sie selten gibt.

Also ist die Atmosphäre sauber, die Luft feucht nach Wunsch, die Temperatur und die Zusammensetzung der Atmosphäre regulieren sich auch nach Wunsch. Wir haben eine ewige unversiegbare Quelle von sauberem, destilliertem Wasser, von Sauerstoff, von Wärme und Nahrung. Bekleidung ist nicht nötig.

Es gibt keine Anziehungskraft, die Füße schwellen nicht an, die Zweige der Pflanzen biegen sich nicht unter dem Gewicht der Früchte. Die Pflanzensäfte verbreiten sich frei, nicht gehemmt von der Schwere.

Obwohl wir eine schwache, künstliche Schwere anwenden, ist sie so klein, daß wir sie vernachlässigen können, und wir haben das Gefühl, daß wir uns in einer Umgebung ohne Schwerkraft befinden.

### **Erhaltung eines geeigneten Klimas**

Die Temperatur der Wohnung hängt vollkommen von uns ab. Wie könnte also ein Bedürfnis nach Kleidung aufkommen? Es werden nur die Körperteile leicht bedeckt, bei denen wir gewöhnt sind, uns zu schämen. [...] Allen, die es wünschen, wird es erlaubt sein, sich zu bekleiden, denn manche haben einen unschönen Körper, irgendwelche Mißbildungen oder sind alt. Alle dürfen jede beliebige Kleidung und Schmuck tragen, wenn dafür gesellschaftliches Einverständnis herrscht.

Überhaupt können wir den frierenden Alten, den Kranken, den Frühgeborenen und den Übrigen im Nu die gewünschte Temperatur geben. Natürlich muß man Wohnräume einrichten, die den Eigenheiten und Wünschen der Bevölkerung entsprechen. Es können sich Interessenten finden, die immer eine hohe Temperatur brauchen. Die Einwohner der äquatorialen Länder auf der Erde, Kranke oder schwache Alte werden lieber 30 °C fordern, andere 25 °C, die dritten 20 °C, alle verschieden. Dies kann in jedem Bauwerk eingestellt werden. Ein und derselbe Raum kann die Temperatur ändern. So braucht man zum Schlafen eine höhere Temperatur, weil es doch weder Federbetten noch Kissen, noch Schlafdecken oder Nachtkleidung gibt. Bei Versammlungen in großen Räumen ist es einem warm, einem anderen kühl. Angenommen, wir stellen im Raum 30 °C ein. In diesem Fall friert auch ohne Kleidung niemand, manchem aber kommt es heiß vor. Wenn wir jedoch 25 °C festsetzen, so werden die Schwachen frieren und werden gezwungen sein, sich entsprechend anzuziehen.

Die Temperaturregelung und das direkte Sonnenlicht benutzt man hier für ganz verschiedene Zwecke, z.B. für die Desinfektion des Erdbodens, der Atmosphäre, der Wände und aller Gegenstände im Wohnraum. Zu diesem Zweck verlassen ihn die Menschen, und Pflanzen werden ebenfalls aus ihm entfernt. Danach wird die Temperatur auf 100 °C - 200 °C gesteigert. Es ist klar, daß dabei alles Lebendige vernichtet wird. Deshalb wird die Landwirtschaft dadurch erleichtert: Es wird keine Schädlinge geben. Eine reine Kultur der erwünschten Pflanzen kann gedeihen.

### **Nahrungserzeugung - Erhaltung der Gesundheit**

In Verbindung mit ihrer Auswahl, der passenden Temperatur, Atmosphäre und Nahrung - welch wunderbare Ernten und prächtige Früchte können wir erhalten! Und das ohne die geringsten Sorgen: Es ist doch gar nicht nötig, zu jäten, Ungeziefer zu vernichten, gegen Dürre und Regengüsse zu kämpfen.

Chemische Vorgänge, zum Beispiel die der Fäulnis und der Gärung, bei denen man verschiedene Alkohole, Essige und andere Stoffe erhält, erfordern eine bestimmte Temperatur. Wir geben sie ihnen. Unsere Fabriken erhalten sie, wenn sie nicht mehr als 200 °C beträgt, in Gebäuden, ähnlich den Wohnstätten. Wenn sie allerdings sehr hoch sein muß, so benutzen wir spezielle Vorrichtungen, mit denen die Aufheizung auch von der Sonne allein erzeugt wird.

Das Wasser und allerlei sehr saubere Früchte, die von jeder Infektion frei sind, stillen unseren Hunger und Durst. Erkrankungen treten nicht ein, weder Erkältungen noch Infektionen. Von den Sonnenstrahlen durchdrungen, wird selbst der menschliche Körper allmählich von allen schädlichen Bakterien befreit. Je weiter diese Entwicklung verläuft, desto sicherer wird die Menschheit von den schädlichen Einflüssen befreit, mit denen sie jetzt geboren wird.

Wenn der Mensch nun eine Wohnstätte hat mit der gewünschten Temperatur, mit der reinen Sonne, Tag und Nacht nach Wunsch, ausreichend Wasser und Nahrungsmittel (ein ständiger Vorrat), wenn er keine Kleidung braucht, sich ohne jede Anstrengung beliebig bewegen kann - was könnte er sich dann noch wünschen?

Nun, erstens pflanzt er sich fort, weil das für ihn vorteilhaft ist. (Je zahlreicher die Bevölkerung, desto vollkommener ist die gesellschaftliche Ordnung und desto mehr befähigte Leiter gibt es). Für sie sind also immer

neue Wohnräume erforderlich, d.h. Materialien und ihre Bearbeitung sind unentbehrlich. Zweitens studiert er die Materie und das Weltall. Er benötigt also dieselben Geräte, die die Wissenschaftler auf der Erde benutzen. Er vervollkommnet die Pflanzen und sich selbst. All das erfordert neue und immer neue Apparate. Ihre Herstellung verlangt eine Anzahl von Fabriken und Werkstätten, die in ihren Aufgaben den irdischen Betrieben ähnlich sind. Haushaltsgegenstände sind anders, aber das ist unvermeidlich, ebenso die Bücher. Zunächst benutzen wir Materialien von der Erde. Aber deren Zulieferung verschlingt viel Aufwand. Leichter ist ihre Zulieferung vom Mond und von kleinen Planeten. Noch leichter ist die Ausnutzung von Asteroiden mit dem Durchmesser von einigen Werst und noch kleineren Körpern, von denen es eine große Anzahl im interplanetaren Raum gibt, besonders zwischen der Mars- und Jupiterumlaufbahn.

### **Entwicklung der Produktion - Energiegewinnung aus der Sonnenstrahlung**

Auf den Kleinplaneten gibt es keine Atmosphären und Flüssigkeiten, aber sie besitzen Hydrate und gebundenes Wasser. Gase, Metallverbindungen und Metalle aller Art. Man muß nur trocken vorliegende Mineralien chemisch zerlegen.

Wir brauchen hierfür mechanische Kräfte. Woher sind sie zu nehmen? Mechanische Kraft gibt es in unserem Ätherbereich zweitausendmillionenmal mehr als auf der Erde. Sie ist in den Sonnenstrahlen enthalten. Gewinnen kann man sie mittels der Pflanzen und unmittelbar aus den Sonnenstrahlen selbst. Die Sonne kann uns Holz, Kohle, Stärke, Zucker und eine Fülle weiterer Stoffe geben, die auch jetzt von den Pflanzen auf der Erde geliefert werden. Sie sind dieselbe Kraftquelle wie Steinkohle, Wasserfälle



und Wind auf unserem Planeten. Diese Energiequelle wird wie auf der Erde benutzt, d.h. in den Wohnräumen, in denen es Sauerstoff gibt. Nur ist das nicht günstig, weil es bald die Atmosphäre verdirbt.

Man kann auch direkt die Sonnenwärme anstatt der Verbrennungswärme benutzen. Auf der Erde ist das un bequem und aus vielen Gründen nicht vorteilhaft: Die von der Sonne erwärmten Körper werden von Luft und Wind gekühlt. Die Sonne scheint nur am Tage, dabei ist sie oft von Wolken bedeckt, und ihre Wärme wird zur Hälfte von der Atmosphäre absorbiert. Die Kraft der Strahlen ist unbeständig wegen ihres veränderlichen Einfallswinkels. Wir besitzen keinen guten natürlichen Kühler mit niedriger Temperatur. Spiegel, die die Wärme sammeln, trüben sich bald von Luft und Feuchtigkeit; sie sind schwer, zerbrechlich, teuer und können nicht so groß sein, wie es nötig wäre. All das macht die Anwendung der Sonne beim Bau der Wärmekraftwerke auf der Erde nachteilig.

Ganz anders ist es im Weltraum, in einer Umgebung ohne Schwerkraft. Hier kann man an einem Ort, sogar ohne Spiegel, 200 Grad Wärme erhalten, und daneben, in nur 1 m Abstand, hat man 270 Grad Kälte. So können Dampftriebwerke mit großer Wärmeisolierung eingesetzt werden, die mit den Dämpfen von Wasser, Äther, Spiritus und anderen Flüssigkeiten arbeiten.

Es versteht sich, daß ich nur ein mögliches Beispiel für Motoren anführe, doch sie können auch völlig anderer Art sein. Beschreiben wir Dampftriebwerke in der einfachsten Form. Wir haben zwei identische Gefäße, die voneinander wärmeisoliert sind. Das hintere Gefäß befindet sich im Schatten des vorderen, das auf die Sonnenstrahlen ausgerichtet ist. Die vordere Seite hat eine schwarze Oberfläche, welche die Strahlen gut absorbiert. Sie und die Flüssigkeit im Gefäß darunter werden von der Sonne nicht weiter als auf 200 °C erwärmt. Die Dämpfe der

Flüssigkeit strömen durch eine gewöhnliche Dampfmaschine oder Turbine, ehe sie in den Kühler gelangen, d.h. in das hintere Gefäß einer solchen Anordnung. Bei entsprechender Auswahl der Flüssigkeit und Konstruktion der Maschine kann ihr Wirkungsgrad leicht bis 50% betragen. Eine solche Maschine wird für jeden Quadratmeter schwarzer Oberfläche, der auf die Sonne ausgerichtet ist, mehr als 1 PS liefern.

Wenn die ganze Flüssigkeit aus dem vorderen Gefäß (Dampfkessel) ins hintere (Kühler) übergegangen ist, wird dieses auf die Sonne ausgerichtet und der Verdampfer auf den dunklen Himmelsraum. Mit einem Wort, die Rollen von vollkommen gleichen Hauptteilen des Gerätes werden automatisch ausgetauscht, ungefähr jede Stunde, je nach dem Umfang der Kessel. Die letzteren sind natürlich aus Röhren zusammengesetzt, wie Teppichgewebe. Die Flüssigkeiten können nicht verlorengehen, weil alles dicht abgeschlossen ist und kein Dampf entweichen kann.

Wir können zur Zeit nicht sagen, welche Art von Antrieben zur Anwendung kommen werden. Wahrscheinlich werden es sehr viele Arten und Systeme sein, die heute unmöglich vorherzusehen sind.

Die Kessel können Oberflächen jeder beliebigen Größe haben, weil deren Schwere nicht hinderlich ist. Das heißt, daß auch die erzeugte Kraft beliebig groß sein kann. Das Wesen der Industrie besteht in folgendem:

- a) Aus Mineralien werden ihre elementaren Bestandteile gewonnen, zum Beispiel Gase, Flüssigkeiten, Metallverbindungen und Metalle.
- b) Aus den Elementen werden nötige oder für uns nützliche Verbindungen zusammengestellt, zum Beispiel Gase, Parfüme, Farben, Arzneien, Nährstoffe, Säuren, Alkalien, Salze, Düngemittel, Legierungen u.a. (sowohl Elemente wie auch nötige Verbindungen findet man manchmal fertig in der

Natur).

- c) Legierungen, andere Baustoffe und überhaupt feste Stoffe werden verarbeitet zu Werkzeugen, Instrumenten, Maschinen, wissenschaftlichen Apparaturen, Papier, Stoffen, Bekleidung, Raumanzügen, Behausungen, Werken usw.

Für all das (a, b, c) dienen uns auf der Erde folgende Mittel: die Erhöhung oder Herabsetzung von Temperatur und Druck, Elektrizität, Katalysatoren (der unbedeutende Zusatz von verschiedenen Stoffen, die chemische Prozesse beschleunigen) sowie mechanische Kräfte.

### **Bearbeitung verschiedener Materialien - Besonderheiten**

Ohne Werkzeug kommt man sicherlich nicht aus. Ihre fertigen Muster gibt es schon auf der Erde, und sie werden dann auch außerhalb der Atmosphäre benutzt werden.

Zuerst hatten die Menschen, genau wie die Tiere, keine Arbeitsinstrumente, dann waren es ganz einfache Werkzeuge. Mit Hilfe dieser primitiven Arbeitsgeräte wurden dann bessere gebaut. Aus den besseren - noch bessere, bis man zu den heutigen, modernen Maschinen gelangte, die in uns tiefe Bewunderung und Begeisterung hervorrufen. Ihr Fortschritt wird nie enden, und im Welt- raum wird er sich den neuen Bedingungen anpassen.

Es ist bekannt, wie man auf der Erde eine Erhöhung der Temperatur erreicht. Aber hier, im Weltraum, benötigen wir diese Mittel nicht, außer in besonderen Fällen. Hier kann man immer eine Erhöhung der Temperatur durch die Kraft der Sonnenstrahlen erhalten - sehr ökonomisch und in beliebiger Größe - von 273 Grad Kälte bis hin zur Temperatur der Sonne.

Um niedrige Temperaturen zu erhalten, schützt man sich vor dem Himmelslicht mit reflektierenden Schirmen und nutzt die Abstrahlung der schwarzen Körper in den Himmelsraum. Dadurch erhält man eine Temperatur von bis zu 273 Grad Kälte.

Die ökonomischste Art der Aufheizung ist die folgende: Eine vollständig geschlossene Kammer von beliebiger Größe und Form besteht aus mehreren Schichten, die mit ihren inneren Oberflächen die Strahlen gut reflektieren. So bleibt die Wärme im Innern der Kammer erhalten, wird ins Innere zurückgestrahlt, und die Temperatur vermindert sich fast nicht, wie hoch sie früher auch gewesen wäre. Das ist vergleichbar mit der Thermosflasche, jedoch bedeutend vollkommener, dank der verschiedenen Schichten und des Fehlens des materiellen Mediums, z.B. der Luft.

Die Wärmestrahlung der Sonne dringt in die Kammer durch eine kleine Öffnung ein. Ein Parabolspiegel hinter der Kammer (größer als die Kammer) sammelt die Sonnenstrahlen zu einem kleinen Bündel, das ebenso groß ist wie die Kammeröffnung. Hier divergieren die Strahlen und erwärmen den Innenraum der Kammer bis zur Sonnentemperatur, wie klein auch der Spiegel wäre. Aber so geschieht es nur unter idealen Bedingungen: bei der vollen Aufnahme der Wärme, bei punktförmiger Öffnung und Vollkommenheit der reflektierenden Spiegel. In Wirklichkeit gelingt dies nicht. Und deshalb kommt die Aufheizung nur dann der Sonnentemperatur nahe, wenn der Spiegel wesentlich größer ist als die Abmessungen der Kammer. Dann verschlechtert eine unvermeidliche Erwärmung ihrer Wände deren Reflektionsfähigkeit und verhindert sogar das Erreichen der Sonnentemperatur, d.h. von etwa 5000 Grad Wärme.

Im Fokus des Parabolspiegels erhält man eine Abbildung der Sonne. Je kleiner sie ist, desto kleiner ist auch die Öffnung in der Kammer, desto geringer ist der

Wärmeverlust und desto höher die Temperatur in der Kammer. Aber andererseits ist der Wärmezufuß proportional der Oberfläche des Spiegels. Angenommen, der Radius des Spiegels beträgt einen Meter. Die Abbildung der Sonne wird im Hauptfokus, in der Entfernung von einem halben Meter vom Spiegel sein. Der Winkeldurchmesser der Sonnenabbildung in der Entfernung von einem halben Meter beträgt etwa ein halbes Grad (so groß ist der scheinbare Durchmesser der Sonne von der Erde). Der tatsächliche Durchmesser der Sonnenabbildung (in mm) wird gleich dem Sinus von 0,5 Grad sein, multipliziert mit 500 mm. Wir erhalten so etwa 4,3 mm. Wenn der Krümmungsradius des sphärischen Spiegels nicht einen Meter beträgt, sondern R Meter, so wird die Abbildung der Sonne R-mal größer sein. Zum Beispiel wird für einen Spiegel mit einem Radius von 100 Metern der Durchmesser des Sonnenbildes etwa 430 mm ein. Je größer also der Radius des Spiegels ist, desto größer ist die Öffnung in der Kammer und desto größer sowohl der Wärmeverbrauch, als auch die Wärmeaufnahme. Wir lassen alle Spiegel gleich sein, d.h. sie bilden ein und denselben Teil der Kugeloberfläche. Unter diesen Bedingungen ergibt es sich, daß die Temperatur der Kammer von den Ausmaßen des Spiegels nicht abhängen wird. Aber das ist dennoch nicht ganz der Fall: Ein größerer Spiegel liefert in der Kammer eine höhere Temperatur. Aber nicht nur das Loch in der Kammer, sondern auch ihre ganze Oberfläche führt zu Wärmeverlust. Wir haben allerdings noch einen Vorteil der großen Spiegel: Die Geschwindigkeit der Erwärmung der Körper, die in der Kammer untergebracht sind, nimmt mit der Vergrößerung der Spiegel zu. Außerdem geben sie mehr Wärme in der Zeiteinheit ab. Und wenn diese Wärme mittels chemischer Vorgänge in der Kammer absorbiert wird, vollziehen sich die Vorgänge schneller.

Stellen wir uns der Einfachheit halber einen runden Spiegel vor, geformt wie eine Untertasse. Er bildet einen Teil einer Kugeloberfläche. Nun ziehen wir aus dem Zentrum der imaginären Kugel einen Radius zu den Rändern des Spiegels (der Untertasse). Dann erhalten wir einen Winkel. Dieser Winkel kann nicht größer als 180 Grad sein (Halbkugel). Aber solch ein großer Spiegel ist fast nutzlos, weil er nur wenig mehr Strahlen bündelt als der Spiegel mit dem Winkel von 90 Grad oder gar 60 Grad. Den letzten Winkel nehmen wir für Spiegel aller Abmessungen an. Ihr Durchmesser wird immer gleich dem Radius sein. Wenn also der Radius des Spiegels 100 Meter sein wird, so wird die Breite des Spiegels auch 100 Meter sein und die Größe der Darstellung 430 mm betragen. Sie wird immer 233 mal kleiner sein als die Abmessung des Spiegels. Wenn wir die Kammer als volle Kugel annehmen, so finden wir, daß die praktische Breite des Spiegels nicht kleiner als der doppelte Durchmesser der Kammer sein sollte. Wenn z.B. die Kammer von einem Meter ist, sollte die Größe des Spiegels nicht weniger als zwei Meter sein. Ein Viertel seiner Oberfläche wird sich im Schatten der Kammer befinden. Deshalb kann man ihn ringförmig machen. Aber auch den verlorenen vierten Teil der Sonnenenergie kann man mit Hilfe eines bikonvexen Glases oder besonderer Spiegel ausnutzen. Das eine wie das andere wird sich vor der Kammer in der Nähe der Sonne befinden.

Die Spiegel können gewaltige Ausmaße haben, weil sie wegen der fehlenden Schwerkraft sich weder biegen noch brechen, auch wenn sie eine dünne Oberfläche und eine kleine Masse haben. Für die Verbesserung der Form ist es nützlich, sie in eine schwache Rotation zu versetzen, zusammen mit der Kammer, mit der der Spiegel ein Ganzes bildet. Solche Geräte in Verbindung mit Druck und Katalysatoren benutzt man für den Ablauf von chemischen Vorgängen, die eine bestimmte Temperatur

erfordern. Letztere ist leicht durch Verändern der Größe der Spiegeloberfläche und ein System von Blenden zu regeln. Wenn auch noch ein bestimmter Druck erforderlich ist, muß man die Öffnung mit einem für die Sonnenstrahlung durchlässigen Verschuß dicht absperren.

Diese Kammern kann man für die Erwärmung der fertigen Legierungen zum Zwecke ihres Gießens, Pressens und Schmiedens in die gewünschten Formen benutzen.

Jetzt wenden wir uns der mechanischen Einwirkung für die Bearbeitung von kalten oder erwärmten, festen oder halbfesten Materialien zu. Wir haben schon von der Einfachheit der Vorrichtung gesprochen, bei der jeder Quadratmeter Oberfläche eine bestimmte Kraft (1 PS) gibt. Um sie zu erhalten, kann man natürlich sowohl Spiegel als auch chemische Reaktionen anwenden. Das bedeutet: soviel mechanische Energie wie man will. (Sie ist mit den bekannten Methoden leicht in elektrische Energie zu verwandeln, wenn diese nicht unmittelbar aus der Sonnenstrahlung gewonnen werden kann. Elektrische Energie mit hohem Potential kann bekanntlich eine höhere Temperatur als die Sonne liefern.)

Werden die Maschinen in der Schwerelosigkeit funktionieren? Eine Stütze für sie, wenn sie nötig sein sollte, haben wir immer in der mehrräumigen Behausung oder in speziellen Räumen. Betrachten wir jetzt die Wirkungsweise einiger Maschinen in schwereloser Umgebung.

Kohle und Holz würden aus dem Ofen herausschweben. Wenn man den Brennraum umgittert, werden kleine Teilchen Kohle daraus entgleiten. Außerdem wird das dünne Gitter verbrennen oder schmelzen. Holz und Kohle werden nicht auf dem Boden des Ofens liegen, sondern sie verteilen sich in seinem ganzen Raum bis zur Decke hin. Das ist vielleicht noch erträglich. Einen natürlichen Luftdurchsatz wird es nicht geben, deshalb muß er künstlich

erzeugt werden. Daraus ist ersichtlich, daß Kohle-, Holz-, Torf- und andere Öfen in der Schwerelosigkeit ungünstig sind (vom Fehlen der notwendigen Menge atmosphärischen Sauerstoffs ganz zu schweigen). Doch erstens brauchen wir im Weltraum keine gewöhnliche Öfen; zweitens, wenn sie gebraucht würden, so würde man Kohlepulver, flüssigen Treibstoff und künstliche Luftzufuhr anwenden. So jedoch wird in der schwerereften Umgebung die Wärme von der Sonne erzeugt und die Kühlung von der Abstrahlung der Körper.

Wir sahen, daß in den Motoren manchmal Kessel mit Flüssigkeiten benutzt werden. Diese letzteren werden sich nicht am Boden des Gefäßes befinden, weil es kein Unten gibt, sondern werden sich chaotisch im ganzen Kesselraum verteilen und mit ihren Dämpfen vermischt sein. Mit dem Dampf zusammen wird daher auch die Flüssigkeit ausströmen, was nicht erwünscht ist. Doch man kann Ordnung im Kessel schaffen, wenn er sich dreht oder wenn bei dessen Stillstand mittels eines Schaufelrades die Flüssigkeit im Innern in Drehung versetzt wird. Das eine wie das andere ist in einer Umgebung ohne Schwere leicht zu verwirklichen. Dann wird sich die Flüssigkeit am Äquator des Kessels ausbreiten, sein Achsenteil wird von Dampf eingenommen werden.

Stellen wir uns einmal eine Fabrik im Weltraum vor. Die Räder drehen sich, verschiedene Stangen pendeln, Späne fliegen, die Arbeiter schweben etwa wie Fische im Wasser. Wenn sich die ganze Fabrik jedoch dreht, wird in ihr Schwere erzeugt und die Arbeitsbedingungen werden so wie auf der Erde sein, nur ein wenig abweichend, je nach der Größe der künstlichen Schwere. Wenn es keine Drehung gibt oder nur eine schwache, so kann die Schwere kaum bemerkt werden. Allerlei Produktionsabfälle werden sich dann in verschiedenen Sondergehäusen ansammeln, die Luft wird ständig von Staub und fliegenden kleinen Körpern gefiltert. Magnete können



eiserne, stählerne und gußeiserne Späne sowie Metallstaub herausammeln.

Aber in vielen industriellen Prozessen (z.B. im Walzwerk oder im Preßwerk) gibt es keine Abfälle, oder sie sind nicht schädlich und leicht zu beseitigen. Dort braucht man auch keine künstliche Schwere. Sollten die Abfälle den Arbeiter gefährden, so können sein Kopf mit einem Schutzhelm oder -glas und sein Mund mit einer besonderen Maske geschützt werden. Auch die Arbeitsbekleidung dient als Schutz. Sind wir denn auf der Erde vor Gefahren wie fliegenden Insekten oder schnell fliegenden Spänen geschützt?

Arbeiter und Ingenieure fliegen zwischen den Maschinen und Fertigteilen, und deshalb könnten sie zwischen Räder, Hebel und andere bewegliche Teile geraten und sich verletzen. Doch gefährliche Plätze können mit Netzen gesichert werden. Die Steuerung der Maschinenteile kann außerhalb der Maschinen sein, an einem sicheren Platz. Das alles ist nicht neu und wird seit langem auf der Erde angewandt.

Der zu bearbeitende Gegenstand, wie groß und massiv er auch sei, fällt nicht, verbiegt sich nicht, drückt nicht auf die Arbeiter, dreht sich leicht und wird nach allen Seiten getragen. Die Arbeiter können ihre Tätigkeit in jeder Lage ausführen und an jedem Ort, ohne bei beliebigen Stellungen (z.B. mit den Beinen nach oben) Angst vor dem Hinfallen haben zu müssen. Man braucht nur einen Haltepunkt. Man wird immer einen solchen finden, indem man die Füße oder den Körper mit dem zu bearbeitenden Gegenstand selbst oder mit der Werkbank verbindet. Die Bequemlichkeit der Arbeit in der Schwerelosigkeit ist über alles Lob erhaben.

Bei manchen Arbeiten auf der Erde benutzt man weniger die Schwere als die Trägheit der Körper. Der Hammer arbeitet in der Umgebung ohne Schwere ebensogut wie

auf der Erde. Die Kraft seines Schlages hängt nicht von seinem Gewicht ab, sondern von der Geschwindigkeit seiner Bewegung, von der Muskelspannung und von der Schwingungswelle.

In den Maschinen wird die Schwerkraft noch weniger als bei den manuellen Arbeiten ausgenutzt. Die schweren Hämmer werden besser durch verhältnismäßig leichte Pressen ersetzt. Und wer hält uns im Weltraum davon ab, mit beliebiger Kraft den Massen eine Geschwindigkeit zu verleihen, wie sie die Körper auf der Erde beim freien Fall erhalten. Es geht dabei um die Geschwindigkeit, in ihr steckt die Wucht des Schlages. In der Schwerelosigkeit ist es bedeutend einfacher, den Körpern Geschwindigkeit zu verleihen, als auf der Erde. Der Schlag im Schwerezustand hat nur eine Richtung - nach unten, doch der Schlag, der durch die Geschwindigkeit hervorgerufen wird, geht wohin man will. Das ist ein Vorteil.

### **Bewegungen im Raum**

Es scheint so, als seien die geworfenen Körper im schwerelosen Raum gefährlicher. Auf der Erde fallen sie zu Boden und werden gefahrlos, doch im schwerelosen Raum durchlaufen sie gerade Strecken, bis jemand getroffen wird. Aber einerseits fliegen auch auf den Planeten solche Gegenstände, die sich schnell wie Geschosse bewegen, lange Zeit durch die Luft, ehe sie fallen und zur Ruhe kommen, andererseits büßen die in den Behausungen des Weltraums schwebenden und auf ihre Wände stoßenden Körper ihre Geschwindigkeit ein und bleiben stehen. Gefährlicher sind die Körper außerhalb der Behausungen, im Weltraum. Aber erstens braucht man nicht grundlos solche beweglichen Körper zu erzeugen, und zweitens kann man sich vor ihnen schützen, wie man sich auf der Erde gegen Geschosse und Kugeln

sichert.

Im schwerelosen Raum unterscheidet sich die Mechanik in nichts von der wissenschaftlichen Mechanik, schließen wir nur die Schwere aus.

Die Anziehungskraft der Sonne ist in der Erdentfernung nicht sehr groß, und zwar ist sie 1800 mal kleiner als die der Erde, d.h. die Beschleunigung pro Sekunde wird 0,0055 m oder 5,5 mm betragen. Die Kraft, die auf der Erde einen Gegenstand auf 1 Meter hebt, kann ihn hier auf fast 2 Werst heben. Aber daraus folgt nicht, daß der Wegflug von der Sonne und die Annäherung an sie bei kleinen Relativgeschwindigkeiten eingeschränkt wird. Es kommt darauf an, daß es sich hier um relative Bewegungen handelt. Der geworfene Körper hat außer einer kleinen Relativgeschwindigkeit noch die Geschwindigkeit des Planeten in bezug auf die Sonne. Dank dieser und auf Kosten jener entfernt sich der geworfene Gegenstand vom Himmelslicht oder nähert sich ihm um Tausende von Werst, trotz seiner kleinen Relativgeschwindigkeit.

In unserer Umgebung beobachtet man auch die gegenseitige Anziehung der Menschen und anderer Körper, die gleich winzig sind. Doch sie ist sehr schwach für die uns umgebenden kleinen Gegenstände. Andererseits bewegen sich z.B. Blei- oder Platinkugeln wie Himmelskörper in möglichst geringer Entfernung voneinander. Nur ihre Geschwindigkeiten müssen äußerst klein sein, sonst werden sie im Weltraum geradlinig zu verschiedenen Seiten auseinanderfliegen.

Das gibt die Möglichkeit, in der Leere des Weltraums praktisch eine Menge von Aufgaben zu lösen, die bisher von Mathematikern nicht gelöst wurden und äußerst wichtig sind, z.B. die Bahnbewegungen von drei sich gegenseitig beeinflussenden Körpern.

Doch dabei sind die Langsamkeit der Bewegungen und die Dauer der Beobachtung ungünstig. So rotiert eine relativ kleine Kugel um eine relativ große, aus dem dichtesten Stoff und in der geringsten Entfernung im Verlauf von 2500 Sekunden oder 42 Minuten. Diese Zeit hängt nicht im geringsten von den Ausmaßen der großen Kugel ab, sei sie auch so groß wie die Sonne oder so klein wie ein Schrotkörnchen - das Ergebnis ist ein und dasselbe, d.h. die Umlaufzeit ist immer gleich 42 Minuten.

Zur praktischen Lösung der Fragen über die Bewegungsform muß man die Körper voneinander entfernen. Dabei muß die Beobachtungszeit bis zu einigen Tagen und Monaten reichen. Das ist ungünstig. Die absoluten Abmessungen der Körper können beliebig klein sein. Vielleicht findet man dichtere Stoffe oder vielleicht erweist sich der Anziehungskoeffizient für kleine Körper als größer, dann beschränkt sich die Beobachtung auf einen kleineren Zeitabschnitt.

Um höhere Geschwindigkeiten zu erreichen, müssen Körper größerer Ausmaße verwendet werden.

Eine schwerelose Umgebung bietet beste Voraussetzungen, die aus unterschiedlichen Gründen erfolgende gegenseitige Anziehung und Abstoßung der Körper zu bestimmen.

Die Körper fallen nicht und haben kein Gewicht, doch die Trägheitsgesetze sind hier besonders leicht zu beobachten. Je größer die Masse des Körpers ist, desto schwerer ist es, ihm eine Bewegung zu verleihen. Je größer die Körpermasse und die nötige Geschwindigkeit sind, desto stärker und länger muß man auf ihn einwirken. Umgekehrt, um den Körper anzuhalten, sind umso größere Kraft und Zeit notwendig, je größer seine Masse und Geschwindigkeit sind. Der Aufprall eines sich bewegenden Körpers ist umso stärker, je massiver und fester der Körper selbst ist und je massiver und fester der

Körper, auf den er auftrifft.

Obwohl in Raumstationen die Dichte der Sauerstoffatmosphäre zehnmal geringer als in unserer Luft ist, kann hier eine schnelle und langandauernde Bewegung nicht wirtschaftlich sein, d.h. sie fordert einen großen Arbeitsaufwand. Außerhalb der Raumstation dagegen, in der Leere, kostet die Bewegung fast nichts. Man muß nur einmal die Arbeit für das Erreichen der gewünschten Geschwindigkeit aufwenden. Dann wird sie sich ohne Änderung erhalten, wenn sie sich nicht von der Sonne entfernt. Allerdings hat auch die Sonne, wie wir gesehen haben, einen sehr kleinen Einfluß, über eine Strecke von Tausenden von Werst.

Im leeren Raum kann man entweder in besonderen Raumanzügen, die die Apparate für die Atmung einschließen, oder in den Wohnstätten selbst, die sich von ihrem Gesamtbau abgekoppelt haben, reisen. Letzteres ist vorteilhafter, weil es Freiheit bietet, weil es von der Kleidung befreit, weil es uns durch unsere Pflanzen Nahrung, Getränke, Sauerstoff und alles Notwendige gibt. Außerdem kann eine solche Reise in einer großen Gemeinschaft verwirklicht werden. Die Bewegung wird nicht einmal bemerkbar sein. Nur die zurückgelassenen Raumstationen scheinen sich zu bewegen. Aber üblicherweise wird deren Bewegung (um die Sonnenanziehung zu überwinden) nicht berücksichtigt. Sie ist ebenso unbemerkbar, wie die Bewegung des Planeten für seine Bewohner.

Wie sind dabei gefährliche Zusammenstöße von Raumstationen zu vermeiden? Es wird einige Hauptrichtungen der Bewegung und eine Geschwindigkeit für jede Richtung geben. Die Raumflugkörper einer Richtung werden eine Bahn haben, und es kann hier keinen Zusammenstoß geben. Alle Bahnen verschiedener Richtungen sind weit voneinander entfernt, und deshalb können Raumschiffe mit verschiedenen Geschwindigkeiten nicht zusammen-

stoßen.

### **Wirkung der Naturgesetze**

Die Hebelgesetze, die Gesetze für flüssige und gasförmige Körper werden durch das fehlende Gewicht einfacher.

Ein Gas breitet sich grenzenlos aus, bis es sich von der Ausdehnung und Abkühlung in einen Staub verwandelt, der aus festen, nicht verdampfenden Partikeln besteht.

Flüssigkeiten nehmen die Form einer Kugel oder einer Blase an. Die flüchtigen frieren bald durch Verdampfen ein, aber die nicht flüchtigen bleiben Kugeln. Diese Kugeln kann man in mehrere kleinere Kugeln zerlegen und umgekehrt. Die anhaftenden Flüssigkeiten werden an allen möglichen Gegenständen kleben und seltsame Formen bilden.

Die Töne und überhaupt verschiedenartigste Schwingungen breiten sich genauso wie auf der Erde aus. Nur Wellen, die den Meereswellen ähnlich sind, werden nicht gebildet. Dafür ist die Schwerkraft nötig. Das Barometer und die Pendeluhr funktionieren nicht. Die Taschenuhr aber geht nach wie vor. Hebel- und Federwaage sind nutzlos, weil die Körper schwerelos sind. Die Masse läßt sich weder mit der einen noch mit der anderen bestimmen. Die Masse wird mit der Zentrifugalmaschine zu ermitteln sein oder, im Wirkungsbereich der künstlichen Schwerkraft, mit der Hebelwaage. Die Messung von Kräften kann man mit dem Dynamometer oder mit der Federwaage durchführen.

Magnetische, elektrische und andere Kräfte wirken leichter, deutlicher, weil keine Schwerkraft die Erscheinungen beeinflusst.

Der Mensch paßt sich schnell der Umgebung ohne Schwere an, den Tieren aber fällt dies schwerer und sie

leiden. Die flugunfähigen Insekten werden hilflos in der Luft zappeln: Aber an die Wand gestoßen, werden sie laufen, ohne das Fehlen der Schwere zu bemerken. Fliegende Insekten (auch Vögel) werden sich bewegen, aber nicht so, wie sie möchten. Sie erreichen bald Wände und klammern sich an ihnen fest. Das Gehen gelingt den Vögeln und anderen großen Tieren nicht: Beim ersten Versuch, sich von der Wand abzustößten, geraten sie in das gasförmige Medium.

Die Katze und ähnliche Wesen mit beweglichen inneren Organen können willkürlich den äußeren Teil des Körpers umdrehen, wenigstens auf 180 Grad.

Wir haben gesehen, daß sich der Mensch auch mit Hilfe einer Halterung (Stütze) z.B. seines Hutes, drehen und bewegen kann. Er kann sich aber auch ohne Stütze drehen. Dafür muß er z.B. seine Hand heben und sie so drehen, als hätte er den Hebel irgendeiner Maschine gedreht. Die Kreisbewegung der Hand, des Fußes oder eines anderen Gliedes verleiht auch seinem Körper eine Drehung. Aber kaum wird das betreffende Glied angehalten, wird sich auch sein Körper beruhigen, obwohl er schon auf eine andere Seite ausgerichtet sein wird.

Wir beziehen uns hier nicht auf das flüssige oder gasförmige Medium, mit dessen Hilfe jede gewünschte Bewegung zu erhalten ist.

### **Auf der Erde drohende Gefahren, denen der Mensch im Weltraum entgehen könnte**

Der Mensch muß um jeden Preis die Erdschwere überwinden und zur Verfügung wenigstens den Raum des Sonnensystems haben.

Auf der Erde lauern allerlei Gefahren auf ihn. Wir sprechen schon nicht über jenes miserable Leben, das wir

ununterbrochen erdulden: Diese Gefahren und Unannehmlichkeiten wird der Mensch bald beseitigen. Wir sprechen aber über Katastrophen, die die ganze Menschheit oder aber einen bedeutenden Teil von ihr vernichten können.

Wie viele Male wurde z.B. jenes Festland, auf dem wir jetzt leben, von Wasser überflutet und wurde zu Ozeanboden! Man darf nicht sicher sein, daß diese Erscheinungen immer allmählich erfolgen. Erdbeben zerstören unerwartet ganze Städte und überfluten bedeutende Flächen. Es gab große Katastrophen, wenn auch der historische Mensch dabei nicht Zeuge war (die zweifelhafte Sintflut ausgenommen). Nur, je größer die Katastrophe, je schrecklicher, desto seltener ist sie. Wir könnten sie aber noch erleben.

Der Aufprall einer Bolidenwolke oder eines kleinen Planeten mit dem Durchmesser von zehn Werst kann der Erde solch einen Schlag versetzen, daß die sich dabei bildende feste, flüssige oder gasförmige Welle alles vom Erdboden tilgt - sowohl den Menschen als auch seine Bauwerke. Dabei könnte schon allein die Erhöhung der Temperatur der Atmosphäre alles verbrennen oder töten.

Stellen Sie sich jetzt vor, dasselbe geschähe den Weltraumstationen: ein Asteroid mit dem Durchmesser von zehn Kilometern hätte eine von ihnen durchschlagen. Er kann nur 75 Quadratkilometer der Siedlungen vernichten und nicht wie auf der Erde 510.000.000 Quadratkilometer. Dabei ist im Weltraum eine Asteroidenbahn leichter zu verfolgen und von Raumstationen und anderen Vorrichtungen zeitweilig frei zu machen. Denn ihre Umsetzung kostet doch fast nichts. Doch wie wollten Sie die Erde aus der Bahn irgendeines Himmelskörpers herauslenken?

Es sei noch etwas gesagt über die Meteoriten. Von den großen unter ihnen geht im Weltraum dieselbe Gefahr aus wie auf unserem Planeten. Da aber ihr Auftreffen auf



unsere Köpfe, Häuser und Bauten äußerst selten ist und niemanden in Angst versetzt, so können sie uns auch im Weltraum nicht in Furcht setzen. Vor den kleinen Meteoriten schützt uns auf der Erde die Atmosphäre, in der sie pulverisiert werden oder verbrennen. Im Weltraum kann uns dann die Raumstation Schutz sein. Der Aufprall von einem winzigen Splitter von wenigen Milligramm fügt dem Menschen keinen ernststen Schaden zu.

Gelangt dieses Körnchen in eine Schicht von Quarzglas oder Stahl, so wird es aller Wahrscheinlichkeit nach in ihr steckenbleiben. Das Stückchen wird beim Aufprall schmelzen und sich wahrscheinlich in Dampf verwandeln. Sogar ein geringfügiger Teil der Oberfläche der Raumstation wird dabei schmelzen und verdampfen. Der Aufprall könnte in seiner Wand einen aufgeschmolzenen, sehr dünnen Kanal bilden. Sein flüssiger Zustand wird aber sofort das gebildete Loch zuschwemmen, und dadurch wird nicht einmal Gas austreten.

Außerdem wurde schon mehrfach gezeigt, daß selbst das Auftreffen von winzigen Meteoriten auf Menschen der Erde eine wenig wahrscheinliche Erscheinung ist, die im Durchschnitt einmal in einigen Tausend Jahren eintritt (vorausgesetzt, die Atmosphäre fehlt).

Die Erde, wie auch jeden Himmelskörper, erwartet letztendlich eine Explosion durch die Anhäufung eines elastischen Stoffes in ihrem Inneren. Es wird eine Zeit kommen, wo der Menschheit eine Gefahr solcher Art drohen wird. Wohin wird sie sich retten, wenn sie sich den Raum des Sonnensystems nicht erobert!

Noch eine Gefahr: das Erlöschen und Abkühlen unserer Sonne. Dann ist man darauf angewiesen, auch aus dem Sonnensystem zu fliehen. Aber vom Weltraum aus zu fliehen ist bedeutend leichter als aus unserem planetarischen Gefängnis, wo wir und alles, was wir besitzen, mit den Ketten der Gravitation an die Erde gefesselt sind.

Auch die Überbevölkerung der Menschheit auf der Erde zwingt uns zum Kampf mit der Schwere und zur Benutzung des Himmelsraumes und seiner Reichtümer.

Weiterhin erwarten die Menschheit viele andere schreckliche Gefahren auf ihrem Planeten. Sie alle zwingen die Menschen, die Rettung im Weltall zu suchen.

Über die Vorteile solcher Überstiedlung haben wir viel gesprochen, doch man kann bei weitem weder alles besprechen, noch sich vorstellen.

## **Kosmische Raketenzüge**

### **Vom Autor**

**I**ch bin schon 72 Jahre alt. Seit längerem arbeite ich schon nicht mehr mit den Händen und führe keine Versuche mehr durch.

An den reaktiven Geräten arbeitet man im Westen praktisch seit der Zeit der Herausgabe meiner ersten Arbeit im Jahre 1903.

Anfangs suchte man nach einer Anwendung derselben für den Kriegseinsatz (Unge in Schweden und Krupp in Deutschland).

Danach, in der Zeit einer weiteren Arbeit von mir, in den Jahren 1911-1912, arbeitete man im allgemeinen theoretisch und experimentell (Birkeland, Goddard). Damals hat auch Esnault-Pelterie seine Vorstellungen bekanntgegeben.

Doch seit 1913 haben sich auch in unserem Land viele für die Fragen des Fluges außerhalb der Atmosphäre interessiert, besonders als sie das ernsthafte Interesse des Westens daran erkannten. Die ersten Wegbereiter waren: Rjumin, Perelman (sehr zugängliche und wissenschaftliche Arbeiten), Schitrinkin, B. Worobjow, Manuillow, Rjabuschinski, Schmurlo und andere.

Nach der Veröffentlichung meiner Arbeit „Außerhalb der Erde“ (Einzelausgabe im Jahre 1920) in einem weit verbreiteten Journal („Natur und Menschen“, 1918), interessierte sich Oberth für die Sternenreise. Sein Werk gab den deutschen Wissenschaftlern und Denkern einen guten Anstoß, dank dessen viele neue Arbeiten entstanden und sich viele neue Mitschaffende fanden, wie Wolf, Vallier, v. Hoefft, Hohmann, Ley, Sander, v. Opel, Scherschewsky, Lademann. Die beiden letzteren haben sehr fleißig (besonders Lademann) meine Arbeiten übersetzt und verbreitet. Das Gleiche taten in der UdSSR Modestow, Bajat, Iwanowski, Jegorow, Dawidow, Lapirow-Skoblo und andere.

Es entstanden Raketenautomobile, Raketengleitboote, Raketenschlitten und sogar Raketenflugzeuge (unter der Leitung von Stamer). Das war alles noch sehr unvollkommen, erzeugte aber viel Aufsehen und erwies sich als nützlich, sowohl für die Erprobung wie auch, um das Interesse in der Öffentlichkeit und unter den Wissenschaftlern und Konstrukteuren zu wecken.

Auch in der UdSSR wurden diese Ideen stärker verbreitet. So engagierten sich Wetschinkin (Vorlesungen), Zander und Rynin. Letzterer hat mit seinen hervorragenden Arbeiten, umfangreichen Literaturkenntnissen und seiner Unvoreingenommenheit die Verbreitung der Ideen einer Sternenreise besonders begünstigt. Man kann sagen, daß der erste Spezialist bei uns auf diesem Gebiet Professor Rynin ist. Danach verbreiteten Tschischewski, Rodnich, Stroganov, Redin, Solowjow, Gluschko und andere neue Ideen.

Nicht nur im Ausland, sondern auch bei uns werden jetzt Institute und Gesellschaften gegründet, deren Mitglieder erfolgreich und talentiert neue Ideen verbreiten. Unter ihnen sind: Lwow, Perelman, Worobjow, Weigelin, Rodnich, Wengerow, Kondratjenko, Lutsenko und andere Mitglieder dieser Gesellschaften. Besonders viele und kluge

Aufsätze schrieben Perelman und Lwow.

Einen Gruß von mir den Mitstreitern der Astronautik sowohl in der UdSSR als auch im Ausland. Sie werden nicht nur einige Dutzend Jahre daran arbeiten. Vorläufig ist die Sache undankbar, riskant und unvergleichbar schwierig. Sie fordert nicht nur eine außerordentliche Kraftanspannung und geniales Talent, sondern auch viele Opfer.

Die meisten Leute betrachten die Sternenreise\* als eine ketzerische Idee und möchten nichts damit zu tun haben. Andere stehen ihr skeptisch gegenüber, wie einer absolut unmöglichen Sache. Und Dritte sind über die Maßen leichtgläubig, wie zu einer Angelegenheit, die leicht und schnell zu verwirklichen ist. Jedoch die ersten unvermeidlichen Mißerfolge entmutigen die Schwachen und stoßen sie ab und zerstören damit das Vertrauen der Öffentlichkeit.

Auf die Arbeitenden warten viele Enttäuschungen, weil eine erfolgreiche Lösung der Frage viel schwerer ist, als es sich die klügsten Köpfe vorstellen können. Ihre Mißerfolge, die Erschöpfung der Kräfte und Hoffnungen könnten sie veranlassen, die Arbeit unvollendet und in einem bedauerlichen Zustand zu belassen. Es sind ständig neue Kader, frische und selbstlose Kräfte erforderlich.

Die Sternenreise darf man nicht mit einem Flug in der Luft vergleichen. Letzterer ist ein Spiel im Vergleich mit der Raumfahrt.

Selbstverständlich wird man Erfolg haben, doch die Frage, wann das sein wird, ist für mich noch völlig offen.

Die Vorstellung von einer leichten Lösung dieser Frage ist ein Irrtum, der vorübergeht. Natürlich ist er auch

---

\* Raumfahrt (der Übers.)

nützlich, weil er Mut und Kraft gibt.

Wenn ihnen die Schwierigkeiten der Arbeit bekannt wären, so würden sich viele der jetzt mit Begeisterung Arbeitenden enttäuscht abwenden.

Aber dafür wird das Ergebnis herrlich sein. Die Eroberung des Sonnensystems erbringt nicht nur Energie und Leben, die zweimilliardenmal stärker sein werden als irdische Energie und Leben. Auch die Ungebundenheit wird viel größer sein. Der Mensch mit seiner Macht beherrscht die Welt sozusagen nur in zwei Dimensionen. Die dritte Dimension ist für ihn begrenzt, d.h. die Ausdehnung nach oben und unten ist vorläufig nicht möglich. Irgendwann verfügt der Mensch über drei Dimensionen...

Die Schwerelosigkeit, die jungfräulichen Strahlen der Sonne, eine beliebige Temperatur, die man in den Raumstationen nur durch die Sonnenstrahlen erhält, die völlig freie Bewegung nach allen sechs Richtungen, die Erkenntnis des Weltalls... Noch können wir nicht jeden Nutzen und Gewinn aus der Eroberung des Sonnensystems einschätzen. Einiges davon vermittelte ich bereits in meinem Buch „Außerhalb der Erde“.

Ziolkowski

### **Was versteht man unter einem Raketenzug?\***

1. Unter einem Raketenzug verstehe ich eine Verbindung mehrerer identischer reaktiver Geräte\*\*, die sich anfangs entlang einer Straße bewegen, danach in der Luft, dann im Vakuum außerhalb der Atmosphäre und schließlich irgendwo zwischen den Planeten oder Sonnen.

2. Aber nur ein Teil dieses Zuges gelangt in den Himmelsraum\*\*\*, die übrigen Teile, die die erforderliche Geschwindigkeit nicht erreichen, kehren auf die Erde zurück.

3. Einer einzelnen Rakete müßte man, damit sie die Kosmische Geschwindigkeit erreicht, einen großen Brennstoffvorrat mitgeben. So sollte für die Erlangung der Ersten Kosmischen Geschwindigkeit, also 8 km pro Sekunde, das Gewicht des Brennstoffs mindestens 4 mal größer sein als das Gewicht der Rakete mit all ihren Bestandteilen. Das erschwert natürlich den Bau reaktiver Geräte.

**Der Raketenzug schafft die Möglichkeit, entweder hohe kosmische Geschwindigkeiten zu erzielen, oder aber mit einem vergleichbar kleineren Brennstoffvorrat auszukommen.**

4. **Zu Beginn werden wir die Aufgabe in einfachster Form lösen. Wir nehmen an, daß der Aufbau aller Raketen in dem Zug vollkommen gleich sei, der Vorrat an Brennstoffen und die Antriebskraft ebenfalls.** In Wirklichkeit muß es natürlich einige Abweichungen geben. So sind die Raketen, die sich auf Straßen bewegen, einfacher zusammengesetzt. Sie bewegen sich ja nur in der Atmosphäre, und es besteht nicht die Notwendigkeit, sie

---

\* Zwischenüberschriften sind vom Herausgeber eingefügt worden.

\*\* Raketenstufen mit Triebwerken (der Übers.)

\*\*\* Weltraum (der Übers.)

mit Vorrichtungen für einen längeren Aufenthalt von Menschen im Weltraum auszurüsten.

### **Entwurf und Ausführung des Raketenzuges**

5. Der Antrieb (die Explosion, nach Ziolkowski) beginnt an der **Spitze des Raketenzuges**, so daß der gesamte Zug einer Spannung und nicht einer Zusammenpressung ausgesetzt ist. Damit wird man leichter fertig. Außerdem begünstigt dies auch die Stabilität des Zuges während des Antriebs. Auf diese Weise kann man einen längeren Zug zusammenstellen und folglich auch eine größere Geschwindigkeit bei gleichem Brennstoffvorrat in jedem einzelnen Raketenwagen\* erzielen.

6. Je kürzer die Stufen sind, um so mehr können es bei gleicher Festigkeitsreserve sein. Und je mehr Stufen vorhanden sind, desto höher wird die Endgeschwindigkeit der letzten Stufe sein. Dies zwingt uns dazu, die einzelnen Baugruppen des Raketenzuges möglichst kurz zu gestalten. Jedoch darf der Durchmesser der Raketenstufe nicht kleiner als 1 Meter sein. Das heißt, die Länge der Raketenstufe kann nicht kleiner als 10 Meter sein. Im anderen Fall erweist sich der Luftwiderstand als viel zu groß. Für Raketen, die auf die Erde zurückkehren, könnte das ausreichend sein. Doch für kosmische Raketenstufen benötigt man nicht weniger als **3 Meter Durchmesser und 30 Meter Länge**. Daraus resultiert unsere Schlußfolgerung: Die letzte Raketenstufe muß man größer bauen.

7. Der Aufbau der kosmischen Rakete ist sehr kompliziert und wird ständig komplizierter. Unser Ziel ist es jetzt aber nicht, in alle Einzelheiten zu gehen. Unser Ziel ist ein anderes, nämlich die Vorteile eines Raketenzuges

---

\* gemeint sind die Raketenstufen (der Übers.)



bezüglich der erreichbaren Endgeschwindigkeit im Vergleich zu einem einzelnen Triebwerk aufzuzeigen. Es wäre möglich, daß sich eine kleinere Rakete beim Erreichen des Weltraumes zu einer größeren entfaltet. Doch wir lassen alle diese Vorstellungen beiseite und wählen die Abmessungen unserer Rakete zu 3 Metern und 30 Metern.

8. Der Durchmesser unserer Raketenstufe beträgt also 3 m, ihre Länge 30 m, die Wandstärke möge 2 mm sein (nach dem Ende zu stärker). Die Materialdichte sei  $8 \text{ g/cm}^3$ . Die Querschnittsfläche sei  $7 \text{ m}^2$ , die Oberfläche  $180 \text{ m}^2$  und das Volumen  $105 \text{ m}^3$ . Unsere Rakete kann 105 t Wasser fassen. Ein Abschnitt der Hülle von 1 m wiegt überall gleich viel, da sie an den Enden dicker wird - etwa 0,15 t. Ebensoviele Gewicht nehmen wir an für die Menschen, die Tanks, die Düsen, Maschinen und andere Vorrichtungen: insgesamt 0,3 t auf einen Meter Länge. Das bedeutet, unsere gesamte Raketenhülle wird 4,5 t wiegen. Ebensoviele wiegen die inneren Bestandteile, insgesamt also 9 Tonnen. Davon entfallen auf die Menschen etwa 1 Tonne.

9. Den Vorrat an Treibstoffen je Meterabschnitt nehmen wir mit 0,9 t an. Das ergibt für die gesamte Rakete 27 t und damit 3mal mehr Gewicht als die gesamte Rakete mit ihrem Inhalt wiegt. (Die entsprechende Geschwindigkeit für eine solche Raketenstufe beträgt etwa 5,52 km/s bei Verwendung von Erdöl als Treibstoff.) Ein solcher Vorrat in einer Rakete (bei dessen Dichte von 1) nimmt  $27 \text{ m}^3$  ein, also ungefähr ein Viertel des vorhandenen Volumens. Für Menschen und Maschinen verbleiben demnach  $78 \text{ m}^3$ . Gehen wir von 10 Menschen aus, so entfallen auf jeden ungefähr  $8 \text{ m}^3$  bzw. ein würfelförmiger Raum mit einer Seitenlänge von 2 Metern. Der Sauerstoff in diesem Volumen (bei 2 Atmosphären Druck) reicht für die Atmung von 160 Menschen über einen Zeitraum von 24 Stunden oder für 10 Menschen für 16 Tage; natürlich ist die Beseitigung der Atmungsprodukte erforderlich.

Wir wollen zeigen, daß sogar ein so großer Treibstoffvorrat die Rakete nicht überfordern wird.

10. Der Antrieb zieht den Raketenzug vorwärts. Weil die Zugfestigkeit jedes Abschnitts gleich sein muß, ist deshalb die Wandstärke an den Engstellen der Rakete größer.

11. Bei der Festigkeitsreserve vom Faktor 5 hält die Hülle der Rakete einen Überdruck von 4 Atmosphären aus. Weil dieser jedoch auch im Vakuum nicht größer ist als 2 Atmosphären, so entspricht die Festigkeitsreserve sogar dem Faktor 10.

12. Da allen Raketenstufen, sogar der letzten kosmischen, bei der Rückkehr zur Erde ein Gleitflug bevorstehen könnte, besitzt jede Stufe folgende Einrichtung:

Eine einzige aufgeblasene Hülle von der Form eines auf einer Drehmaschine gedrehten Rotationsteiles wird schlecht gleiten. Man muß z.B. drei solcher Hüllen miteinander verbinden. Mit Luft oder Sauerstoff mit einem Druck von zwei Atmosphären gefüllt, würden sie einen überaus wirksamen Träger ergeben.

13. Flügel können wir wegen ihres großen Gewichts dafür nicht vorschlagen.

14. Jede Rakete muß Ruder besitzen: für die Einhaltung von Richtung und Höhe und um einer Drehung entgegenzuwirken. Diese müssen nicht nur in der Luft, sondern auch im luftleeren Raum wirken.

15. Die Ruder sind im hinteren Teil jeder Rakete angeordnet und bestehen aus zwei Paaren. Dahinter folgen die Triebwerksrohre\*. Sie sind längs ausgerichtet, etwas seitlich. Andernfalls würden die herausströmenden Gase auf das hintere Teil der Rakete treffen.

---

\* die Düsen (der Übers.)

Ihre Anzahl soll nicht kleiner als 4 sein. Ihre Austrittsöffnungen sind rings um die Rakete angeordnet, in gleichen Abständen voneinander. Die Explosionen erfolgen stoßweise, wie Einzelschüsse. Diese Stöße könnten aber die Rakete beschädigen. Deshalb ist es sinnvoll, viel mehr als 4 Rohre vorzusehen. Die Explosionsstöße erfolgen dann häufiger und können so verteilt werden, daß ihr Druck auf die Rakete hinreichend gleichmäßig ist.

Jedes Ruderpaar befindet sich in einer Ebene (parallel zur Längsachse der Rakete), jedoch kann ihre Abweichung von der Ebene verschieden sein. Dann beginnt die Rakete sich zu drehen. Daraus ist ersichtlich, daß in diesem Fall ein beliebiges Paar zur Beendigung der Drehung der Rakete dienen kann. Außerdem dient jedes Paar auch zur Richtungssteuerung des Fluggeräts in der entsprechenden Ebene. Zusammengenommen erhält man die gewünschte Richtung im Raum und die Unterdrückung der Drehung. Der Strom der Antriebsgase wird auf diese Ruder gelenkt. So ist verständlich, daß diese nicht nur in der Luft, sondern auch im luftleeren Raum wirksam sind\*.

16. Kleine Quarzfenster lassen Licht von der Sonne in das Innere der Rakete gelangen, wo es für die Steuerung gebraucht wird. Andere, größere Fenster sind außen mit Fensterklappen verschlossen. Später, beim Flug durch die verdünnte Atmosphäre oder im luftleeren Raum, werden sie geöffnet.

17. Der Bugteil nimmt die Besatzung auf. Die Maschinenabteilungen (mit Pumpen und Antrieben) schließen sich daran an. Im Heckteil der Rakete befinden sich die Antriebsdüsen, umgeben von den Tanks mit Öl sowie den Tanks mit frei verdampfendem flüssigen und kalten Sauerstoff.

---

\* Strahlruder (der Übers.)

18. Der Start läuft ungefähr so ab: Der Zug, beispielsweise aus 5 Raketen, gleitet über eine Bahn von einigen hundert Werst\* Länge und erhebt sich währenddessen auf 4 bis 8 Werst über den Meeresspiegel. Wenn die vordere Rakete ihren Brennstoff fast verbrannt hat, löst sie sich von den hinteren vier. Wegen der Trägheit setzen diese ihre Bewegung fort, und die vordere entfernt sich von den hinteren infolge der nachlassenden Explosionen. Ihr Steuermann lenkt sie zur Seite, und sie senkt sich langsam zur Erde herab, ohne die Bewegung der übrigen 4 abgekoppelten Raketen zu stören. Wenn die Bahn frei ist, setzt der Antrieb der zweiten und nunmehr vorderen Rakete ein. Mit ihr wiederholt sich dasselbe wie mit der ersten: sie koppelt von den nachfolgenden 3 Raketen ab und läuft ihnen anfangs davon. Doch dann kehrt auch sie gezwungenermaßen wegen der nicht ausreichenden Geschwindigkeit zu unserem Planeten zurück.

So geschieht es auch mit allen verbleibenden Raketen außer der letzten. Diese überwindet nicht nur die Atmosphäregrenze, sondern erreicht auch die Kosmische Geschwindigkeit. Infolgedessen umkreist sie nun entweder die Erde als deren **Sputnik**, oder sie fliegt weiter - zu Planeten oder sogar zu anderen Sonnen.

### **Berechnung der Geschwindigkeit und anderer Charakteristiken des Raketenzuges**

19. Für eine Rakete haben wir folgende Formel (siehe meine Abhandlung von 1926, Formel 38):

$$\frac{c_1}{W} = \ln \left( 1 + \frac{M_1}{M_0} \right),$$

---

\* 1 Werst = 1,067 km

die das Verhältnis der Endgeschwindigkeit  $c_1$  der Rakete zur Ausströmgeschwindigkeit  $W$  als Funktion des Verhältnisses der Gesamtmasse des Brennstoffes  $M_1$  oder des ausströmenden Gases zur Masse der Rakete mit all ihrem Inhalt außer den Brennstoffen angibt. Das Zeichen  $\ln$  bedeutet den natürlichen Logarithmus.

20. Diese Formel kann man auch für komplizierte Raketen anwenden, d.h. für einen Zug aus reaktiven Geräten. Mit  $c_1$  wird dann der Geschwindigkeitszuwachs  $V$  des Zuges beim Verbrennen des Treibstoffes einer Rakete bezeichnet. Die relative Ausströmgeschwindigkeit  $W$  bleibt immer ein und dieselbe, ebenso die Treibstoffmasse  $M_1$ . Jedoch die Masse der Rakete  $M_0$  ist dann nicht die Masse einer Rakete, sondern die des ganzen Zuges, ohne die Masse des Treibstoffes  $M_1$  der vorderen Rakete, denn diese wirkt auf den gesamten Zug mit all seinen noch nicht verbrauchten Brennstoffen.

21. Deshalb müssen wir in Formel (19) die Masse der Rakete  $M_0$  durch die Masse des Zuges  $M_z$  nach folgender Formel austauschen:

$$M_z = (M_0 + M_1) n - M_1,$$

wobei  $n$  die Anzahl der Raketenstufen darstellt. Es ist klar, daß sich dieser Ausdruck nicht nur auf den gesamten Zug bezieht, der aus einer bestimmten Anzahl  $n_1$  von Raketenstufen besteht, sondern auch auf jeden anderen Teilzug (nach Verlust einiger vorderer Raketenstufen), der nur noch aus einer geringeren Anzahl  $n$  von Raketen besteht.

22. Jetzt erhalten wir anstelle von Formel (19):

$$\frac{V}{W} = \ln \left[ 1 + \frac{M_1}{(M_0 + M_1) n - M_1} \right]$$

23. Für den ersten Zug, der aus der maximalen Anzahl  $n_1$  von Raketenstufen zusammengesetzt ist, erhalten wir:

$$\frac{V_1}{W} = \ln \left[ 1 + \frac{1}{\left[ \frac{M_0}{M_1} + 1 \right] n_1 - 1} \right]$$

24. Für den zweiten Zug, der eine Raketenstufe weniger besitzt, erhalten wir:

$$\frac{V_2}{W} = \ln \left[ 1 + \frac{1}{\left[ \frac{M_0}{M_1} + 1 \right] (n_1 - 1) - 1} \right]$$

25. Das Gleiche ergibt sich für die übrigen. Allgemein erhalten wir für einen Zug x-ter Ordnung:

$$\frac{V_x}{W} = \ln \left[ 1 + \frac{1}{\left[ \frac{M_0}{M_1} + 1 \right] (n_1 - x + 1) - 1} \right]$$

26. So gilt z.B. für den letzten Zug  $x = n_1$ . Dies eingesetzt, führt zur Formel (19) für eine einzelne Rakete.

27. Die Geschwindigkeit des ersten Zuges wird durch Formel (23) ausgedrückt. Die **Gesamtgeschwindigkeit** des zweiten Zuges ist die Summe der Geschwindigkeiten des Anfangszuges und des Geschwindigkeits**zuwachses** des zweiten. Allgemein ergibt sich die Gesamtgeschwindigkeit eines Zuges x-ter Ordnung aus der Summe der zusätzlichen Geschwindigkeiten (25) der ersten x Züge. Die Gesamtgeschwindigkeit der letzten, hinteren Raketenstufe ist gleich der Summe der zusätzlichen Geschwindigkeiten aller Züge, vom längsten bis zum kürzesten (der Ordnung  $n_1$ ), welcher aus einer Rakete besteht.

28. Aus der allgemeinen Formel (25) ersehen wir, daß der Geschwindigkeitszuwachs umso größer ist, je weniger Raketenstufen übriggeblieben sind. Den kleinsten Geschwindigkeitszuwachs erreicht der vollständige Zug, den größten die letzte Raketenstufe, wenn  $x = n_1$  ist, d.h. wenn im Zug nur eine Stufe übriggeblieben ist. Die

zusätzlichen Geschwindigkeiten wachsen außerordentlich langsam, und deshalb bringt eine sehr große Anzahl von Raketen wenig Nutzen, d.h. die Endgeschwindigkeit der letzten Rakete erhöht sich nur geringfügig.

Trotzdem wäre ein unbegrenztes Anwachsen der kosmischen Geschwindigkeit möglich, gäbe es nicht eine begrenzte Festigkeit des Materials, aus dem die Raketen hergestellt sind.

29. Die Berechnung kann vereinfacht werden, wenn man die Raketenstufen vom Ende her zählt, in umgekehrter Reihenfolge, d.h. den letzten Zug, der aus einer Rakete besteht, bezeichnet man als ersten, den vorletzten als zweiten usw. Dann wird  $y$  die Ordnungszahl und wir erhalten:

$$y + x = n_1 + 1$$

30. Wenn wir mit Hilfe dieser Gleichung  $x$  aus der Gleichung (25) ersetzen, so erhalten wir:

$$\frac{V_y}{W} = \ln \left[ 1 + \frac{1}{\left[ \frac{M_0}{M_1} + 1 \right] y - 1} \right]$$

Damit haben wir bewiesen, daß mit der Zählung der Züge vom Ende her der Geschwindigkeits**zuwachs** nicht von der Gesamtzahl der Raketen  $n_1$  im Zug abhängt, sondern nur von deren **umgekehrter** Reihenfolge  $y$ .

31. So stellen wir eine Tabelle auf, mit deren Hilfe wir leicht die Endgeschwindigkeit jedes Teilzuges und die größte Endgeschwindigkeit des letzten Zuges, bestehend aus einer Rakete, ermitteln können.

---

Reihenfolge (y) des Zuges vom Ende her																		
1		2		3		4		5		6		7		8		9		10
Reihenfolge (x) vom Anfang her																		
10		9		8		7		6		5		4		3		2		1
relativer Geschwindigkeitszuwachs für $M_0/M_1 = 1/3$																		
1,386		0,470		0,262		0,207		0,166		0,131		0,113		0,100		0,09		0,08
relative Endgeschwindigkeit des letzten Zuges (aus einer Rakete), der anfangs aus mehreren Raketen besteht																		
1,386		1,856		2,118		2,325		2,491		2,622		2,735		2,835		2,925		3,005

---

32. Wenn wir z.B. einen Zug von vier Raketen haben, so beträgt die letztlich erhaltene endgültige Relativgeschwindigkeit 2,325, d.h. sie wird um einige Male größer sein als die Ausströmgeschwindigkeit.

Die Geschwindigkeiten der Teilzüge (bei 4 Raketen) in normaler Reihenfolge (x) kann man aus der zweiten Zeile erfahren. In zeitlicher Reihenfolge, beginnend mit dem zusammengesetzten Zug, ergeben sie sich zu

$$\begin{aligned}
 &0,207 \\
 &0,207 + 0,262 = 0,469 \\
 &0,469 + 0,470 = 0,939 \\
 &0,939 + 1,386 = 2,325
 \end{aligned}$$

Für einen Zug aus 10 Raketen beträgt die Endgeschwindigkeit der letzten Rakete 3,005. Die Geschwindigkeiten der Teilzüge dieses Zuges, nach der Reihenfolge (x), erfahren wir ebenso aus der zweiten Zeile, indem wir deren Zahl hinzuaddieren, von rechts beginnend.

33. Die wirklichen Geschwindigkeiten kann man ermitteln, wenn man die Ausströmgeschwindigkeit  $V$  kennt, d.h. die Geschwindigkeit der aus der Düse heraus-



fliegenden Verbrennungsprodukte. Wir erhalten folgende Tabelle:

Anzahl der Raketen im Zug									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Endgeschwindigkeit des letzten Zuges (in km/s), wenn $M_0/M_1 = 1/3$ und $W = 3$ km/s									
4,17	5,58	6,36	6,96	7,47	7,86	8,19	8,49	8,76	9,00
Das Gleiche für $W = 4$ km/s									
5,56	7,49	8,49	9,28	9,96	10,48	10,92	11,32	11,68	12,00
Das Gleiche für $W = 5$ km/s									
6,95	9,30	10,60	11,60	12,45	13,10	13,65	14,15	14,60	15,00

Sogar bei Verwendung von Erdöl und einer Ausnutzung der Verbrennungsenergie von 50 % ( $W = 3$  km/s), bei 7-8 Zügen, erhält man die Kosmische Geschwindigkeit. Bei größerer Ausnutzung erhält man sie schon bei 3 oder sogar bei 2 Zügen. Um sich von der Erde zu entfernen und die Planeten bis hin zu den Asteroiden zu erreichen, dürfte ein Zug aus 10 Raketen ausreichen.

34. Falls in Formel (30) die Masse der Raketenstufe  $M_0$  groß ist im Vergleich zur Treibstoffmasse  $M_1$  oder wenn ein Zug viele Raketenstufen enthält, d.h. wenn  $y$  groß ist, so stellt das zweite Glied in Formel (30) einen kleinen echten Bruch ( $Z$ ) dar.

Somit können wir näherungsweise setzen:

$$\ln(1 + Z) = Z - \frac{Z^2}{2} + \frac{Z^3}{3} - \frac{Z^4}{4} + \dots$$

Je kleiner der Bruch  $Z$  ist, umso weniger Glieder können wir benutzen.

35. Nehmen wir z.B. wie oben an:  $\frac{M_0}{M_1} = \frac{1}{3}$  und  $y = 6$ .

Dann ist  $Z = \frac{1}{7}$ .

Die erste Näherung nach (34) gibt  $Z = 1/7 = 0,143$ . Das ist etwas größer als der nach Tabelle (31) erhaltene Wert von 0,131. Die zweite Näherung gibt 0,133, was noch näher an der Wirklichkeit liegt. Wenn wir einen 9-stufigen Raketenzug annehmen, so ist  $Z = 1/11$  und die erste Näherung ergibt  $Z = 0,091$ , was schon fast mit der Tabelle übereinstimmt.

36. So kann man, beginnend mit dem 11. Zug, problemlos vorschlagen:

$$\frac{V_y}{W} = Z = \left[ \frac{1}{\left(\frac{M_0}{M_1} + 1\right) y - 1} \right]$$

37. Die Summe der zusätzlichen Geschwindigkeiten\* der Züge, die größer sind als der 11., kann man annähernd ermitteln durch Integration des Ausdrucks (36). Wir erhalten:

$$\frac{M_1}{M_0 + M_1} \ln \left[ \left(\frac{M_0}{M_1} + 1\right) y - 1 \right] + \text{const}$$

Wenn die Konstante gleich 10 ist, so ist die Summe der zusätzlichen Geschwindigkeiten gleich Null.

Folglich ist die Konstante gleich

$$\text{const} = - \frac{M_1}{M_0 + M_1} \ln \left[ \left(\frac{M_0}{M_1} + 1\right) 10 - 1 \right]$$

D.h. für die Summe der zusätzlichen Geschwindigkeiten erhalten wir

$$\frac{M_1}{M_0 + M_1} \ln \frac{\left(\frac{M_0}{M_1} + 1\right) y - 1}{\left(\frac{M_0}{M_1} + 1\right) 10 - 1}$$

---

\* Geschwindigkeitserhöhungen (der Übers.)

38. Wenn wir annehmen, daß  $y = 11$  ist (11. Zug, d.h. Hinzufügen einer Rakete zur zehnten), so erhalten wir den relativen Geschwindigkeitszuwachs von 0,077 (s. Tab. 31).

Wenn wir 10 Züge hinzufügen, so ist  $y = 20$  und der summierte Geschwindigkeitszuwachs der 10 Züge beträgt 0,55. Bei einer Ausströmgeschwindigkeit von 4 km/s beträgt der absolute Zuwachs 2,2 km/s.

Fügen wir 90 Raketen hinzu. Es wird  $y = 100$  und der Geschwindigkeitszuwachs beträgt 1,78. Der absolute Zuwachs ( $W = 4$  km/s) beträgt 7,12 km/s. Nach Tabelle 33 ergeben 10 Raketen bei diesen Bedingungen 12 km/s. D.h. 100 Raketen ergeben eine Geschwindigkeit von 19,12 km/s. Das ist mehr als benötigt wird, um beliebige Sonnen zu erreichen.

Bei 50 %iger Ausnutzung der Brennstoffe (Tab. 33) finden wir, daß die Geschwindigkeit von 100 Zügen  $9 + 5,34 = 14,34$  km/s beträgt.

39. Bei mehr als 100 Raketen im Zug können wir den gesamten Geschwindigkeitszuwachs mit folgender Formel (aus 37) ausdrücken:

$$\frac{M_1}{M_0 + M_1} \ln \left( \frac{y}{10} \right)$$

40. Z.B. wird für 1000 Stufen die größte relative Geschwindigkeit 3,454 betragen. Wenn  $W = 4$  km/s ist, so beträgt der absolute Zuwachs durch 900 Raketen 13,82 km/s, und insgesamt von 1000 Raketen erhalten wir 25,82 km/s.

41. Stellen wir uns am Anfang eine horizontale Bewegung aller Züge vor. Die letzte Rakete wird die größte Beschleunigung pro Sekunde besitzen (Erhöhung der Geschwindigkeit in einer Sekunde). In der Praxis ist es bequem, wenn die Explosivkraft konstant ist. Ist das so, so wird die Beschleunigung einer einzelnen Rakete am Anfang schwächer sein, da die Masse groß ist, denn die

Brennstoffe sind noch nicht verbraucht. Dann, in Abhängigkeit von deren Verbrennung, wird die Beschleunigung größer. So wird bei unserem Brennstoff-Leermasse-Verhältnis von 3 zu 1 am Anfang die Beschleunigung ein Viertel des Wertes am Ende haben, wenn alle Brennstoffe verbraucht sind.

42. Bei der normalen Explosion\* in Richtung der Trägheit ist eine große Beschleunigung nicht sinnvoll - (auf festen Bahnen, in der Luft oder im leeren Raum). Erstens werden besondere Sicherheitsvorrichtungen für den Schutz der Passagiere gegen die erhöhte Schwere benötigt, zweitens muß die Rakete selbst stabiler gebaut werden - wodurch sie auch massiver wird - und drittens müssen die Düsen und andere Maschinenteile stabiler und massiver hergestellt sein.

43. Nehmen wir als größte Beschleunigung des Zuges  $10 \text{ m/s}^2$  an. Die gleiche Beschleunigung verleiht die Erde einem frei fallenden Gegenstand. Es ist klar, daß der letzte Zug, bestehend aus einer Rakete, eine ähnliche Beschleunigung besitzt, dabei eben am Ende einer gleichmäßigen Verbrennung. Wir nehmen an, daß sich die Kraft dieser Verbrennung proportional mit der Verringerung der Gesamtmasse der Rakete mindert, so daß während der ganzen Zeit die Beschleunigung konstant ist und  $10 \text{ m/s}^2$  beträgt.

44. Die Masse der Züge aus zwei und mehr Raketen verändert sich wenig, und deshalb können wir die Explosivkraft in diesem Falle als konstant annehmen. Dabei können wir die Beschleunigung als konstant ansehen. Sie wird aber umso kleiner sein, je größer die Anzahl der Raketen im Zug ist, so daß irgendeine Ungleichmäßigkeit nicht stören wird.

---

\* Verbrennung (der Übers.)

45. Die Beschleunigung des zweiten Zuges (vom Ende her) wird um zweimal kleiner sein, weil dessen Masse doppelt so groß ist. Die des zehnten Zuges wird zehnmal kleiner sein, weil dieser aus 10 Raketen der gleichen Masse besteht usw.

Daraus folgt, daß die Spannung des horizontalen Zuges oder sein relatives Gewicht nicht von der Anzahl der Raketen abhängt. Folglich wäre dessen Spannung, selbst wenn es 1000 Raketen wären, einerseits dank der Masse 1000mal größer, andererseits wegen der geringen Beschleunigung 1000mal kleiner. So ist ersichtlich, daß ein Zug aus einer beliebigen Anzahl von Raketen die gleiche Spannung haben wird, als würde er aus einer Rakete bestehen.

46. Wenn die Spannung eines langen Zuges größer ist, dann nur wegen der Trägheit und wegen des Luftwiderstandes. Das vernachlässigen wir vorerst.

47. Die Neigung der Bahn zum Horizont erhöht ebenfalls die Spannung des Zuges proportional zu seiner Länge. Doch wenn wir eine gekrümmte Bahn annehmen, die schrittweise emporsteigt, wobei deren Anstieg (der Tangens oder Sinus des Anstiegs) sehr klein ist und proportional zur Beschleunigung des Zuges, so können wir auch diesen Umstand vernachlässigen.

48. Indem wir all das berücksichtigen, berechnen wir die Zeiten, die Geschwindigkeiten, die Routen und die Aufstiege der Züge (s. Tab. 49).

**Es ist sehr bequem anzunehmen, daß der **Verbrennungsraum in jeder Rakete identisch ist und identisch funktioniert. Dann wird die Verbrennungszeit bei vollständigem Verbrauch ein und desselben Brennstoffvorrates in allen Raketen ebenfalls gleich sein.****

Wenn wir die Erste Kosmische Geschwindigkeit von 8000 m/s erreichen, so wird es dort, außerhalb der Atmosphäre, durch den Druck des Lichtes oder auf eine

andere Art leicht sein, sich von der Erde zu entfernen und innerhalb der Grenzen des Sonnensystems, aber auch darüber hinaus zu reisen. (s. Abhandlung des Jahres 1926, S. 80).

#### 49. Ein Zug mit 5 Raketenstufen:

---

	Nummer der Züge in chronologischer Reihenfolge				
(1)	1	2	3	4	5
	Anzahl der Raketen in jedem Zug				
(2)	5	4	3	2	1
	Mittlere Beschleunigung, in $m/s^2$				
(3)	2	2,5	3,33...	5	10
	(Die Verbrennungszeit sei konstant)				
	Relativer Geschwindigkeitszuwachs für jeden Zug				
(4)	0,2	0,25	0,333...	0,5	1,0
	Endgültige relative Geschwindigkeit jedes Zuges				
(5)	0,2	0,45	0,783	1,283	2,283
	Absolute Geschwindigkeit jedes Zuges, wenn der Geschwindigkeitszuwachs der letzten Rakete zu 5520 m/s angenommen wird (s. Abhandlung 1926)				
(6)	1104	2484	4322	7082	12602
	Die Brenndauer in Sekunden beträgt				
(7)		1104/2 = 552 = 5520/10 = 552.			
	Sie ist für alle Raketen gleich.				
	Mittlere Geschwindigkeit jedes Zuges, in m/s				
(8)	552	1242	2161	3541	6301
	Der von jedem Zug (während der Verbrennung) zurückgelegte Weg, in km				
(9)	288,14	685,58	1192,87	1954,63	3478,15

Der Tangens des Neigungswinkels

(10)		0,02		0,025		0,033...		0,05		0,1
------	--	------	--	-------	--	----------	--	------	--	-----

Der vollständige senkrechte Aufstieg jedes Zuges, in km

(11)		5,76		17,1		39,6		97,7		347,8
------	--	------	--	------	--	------	--	------	--	-------

Das Gleiche, wenn die Neigung die Hälfte beträgt

(12)		2,88		8,5		19,8		48,8		173,9
------	--	------	--	-----	--	------	--	------	--	-------

Endgeschwindigkeit bei 50 % Ausnutzung des Treibstoffes,  
wenn die Geschwindigkeit einer einzelnen Rakete 3900 m/s  
beträgt

(13)		780		1755		3054		4992		8892
------	--	-----	--	------	--	------	--	------	--	------

Länge der Züge, in m

(14)		150		120		90		60		30
------	--	-----	--	-----	--	----	--	----	--	----

50. Aus Zeile 6 sehen wir, daß ein 5-teiliger Zug eine Geschwindigkeit hervorbringt, die für die Entfernung von der Erde und sogar von deren Kreisbahn ausreicht. Fast die Erste Kosmische Geschwindigkeit (8000 km/s) erreicht der vorletzte Zug, der aus 2 Raketen besteht. Das ist nicht ganz ausreichend, um eine Kreisbahn um die Erde zu verlassen. Er umrundet die Erde zusammen mit der letzten Raketenstufe, deren Brennstoff noch nicht verbraucht ist. Es ist nun einzusehen, daß diese durch eine beliebige andere Last ausgetauscht werden kann. Daraus ist die Möglichkeit erkennbar, ganze Lastzüge zu **Sputniks** der Erde zu machen, wenn die Gesamtzahl der Zugbestandteile, d.h. der Raketen, hinreichend groß ist.

51. Aus Zeile 7 ist ersichtlich, daß die Explosionszeit\* in jedem Zug 552 Sekunden = 9,2 Minuten beträgt. Fünf Züge benötigen also eine Zeit von 46 Minuten. Das heißt, in weniger als einer Stunde wird alles beendet sein, und die letzte Rakete wird zum umlaufenden Gegenstand im

\* Brenndauer (der Übers.)

Raum.

Der Vorrat an Brennstoff ist bei uns 3mal so groß wie das Gewicht der Rakete mit den übrigen Bestandteilen und beträgt 27 Tonnen. Folglich müssen 48,9 kg pro Sekunde verbrennen. **Die Gleichmäßigkeit des Vorganges verlangt eine große Anzahl an Verbrennungsröhren\***. Wenn jede Rakete davon 40 besitzt und der Motor in jeder Sekunde 30 Umdrehungen oder 30 Pumpenstöße (Pulse) erzeugt, so besteht jeder Puls aus 0,041 kg oder 41 g. Was ist mit einer derartigen Kanonade vergleichbar? 1200 Einzelschüsse in der Sekunde mit 41 g starken Explosivstoffs für jeden! Und dieses geschieht hintereinander und ununterbrochen in allen Raketen 46 Minuten lang!

52. Wir gaben als Abmessung für die Rakete einen Durchmesser von 3 Metern vor. Anfangs kann man diesen auf 1 Meter begrenzen. Dann verkleinert sich diese außerordentliche Erscheinung 27mal ( $3^3$ ). Wir sprachen davon, daß sich in diesem Falle die letzte kosmische Rakete als ein Sonderfall herausstellt und zu einem geräumigen Aufenthaltsort für Menschen wird. Doch darüber an anderer Stelle mehr.

53. Aus Zeile 9 ist ersichtlich, daß die Bahnen, die von den Zügen zurückgelegt werden, die Abmessungen der Erdkugel nicht überschreiten. Doch der senkrechte Aufstieg jedes Zuges (Zeile 11) ist viel kleiner. So erhebt sich der erste Zug, der 228 km um die Erde zieht, nur auf eine Höhe von 5 bis 6 km. Der zweite Zug muß schon bald die feste Bahn\*\* verlassen und in die Luft fliegen. Die letzte Rakete, deren Antrieb noch nicht beendet ist, fliegt schon außerhalb der Atmosphäre. Das geschieht, wenn der größte Tangens des Startwinkels (beim letzten Zug) 0,1 beträgt; der entsprechende Winkel zum Horizont ist dann

---

\* Brennkammern (der Übers.)

\*\* Startbahn (der Übers.)



6 Grad. Für den ersten Zug ist dieser etwas größer als 1 Grad, für den zweiten 2 Grad usw.

54. Bei einer um die Hälfte kleineren Neigung (siehe Spalte 12) können sich schon zwei Züge während der Antriebszeit auf der Startbahn bewegen. Die Höhe der Berge auf der Erde läßt das noch zu. Dann beträgt die Startbahn etwa 600 bis 700 km.

55. In der Spalte 13 schlugen wir eine Ausnutzung der Energie des Treibstoffes von 50 % vor. Dabei erhält der letzte Zug eine Geschwindigkeit, die um vieles größer ist als die Erste Kosmische Geschwindigkeit (8 km/s). Die Raketenflugdauer wird somit natürlich kürzer sein.

56. Der größte Zug am Anfang hat eine Länge von 150 m. Wenn fürs erste dieser Zug auf ein Drittel dieser Größe begrenzt wird, so erhalten wir für einen 5-stufigen Zug 50 Meter.

57. Wir haben schon davon gesprochen, daß die Festigkeit des Zuges (bezüglich der Explosionen) nicht von der Anzahl der Stufen auf der horizontalen Bahn abhängt. Ist aber die Festigkeit einer einzelnen Rakete ausreichend?

Die Schnittfläche der Raketenhülle ist überall gleich und beträgt  $18.000 \text{ mm}^2$  (bei einer Dicke von 2 mm). Der Widerstand gegenüber der Explosion bei 6-facher Festigkeitsreserve wird nicht weniger als 180 t betragen. Die Rakete mit allen Bestandteilen (und dem Brennstoff) hat eine Masse von 36 t. Die Beschleunigung von  $10 \text{ m/s}^2$  ergibt im Zusammenhang mit einer normalen Trägheit eine relative Trägheit, die 1,4 mal so groß ist wie die Erdanziehungskraft. Aber die horizontale Komponente ist nur so groß wie die Erdanziehungskraft. Deshalb unterliegt die Rakete einer Spannung von 36 t. Diese zerstörerische Kraft ist 5mal kleiner als der Widerstand des Materials. Wenn wir nun eine Rakete mit einem 3mal kleineren Durchmesser und einer 3mal kleineren Länge annehmen, so wird diese Kraft 15mal kleiner sein als der

### Materialwiderstand.

58. Eine schräge Bewegung vergrößert die zerstörerische Wirkung. Jedoch ist diese Wirkung für alle Züge gleich. Für eine einzelne Rakete erhöht sich die Spannung bei der größten Neigung nur um 0,1. Die Neigung, z.B. einer 5-stufigen Rakete, ist 5mal kleiner, so daß sich ungeachtet ihrer großen Masse ihre Spannung (in der Summe) auch um 0,1 erhöht.

59. Daraus geht hervor, daß die Raketen weniger massiv gebaut werden könnten, wenn es nicht den Gasüberdruck gäbe, der sich aber im Vakuum nicht umgehen läßt. Man kann ihn aber trotzdem um 4mal verringern, weil man von 4 at Überdruck auf 1 at zurückgehen kann. Andererseits erscheint die Hülle für kleine Raketen als praktisch zu dünn.

60. Im Hinblick auf die überflüssige Festigkeit des Zuges bezüglich der Dehnung schlagen wir noch eine Tabelle für Züge bestehend aus 1, 2, 3, 4 und 5 Raketen vor. Doch jetzt nehmen wir an, daß **die Kraft und die Geschwindigkeit des Antriebs durch ein und dieselbe Menge an Treibstoff proportional der Masse des Zuges sei**. So bewegt sich der erste Zug, der aus 5 Raketen bestehen soll, mit einer 5 mal größeren Kraft als eine einzelne Rakete, und deshalb haben **beide Züge die gleiche Beschleunigung. Und so auch alle Teilzüge des gleichen Wagenzuges**. Daraus folgt, daß sich ungeachtet der unterschiedlichen Anzahl der Raketen in den verschiedenen Zügen ein Objekt mit unveränderter Sekundenbeschleunigung bewegt. Aber die Brenndauer ist natürlich umgekehrt proportional zu den Massen der Teilzüge (oder, je stärker die Antriebe, um so schneller sind sie beendet).

61. Bei allen Tabellen (siehe 62 und 63) nehmen wir an, daß die endgültige Gesamtgeschwindigkeit der letzten Rakete gleich der Ersten Kosmischen Geschwindigkeit von

8 km/s ist. Die Tabellen geben, nebenbei gesagt, eine Antwort auf die Frage, welcher Geschwindigkeitszuwachs dabei für die einzelne Rakete erforderlich ist. Aus Spalte 5 der Tabelle sehen wir, wie groß diese maximalen Geschwindigkeitserhöhungen für die unterschiedlichen Züge sind.

Anzahl der Raketen im Zug				
1	2	3	4	5
Erforderliche Geschwindigkeitserhöhung einer einzelnen Rakete in km/s				
8	5,3	4,4	3,8	3,5

Wir sehen, daß die Geschwindigkeitserhöhung umso kleiner ist, je größer die Zahl der Stufen im Zug ist. So beträgt sie für einen 5-stufigen Zug nur 3,5 km/s, was bei einem Verhältnis des Treibstoffvorrates von 1 oder 1,5 erreicht wird.

Aus Spalte 10 und 16 erkennen wir, daß die Wegstrecke auf der Startbahn viel kleiner ist. Ebenso ist der ganze Prozeß des Abfluges insgesamt um 800 Sekunden oder 13,3 Minuten kürzer, weil die Beschleunigung pro Sekunde ( $10 \text{ m/s}^2$ ) nicht kleiner wird, solange der Antrieb anhält.

62. Die Länge der Rakete sei 30 Meter.

1 Rakete	2 Raketen	3 Raketen
----------	-----------	-----------

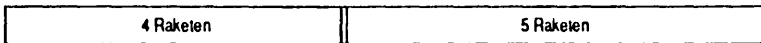
Zugnummern

1	1	2	1	2	3	
---	---	---	---	---	---	--

Anzahl der Raketen in jeder und relative Antriebskraft												
	1		2		1		3		2		1	
Relative Antriebszeit für jeden Zug												
	1		1		2		1		1,5		3	
Relative Zeit der beschleunigten Bewegung für jeden Zug												
	1		1		3		1		2,5		5,5	
Endgeschwindigkeit jedes Zuges, in m/s												
	8000		2667		8000		1454		3636		8000	
Geschwindigkeitszuwachs jedes Zuges, in m/s												
	8000		2667		5333		1454		2182		4364	
Zeit der Bewegung jedes Zuges mit den vorhergehenden, in s												
	800		266,7		800		145,4		363,6		800,0	
Zeit der Bewegung jedes einzelnen Zuges, in s												
	800		266,7		533,3		145,4		218,2		436,4	
Mittlere Geschwindigkeit jedes Zuges, in m/s												
	4000		1333,3		4000		727,2		1818,2		4000	
Länge des zurückgelegten Weges jedes Zuges mit den vorhergehenden, in km												
	3200		355,5		3200		105,7		661,1		3200	
Flugstrecke jedes Zuges einzeln, in km												
	3200		355,5		2844,5		105,7		555,4		2538,9	
Höhe des Aufstiegs ( $\sin \alpha = 0,30$ )												
	960		106,7		960		31,7		198,3		960	
dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,25$ )												
	800		88,9		800		26,4		166,3		800	
dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,20$ )												
	640		77,1		640		21,1		132,2		640,0	

dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,15$ )												
	480		53,3		480		15,8		99,2		480,0	
dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,10$ )												
	320		35,5		320		10,6		66,1		320,0	
Länge des gesamten Zuges, in m												
	30		60		30		90		60		30	

63. Die Länge jeder Rakete sei 30 m.



Zugnummern																		
	1		2		3		4		1		2		3		4		5	
Anzahl der Raketen in jedem Zug und relative Antriebskraft																		
	4		3		2		1		5		4		3		2		1	
Relative Antriebszeit jedes Zuges																		
	1		1,33		2		4		1		1,25		1,67		2,5		5	
Relative Zeit der beschleunigten Bewegung jedes Zuges																		
	1		2,33		4,33		8,33		1		2,25		3,92		6,42		11,42	
Endgeschwindigkeit jedes Zuges, in m/s																		
	960,4		2237,7		4158,5		8000		700,6		1576,3		2746		4497,8		8000	
Geschwindigkeitszuwachs jedes Zuges, in m/s																		
	960,4		1277,3		1920,8		3841,5		701		876		1170		1752		3502	
Zeit der Bewegung jedes Zuges mit den vorhergehenden, in s																		
	96,0		223,8		415,8		800,0		70		158		275		450		800	

Zeit der beschleunigten Bewegung eines  
einzelnen Zuges, in s

96,0	127,8	192,0	384,2		70	88	117	175	350
------	-------	-------	-------	--	----	----	-----	-----	-----

Mittlere Geschwindigkeit jedes Zuges, in m/s

480,2	1118,8	2079,2	4000,0		350	788	1373	2249	4000
-------	--------	--------	--------	--	-----	-----	------	------	------

Länge des zurückgelegten Weges jedes Zuges mit den  
vorhergehenden, in km

46,08	250,43	864,45	3200		24,50	124,50	377,57	1012,05	3200
-------	--------	--------	------	--	-------	--------	--------	---------	------

Flugstrecke jedes Zuges einzeln, in km

46,1	204,3	614,0	2335,6		24,5	100,0	253,1	634,4	2188,0
------	-------	-------	--------	--	------	-------	-------	-------	--------

Höhe des Aufstiegs ( $\sin \alpha = 0,30$ )

13,8	75,1	259,3	960,0		7,35	37,35	112,28	303,61	960
------	------	-------	-------	--	------	-------	--------	--------	-----

dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,25$ )

11,5	62,6	216,1	800,0		6,1	31,1	94,4	253,0	800
------	------	-------	-------	--	-----	------	------	-------	-----

dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,20$ )

9,6	50,1	177,9	640,0		4,9	24,9	75,5	204,4	640
-----	------	-------	-------	--	-----	------	------	-------	-----

dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,15$ )

6,9	37,5	129,7	480,0		3,67	18,6	56,7	151,8	480
-----	------	-------	-------	--	------	------	------	-------	-----

dasselbe, ( $\sin \alpha = 0,10$ )

4,6	25,0	86,4	320,0		2,45	12,4	37,8	101,2	320
-----	------	------	-------	--	------	------	------	-------	-----

Länge des gesamten Zuges, in m

120	90	60	30		150	120	90	60	30
-----	----	----	----	--	-----	-----	----	----	----

64. Die Neigung der Startbahn zum Horizont muß klein sein, z.B. etwa 6 Grad, wobei der Sinus des Winkels gleich 0,1 sein wird. Die Bahn erscheint gerade, nicht gekrümmt, wie es im Falle einer ungleichmäßigen Beschleunigung von Teilzügen der Fall wäre.

65. Bei Zügen aus 2, 3 und 4 Raketenstufen kann man nicht nur die Beschleunigung als konstant annehmen, sondern auch die Zeit des ständigen Antriebs. Doch dafür

muß der **Vorrat an Treibstoff** in jeder führenden Rakete **proportional der Antriebskraft** oder der **Masse** jedes Teilzuges sein. D.h. die ersten Raketen (oder Züge) brennen nicht nur schneller, sondern auch länger als in den Tabellen 62 und 63, wegen ihres großen Treibstoffvorrates. Hier bewegen sich alle Teilzüge ebenso wie ein einziger Körper, mit konstanter Beschleunigung. Auf dieser Grundlage bauen wir die folgende Tabelle auf. (s. Tab. 66)

66. Die Länge der Rakete ist 30 Meter.

2 Raketen	3 Raketen	4 Raketen
-----------	-----------	-----------

Zugnummern										
(1)	1	2	1	2	3	1	2	3	4	
Anzahl der Raketen in den Einzelzügen, relative Antriebskraft und Treibstoffvorrat										
(2)	2	1	3	2	1	4	3	2	1	
Relative Zeit der beschleunigten Bewegung jedes Zuges										
(3)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Relative vollständige Zeit des Antriebs jedes Zuges										
(4)	1	2	1	2	3	1	2	3	4	
Endgeschwindigkeit jedes Zuges, in km/s										
(5)	4	8	2,7	5,3	8	2	4	6	8	
Geschwindigkeitszuwachs jedes Zuges										
(6)	4	4	2,7	2,7	2,7	2	2	2	2	
Vollständige Zeit der Bewegung jedes Zuges, wenn die Beschleunigung gleich $10 \text{ m/s}^2$ ist										
(7)	400	800	267	533	800	200	400	600	800	

Bewegungszeit jedes einzelnen Zuges, in s																			
(8)		400		400		267		267		267		200		200		200		200	
Mittlere Geschwindigkeit jedes Zuges, in km/s																			
(9)		2		4		1,33		2,67		4,00		1		2		3		4	
Gesamte Wegstrecke jedes Zuges mit den vorhergehenden, in km																			
(10)		800		3200		355,5		1422		3200		200		800		1800		3200	
Flugstrecke jedes Zuges einzeln																			
(11)		800		2400		355,5		1066,5		1778		200		600		1000		2200	
Vollständige Aufstieghöhe in km $\sin \alpha = 0,1$ ; Winkel = $6^\circ$																			
(12)		80		320		35		142		320		20		80		180		320	
Länge des Zuges, in m																			
(13)		60		30		90		60		30		120		90		60		30	

---

67. Die Neigung der Startbahn zum Horizont und überhaupt kann hierbei konstant sein. Z.B. ist der Tangens eines Neigungswinkels von  $6^\circ$  gleich 0,1.

Sogar der erste Teilzug kann hierbei nur einen Teil des Weges auf der Startbahn zurücklegen. Der andere, größere Teil wird in der Atmosphäre zurückgelegt.

Aus Spalte 6 ist ersichtlich, daß die Geschwindigkeits-erhöhungen für die Teilzüge eines Verbundes gleich sind - und desto kleiner, je größer die Anzahl der Raketen in einem Verbund ist. Für einen 4-stufigen Zug beträgt der Geschwindigkeitszuwachs nur 2 km/s, das entspricht einem relativen Treibstoffvorrat von 0,5 bis 0,7 (im Verhältnis zur Masse der Rakete ohne Treibstoff).

Die vorderen Teile des Zuges können auch eine große Masse an Treibstoff haben, da die Zahl der Leute darin kleiner sein kann und deren Ausrüstung einfacher, da sie



bald zur Erde zurückkehren.

68. Trotzdem ist der Zug praktischer und realisierbarer, der aus gleichartig gebauten Raketen besteht, mit unverändertem Treibstoffvorrat und konstanter Antriebskraft (siehe 4). Diese Züge können aus einer riesigen Anzahl von Gliedern bestehen (einzeln Raketen), was die Endgeschwindigkeit vergrößert oder es erlaubt, sich mit einem kleineren Vorrat an Treibstoff in jeder einzelnen Rakete zufrieden zu geben (oder deren geringeren Verbrauch). Kurz gesagt, können auch bei **Unvollkommenheit der Rückstoßgeräte kosmische Geschwindigkeiten erreicht werden.**

Hier nun die Tabelle 69 für einen zehnstufigen Zug. Die Antriebszeit (Zelle 3) ist in jedem Teilzug gleich, was aus dem gleichen Aufbau der Zugglieder folgt.

69. Die Länge einer Rakete sei 30 Meter. Die Raketen seien gleich gebaut und haben den gleichen Treibstoffvorrat.

---

	Nummer der Teilzüge										
(1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
	Zahl der Raketen in jedem Teilzug										
(2)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
(3)	Die Antriebszeit ist in allen Fällen die gleiche										
	Die Beschleunigung jedes Zuges, in $m/s^2$										
(4)	1	1,111	1,250	1,429	1,667	2	2,5	3,333	5	10	
(5)	Wenn wir die Erste Kosmische Geschwindigkeit von 8 km/s erreichen wollen, so beträgt die Antriebszeit $8000 m/s : 29,29 m/s^2 = 273,1 s$										

Der Geschwindigkeitszuwachs jedes Zuges, in m/s

(6) | 273 | 301 | 343 | 391 | 456 | 546 | 682 | 1009 | 1365 | 2734 |

Die Endgeschwindigkeit jedes Zuges, in m/s

(7) | 273 | 574 | 917 | 1308 | 1764 | 2310 | 2992 | 3901 | 5266 | 8000 |

Die mittlere Geschwindigkeit jedes Zuges, in m/s

(8) | 136 | 287 | 458 | 654 | 882 | 1155 | 1496 | 1950 | 2633 | 4000 |

Die Länge des Weges jedes Zuges

(s. Zelle 3 und 5), in km

(9) | 37,1 | 78,3 | 125,0 | 178,5 | 240,8 | 315,3 | 408,4 | 532,3 | 718,8 | 1092,4 |

Die gesamte zurückgelegte Weglänge jedes Zuges

mit den vorhergehenden, in km

(10) | 37,1 | 115,4 | 240,4 | 418,9 | 659,7 | 975,0 | 1383,0 | 1915,7 | 2634,5 | 3726,9 |

Die Neigung jedes Tezzuges. Den Tangens des Winkels

(6°) des letzten nehmen wir mit 0,1 an. Die Neigung der anderen ist proportional der Beschleunigung.

(11) | 0,01 | 0,0111 | 0,0125 | 0,0143 | 0,0167 | 0,02 | 0,025 | 0,0333 | 0,05 | 0,1 |

Die gesamte Steighöhe jedes Zuges, in km

(12) | 0,371 | 0,870 | 1,562 | 2,553 | 4,021 | 6,306 | 10,21 | 17,72 | 35,94 | 109,24 |

Die gesamte Höhe, in km

(13) | 0,371 | 1,241 | 2,803 | 5,356 | 9,377 | 15,683 | 25,89 | 43,61 | 79,55 | 188,79 |

Die Höhe im Verhältnis zur gesamten Weglänge

(im Verhältnis 12 zu 10)

(14) | 0,01 | 0,01090 | 0,01179 | 0,01278 | 0,0140 | 0,0161 | 0,0187 | 0,0227 | 0,0302 | 0,0508 |

Die gesamte Antriebszeit jedes Zuges, in s

(15) | 273 | 546 | 819 | 1092 | 1365 | 1638 | 1911 | 2184 | 2457 | 2730 |

---

70. Wenn wir die Brenndauer mit  $x$  bezeichnen und die Forderung stellen, daß die letzte Rakete (Zug) die Erste Kosmische Geschwindigkeit erreichen soll, dann haben wir (auf der Grundlage der Zelle 4):

$$1x + 1,11x + \dots + 2x + \dots + 5x + 10x = 29,29x = 8000,$$

woraus folgt:  $x = 273,1$  s.

71. Der größte Geschwindigkeitszuwachs, der von der letzten einzelnen Rakete verlangt wird, beträgt nur 2,7 km/s, (bei einer Neigung von  $6^\circ$ ), was einem relativen Brennstoffvorrat von 0,8 bis 1 entspricht. Falls der Vorrat größer sein wird, so wächst auch die Endgeschwindigkeit. Jedoch ist das vorerst nicht notwendig.

72. Die ersten 4 Züge können sich auf der Startbahn bewegen, wobei der Aufstieg 6 km ist und die Länge der gesamten Bahn 419 km beträgt (s. Zellen 13 und 10). Das ist zulässig für die Erde. Der fünfte Zug beendet seinen Weg in der Atmosphäre, und die restlichen fünf beginnen ihren Weg sogar dort. Wegen der Kugelform der Erde ist der Aufstieg der letzten Züge viel größer, als es aus Zeile 12 ersichtlich ist.

Die Länge des gesamten Weges erreicht während des Antriebs 3000 Werst\*.

73. Die feste Bahn ist eine Kurve, und zwar eine konkave (siehe Zeile 14). Genaue Berechnungen bezüglich dieser Kurve ergeben sehr komplizierte Formeln (mit zweiten Ableitungen), und wir können sie hier nicht herleiten, um das wichtigste nicht zu verhüllen. Aber wir nehmen an, daß die Krümmung des Weges für jeden Zug gleich ist. Ein bekanntes elementares Theorem gibt uns:

$$r = \frac{L^2}{2h}$$

wobei in der Reihenfolge bedeuten:  $r$  - der Radius der Kurve,  $L$  - der zurückgelegte Weg,  $h$  - der senkrechte Aufstieg.

Die Zellen 10 und 13 ermöglichen die Bestimmung des Radius der Kurve für jeden Wegabschnitt. So erhalten wir

---

\* ca. 3200 km (der Übers.)

für den 1., den 5. und den letzten, d.h. 10. in km:  $r = 1.850, 23.220$  und  $36.770$ . Daraus ist ersichtlich, daß die Radien der Kurve größer werden. Aus diesem Grund wird die Zentrifugalkraft kleiner. Aber gleichzeitig wächst sie wiederum, wegen der Vergrößerung der Geschwindigkeit der Züge. (Die realen Radien sind größer, deshalb ist die reale Zentrifugalkraft kleiner.)

74. Für drei dieser Fälle rechnen wir sie in  $m/s^2$  aus. Wie bekannt ist, beträgt sie

$$c_r = \frac{v^2}{r},$$

wobei  $c_r$  - die Zentrifugalkraft ist,  $v$  - die Geschwindigkeit,  $r$  - der Radius des gekrümmten Weges.\*

Diese Formel, die Zeile 7 und Abschnitt 73 ergeben:

$$c_r = 0,04, 1,34 \text{ und } 1,74.$$

Im Verhältnis zur Erdanziehungskraft ( $10 m/s^2$ ) ist das 0,004 bis 0,17. Jedoch vergessen wir nicht, daß sich nur der 4. Zug auf fester Bahn bewegen kann und die Zentrifugalkraft ausbildet. Die übrigen bewegen sich in der Atmosphäre, und dann kann es sein, daß es überhaupt keine Zentrifugalkraft mehr gibt. Es wird überhaupt von uns abhängen, d.h. von der Steuerung (von der Neigung des Steuers). Für den 4. Zug ist  $r = 16.360$  und  $c = 1,05$ , d.h. die Kraft, die den Zug in die Bahn drückt, ist nicht größer als 1/10 der Schwerkraft des Zuges (in Wirklichkeit noch kleiner).

75. Wenden wir uns allgemein der relativen Schwerkraft zu, die sich im Zug während seiner Bewegung bildet. Die Zentrifugalkraft drückt den Zug am Anfang unmerklich in die Bahn, danach stärker. Jedoch ist das Maximum nicht

---

\* Die Masse ist hier gleich 1 gesetzt. (der Übers.)

größer als  $1/10$  der Erdanziehungskraft. Diese Kraft vernachlässigen wir. Die zweite Kraft, die Normale hierzu, hängt von der beschleunigten Bewegung des Zuges ab. Deren größter Wert ist gleich der Erdbeschleunigung ( $10 \text{ m/s}^2$ ). Diese Größe darf man schon nicht mehr vernachlässigen. Zusammengelegt mit der Erdanziehung ergeben beide Kräfte eine Beschleunigung, die ca.  $14 \text{ m/s}^2$  beträgt. Das ist um 1,4 mal mehr als die Erdbeschleunigung. Ein Mensch mit dem Gewicht von 75 kg wird im Zug nicht mehr als 105 kg wiegen. Eine solche Gewichtszunahme ist während einiger Minuten sogar im Stehen leicht zu ertragen. Ganz zu schweigen von jungen Menschen und beim Einnehmen bequemerer Lagen. Die Schwere wird etwas zunehmen, sie schwankt von 1 bis 1,4 im Vergleich zur gewöhnlichen. Die Neigung dieser relativen Schwere zur Senkrechten wächst ebenfalls schrittweise von  $0^\circ$  bis  $45^\circ$ . Die horizontale Erdoberfläche neigt sich scheinbar mit der Vergrößerung der Beschleunigung mehr und mehr. Und am Ende der beschleunigten Bewegung scheint es einem Passagier, daß der Zug auf einem Berg mit dem Anstiegswinkel von  $45^\circ$  emporjagt. Am Anfang der Bewegung ist dieser Berg fast horizontal, danach wird alles steiler, und zum Ende der festen Bahn ist dieser fast senkrecht. Die Zuschauer fürchten sich und wundern sich sehr. Die Erschütterungen und der Luftwiderstand schwächen die beschleunigte Bewegung etwas ab. Danach wird auch die Vergrößerung der Schwere selbst geringer.

76. Wenn sich der Zug von der Startbahn löst und in die Luft davonjagt, wird diese Erscheinung komplizierter. In der Atmosphäre wird das genau so sein, wenn die Resultierende der Antriebskräfte entlang der gering geneigten Längsachse der Rakete verläuft. Dann wird diese einen Luftwiderstand erfahren, der gleich ihrem Gewicht ist. Die Luft wird auf sie wirken, wie die feste Bahn.

Jedoch fällt die Rakete, welche geneigt fliegt, mit der Nase nach oben, nicht auf die Erde, da sie schneller aufsteigt als sie fällt.

77. Das Fallen, bedingt durch die Erdanziehung, wird am Anfang langsam und beschleunigt sein. Danach erreicht es eine Geschwindigkeit, bei welcher der Luftdruck vergleichbar ist mit dem Gewicht der Rakete. Hier ist die senkrechte Fallgeschwindigkeit konstant und nicht sehr groß im Vergleich zu der ständig wachsenden Geschwindigkeit der aufsteigenden Rakete.

78. Eine Rakete, parallel verdreifacht oder vervierfacht, ergibt auf 3 Quadratmetern ihrer horizontalen Projektion eine Schwere von ca. 0,9 Tonnen am Anfang der Explosion. (Für eine Rakete von 1m Durchmesser ist sie etwa 9 mal kleiner). Für 1 m<sup>2</sup> ergeben sich 0,3 t (siehe 8). Ebenso groß wird auch der Luftdruck pro Quadratmeter der horizontalen Projektion des Geschosses sein. Dieser Umstand kann uns für die Aufstellung der Gleichung dienen. Dies gibt uns die notwendigen Schlußfolgerungen.

79. Nehmen wir an, daß die Richtung der Resultierenden des Antriebs horizontal ist. Dann wirkt der entgegengesetzte Luftstrom unter einem Winkel auf die Rakete (bei flacher Grundfläche), dessen Tangens ist

$$\frac{c_h}{c}$$

wobei  $c_h$  die konstante Fallgeschwindigkeit der Rakete, verursacht durch die Schwere und  $c$  die veränderliche Geschwindigkeit der vorwärts gerichteten Rakete ist.

80. Der Druck des Luftstromes auf die zu ihm weisende Normale der Oberfläche eines Quadratmeters wird mindestens

$$\frac{1}{2} \frac{d}{g} c^2$$

betragen, wobei wir die Dichte der Luft ( $d$ ), die

Erdbeschleunigung ( $g$ ) und die Geschwindigkeit des Stromes ( $c$ ) vorgeben.

Der Strom, der auf eine geneigte Scheibe wirkt, hat größere Wirkung (mit dem doppelten Tangens des Winkels; siehe 80). Folglich erhalten wir den Druck pro Quadratmeter der Grundfläche der Rakete (siehe 79 und 80) folgendermaßen:

$$\left(\frac{d}{g}\right) c c_h$$

81. Die Größe dieses Druckes müssen wir mit dem Gewicht der Rakete ( $G_1$ ) gleichsetzen, das auf  $1 \text{ m}^2$  ihrer Grundfläche wirkt (0,3 t oder 300 kg). Daraus folgt:

$$G_1 = \left(\frac{d}{g}\right) c c_h$$

Weiter ergibt sich:

$$\frac{c_h}{c} = \frac{g G_1}{d c^2}$$

So ist erkennbar, daß die relative Fallgeschwindigkeit oder der Winkel dieses Falls ( $\tan$ ) schnell kleiner wird, bei Vergrößerung der vorwärtsgerichteten Geschwindigkeit der Rakete. Aber er vergrößert sich mit der Verringerung der Luftdichte, d.h. mit dem Aufstieg der Rakete in die Höhe.

82. Rechnen wir den Tangens dieses Winkels für verschiedene Geschwindigkeiten der Rakete und für unterschiedliche Luftdichten aus.

Wenn z.B.  $d = 0,0012 \text{ g/cm}^3$ ,  $G_1 = 0,3 \text{ t}$ ,  $g = 10 \text{ m/s}^2$  und  $c = 1000 \text{ m/s}$  beträgt, so beträgt die Neigung 0,0025. Sogar in einer Höhe von 8 bis 10 km, in der Luft 4mal dünner ist, beträgt die Neigung 0,01. Bei der halben Geschwindigkeit (500 m/s) der Rakete beträgt die Neigung 0,04. Und diese Neigung ist 2,5mal kleiner als die von uns angenommene Neigung (0,1) der verlängerten Raketen-

achse zum Horizont (wenn sie die feste Bahn verläßt). D.h. auch unter diesen Bedingungen wird die Rakete nicht nur nicht fallen, sondern sie wird schnell aufsteigen und sich zusätzlich von der Erdoberfläche wegen deren Kugelform entfernen.

83. Doch die Durchlässigkeit der Luft wächst im Laufe der Zeit viel schneller als das Quadrat der vorwärtsgerichteten Geschwindigkeit der Rakete. Deshalb tritt ein Moment ein, in welchem sich die Schwere der Rakete nicht mehr mit dem Atmosphärenwiderstand ausgleicht, der relative vertikale Anteil der Schwere verkleinert sich, und in der Leere, außerhalb der Atmosphäre, verschwindet er ganz. Dann bleibt nur die Schwere der beschleunigten vorwärtsgerichteten Bewegung der Rakete übrig, welche  $10 \text{ m/s}^2$  beträgt. Diese erzeugt eine scheinbare Schwere, die von der Größe her der Erdanziehungskraft gleicht, jedoch von der Richtung her zu dieser fast senkrecht steht. Dann scheint die Erde eine senkrechte Wand zu sein, zu der wir uns parallel bewegen.

Aber auch das wird nur einige Minuten dauern: Der Antrieb hört auf, und sämtliche Spuren der Schwere scheinen verschwunden zu sein.

84. Wenn wir in der letzten Gleichung einen Tangens des Neigungswinkels von 0,1 und  $c = 1000 \text{ m/s}$  annehmen, so errechnen wir  $d = 0,00003$ , d.h. man kann dahineilen bis in eine Höhe, wo die Dichte der Luft sehr klein ist (bei 0,00003 wird sie 40mal geringer sein als in der Höhe des Meeresspiegels) und bei einer Geschwindigkeit von 1000 m/s trotzdem nicht herunterfallen. Eine solche Geschwindigkeit entfaltet noch keine Zentrifugalkraft, die gleich der Erdanziehung ist und ergibt deshalb auch keine kreisförmige Bahn - ohne Annäherung und Entfernung von der Erde. Erst beim Erreichen einer Geschwindigkeit von ca. 8 km/s wird der Weg kreisförmig und ewig (nur außerhalb der Atmosphäre) verlaufen.



### Verschiedene Raketenzug-Systeme

85. Charakterisieren wir unsere Züge der verschiedenen Systeme. Es gibt 4 Fälle.

- A) Die Raketen sind fast gleichartig gebaut. Der Vorrat an Treibstoff ist bei allen gleich, doch der **Antrieb ist umso stärker**, je größer die Masse des Zuges ist. Dank dessen ist die **Beschleunigung** für alle Teilzüge **gleich**, doch die **Antriebszeit** ist **umgekehrt proportional zur Masse** des Zuges (62 und 63).
- B) Der Vorrat an Treibstoff und die **Stärke** der Antriebskraft sind umso größer, je größer die Masse des Teilzuges ist. Daraus folgt, daß die **Beschleunigung** und die **Antriebszeit** für alle Züge gleich sind (siehe 66).
- C) Der **Vorrat** an Treibstoff ist **proportional der Masse** des Teilzuges, aber die **Antriebskraft ist konstant**. In diesem Falle ist die **Explosionszeit\*** in jedem Zug **um so größer, je größer dessen Masse ist**. Die **Beschleunigung** verhält sich aber **umgekehrt zur Masse** des Teilzuges. Dieser Fall wird von uns nicht betrachtet.
- D) **Alle Raketen** sind bezüglich des Treibstoffvorrates und der Antriebsmaschinen völlig identisch. Je größer die Masse des Teilzuges ist, umso kleiner ist die Beschleunigung. Die **Antriebszeit** ist für alle Züge **gleich** (siehe 49).

86. Das System A ist deshalb unbequem, weil es von den ersten Raketen einen stärkeren oder schnelleren Antrieb fordert. Daraus folgt ein komplizierter Antriebsmechanismus. Daraus folgt, daß auch die Spannungen der ersten Züge gewaltig sein werden. Dem ganzen System droht ein Auseinanderbrechen, und deshalb darf man

---

\* Brenndauer (der Übers.)

keine Züge verwenden, die aus vielen Raketen bestehen. Der Geschwindigkeitszuwachs jedes Zuges ist der gleiche wie im System D. Der Vorteil ist eine Verkürzung der festen Bahn und der Antriebszeit, doch das ist überhaupt nicht wichtig (62 und 63).

87. Das System B wie auch das vorausgegangene (A) verlangen eine Vergrößerung der Masse und des Volumens der Raketen in dem Maße, wie die Anzahl der Stufen in ihrem vorhergehenden Zug sich vergrößert. Denn der Brennstoff benötigt Platz und auch kompliziertere und stärkere Maschinen. Deshalb dürfen im Zug auch nicht zu viele Raketen verwendet werden. Er würde durch die starke beschleunigte Bewegung zerreißen. Der Vorteil liegt in der schnellen Vergrößerung der Geschwindigkeit, weil der Geschwindigkeitszuwachs für alle Züge der gleiche ist. D.h. die Endgeschwindigkeit ist proportional der Anzahl der Raketen im Zug. Wenn z.B. der Geschwindigkeitszuwachs einer einzelnen Rakete 8 km/s beträgt, so erreicht ein Zug des Systems B, der aus 2 Raketen zusammengesetzt ist, eine Geschwindigkeit von 16 km/s, was fast für eine Reise zu anderen unzähligen Sonnen ausreicht. Wenn wir von einer einzelnen Rakete eine Geschwindigkeit von 2 km/s erhalten können, so erreichen wir in einem Zug aus 4 Raketen mit der letzten schon die 1. Kosmische Geschwindigkeit von 8 km/s (siehe 66).

88. Das System C ist praktischer, weil für lange Züge die Beschleunigung schwächer sein wird als im System D, und deshalb kann man für einen Zug eine Vielzahl von Raketen nehmen. Die Antriebsmechanismen und die Raketen selbst sind fast gleich. Weil aber die **Menge an Brennstoffen proportional der Masse** des Teilzuges ist, müssen die vorderen Raketen größer sein, um eine große Menge an Brennstoffen aufnehmen zu können. Darin liegt ihr Nachteil. Doch wir haben gesehen, daß der Raum in unseren Raketen ausreichend ist, und deshalb ist ein Zug

aus 2-3 Raketen realisierbar, auch ohne Veränderung des Volumens der Geräte. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß sich die **Geschwindigkeitserhöhungen** mit der Vergrößerung der Anzahl der Raketen **nicht verringern**, wie im System B. Folglich, obwohl die Beschleunigung in einem langen massiven Zug auch kleiner ist, ist die Antriebszeit wegen des größeren Treibstoffvorrats um einigemale größer. Deshalb sind die **endgültigen Geschwindigkeitserhöhungen aller Teilzüge gleich**, was einen großen Vorteil darstellt. Die Verlängerung der Zeiten und der festen Bahn (verglichen mit den Systemen A und D) sind unwesentlich.

89. Obwohl wir diesen Fall nicht untersucht haben, kann bezüglich der Größe der Geschwindigkeitserhöhungen die Tabelle 66 dienen. Dem System C gebührt die verstärkte Aufmerksamkeit. Falls wir z.B. von einer einzelnen Rakete eine Geschwindigkeit von nur 1 km/s erreichen würden (eine Kanonenkugel-Geschwindigkeit kann größer sein), - was nach der Tabelle meiner Forschungen aus dem Jahre 1926 einen relativen Vorrat von 0,2 bis 0,3 verlangt, so sind 17 Züge erforderlich, um die größte kosmische Geschwindigkeit zu erreichen, die ausreichend sein würde, alle unsere Planeten anzufliegen (ohne zu landen) und um in der Milchstraße umherzufliegen. Der Vorrat an Treibstoff in den Raketen, beginnend mit der vorderen, wird dann nicht größer sein als:

5,1 4,8 4,5 4,2 ... 1,2 0,9 0,6 0,3

Solche Vorräte sind durchaus annehmbar. Die letzte Rakete, die kosmische Rakete, wird fast leer sein, d.h. frei von Treibstoff.

**Was für Perspektiven eröffnet uns die Anwendung dieser Art von Zügen, mit denen wir die Erreichung kosmischer Geschwindigkeiten erzielen können!**

90. Über das System D (siehe 49) haben wir vorher schon ausführlich gesprochen. Sein Vorteil besteht in der völligen Gleichheit der Elemente des Zuges (ausgenommen die letzte Kosmische Rakete).

Allgemein kann man sagen, daß alle übrigbleibenden Raketen, egal welchen Systems, nachdem sie ihre Arbeit verrichtet haben, d.h. nachdem sie die letzte Rakete auf die kosmische Reise gebracht haben, einen mehr oder weniger langen Weg in der Atmosphäre zurücklegen, niedergleiten, auf dem trockenen Land oder im Wasser landen und später noch einmal für den gleichen Zweck eingesetzt werden können. **Ein und derselbe Zug kann auf ein und demselben Weg Millionen von Geräten mit auf die Himmelsreise nehmen.** Es ist nur ein ununterbrochener Verbrauch an Treibstoff aus billigen Erdölprodukten und endogenen Sauerstoffverbindungen erforderlich.

Der Nachteil des Systems D besteht in dem kleinen Geschwindigkeitszuwachs. Doch wenn wir die Reihe 89 durch gleiche Elemente, z.B. 5,1, ersetzen, so wandelt sich das System C in D um und dann wächst die Endgeschwindigkeit noch einmal um ein Vielfaches.

91. Die Frage, die das Material für die Verbrennung\* betrifft, den Aufbau der Antriebsdüsen, der Hüllen und der anderen Raketenteile kann jetzt noch nicht beantwortet werden. Deshalb nehme ich vorläufig Erdölprodukte als Verbrennungsstoffe und flüssigen Sauerstoff oder dessen endogene Verbindungen an. Für den Bau der Rakete sehe ich verschiedene bekannte Stähle, wie: Chromstahl, Berylliumstahl und andere vor.

Natürlich ist es vorteilhafter, einatomigen Wasserstoff und Ozon als Treibstoffe zu verwenden. Doch sind solche Stoffe genügend stabil und können diese in einer

---

\* Treibstoff (der Übers.)

vorteilhaften flüssigen Form vorliegen? Das müssen die Chemiker klären, die sich speziell mit ähnlichen Stoffen beschäftigen.

Wenn mit Sauerstoff, Erdöl und Stahl gute Ergebnisse möglich sind, dann werden die Ergebnisse mit anderen geeigneteren Materialien umso besser sein.

Das Problem der Startbahn ist in meiner Arbeit „Der Luftwiderstand“ aus dem Jahre 1927 bearbeitet worden.

### **Ergänzung zur Temperatur der kosmischen Rakete**

Sogar unter den Wissenschaftlern existieren widersprüchliche und unklare Vorstellungen über die Temperatur von Gegenständen im Äther, z.B. über die Temperatur der Rakete.

Man spricht von der Temperatur des Weltraumes. Darüber zu sprechen ist eigentlich unmöglich, denn es hat keinen Sinn, weil wir keine klare Vorstellung vom Weltraum haben. Man kann nur über die Temperatur von Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern sprechen, welche im Weltraum verteilt sind.

Wenn man annimmt, daß rings um irgendeinen Körper im Weltraum keine anderen Körper sind, z.B. Sonnen, Planeten, Kometen und kleine Körper, so wird ein solcher Körper nur Wärme abgeben und nicht von einem anderen Körper erhalten können. Es ist sehr wahrscheinlich, daß die Temperatur eines solchen Körpers bis zum absoluten Nullpunkt, d.h.  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  absinkt: Die Bewegung der Moleküle hört auf, doch das heißt nicht, daß die Bewegung ihrer Teile und mehr noch ihrer Protonen und Elektronen aufhört. Die Bewegung der Moleküle und Atome wird wohl kaum völlig aufhören.

Doch wir werden nicht bis in die Tiefe dieser Frage vorstoßen. Wir benötigen eine Vorstellung über die

einfache Temperatur von Körpern im Weltraum. Es ist sehr wahrscheinlich, daß diese nahe bei  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  liegt. Diese Temperatur liegt in einem Abstand von den Sonnen vor, wo uns diese wie Sterne erscheinen, weil man eine Erwärmung durch sie vernachlässigen kann. Das zu bezweifeln ist schwer, (obwohl es hierzu auch unterschiedliche Ansichten bei Gelehrten gibt). In Wirklichkeit erhärtet sich faktisch die Auffassung, daß die Temperatur der von der Sonne weit entfernten Planeten sehr niedrig ist, währenddessen sie durch die Sonnenstrahlen erwärmt werden. Wenn sie sich noch weiter von der Strahlung entfernen würden, bis sich ihnen alle Sonnen als Sterne zeigten, dann würden ihre Temperaturen zweifellos bis zum absoluten Nullpunkt fallen ( $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Die Planeten besitzen aber noch eine eigene Wärme. Sie widersetzen sich noch ihrer Abkühlung und haben auch noch einen großen Wärmevorrat und eine Wärmequelle.

Doch sind die Körper klein, wozu nicht nur die irdischen Körper des Alltagsgebrauchs zählen, sondern auch Asteroiden (falls sie entfernt sind von warmen oder glühenden Körpern), so erreichen diese schnell den absoluten Nullpunkt.

So befindet sich eine kosmische Rakete, weit entfernt von der Sonne, zwischen kaum blinkenden Sternen, in einer kritischen Lage. Ihre Temperatur muß bald auf  $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$  absinken.

Aber erstens kann sie selbst eine eigene Wärmequelle besitzen, zweitens kann sie eine Vielzahl von schützenden Hüllen gegen Wärmeverlust haben, so daß diese Verluste leicht künstlich ausgeglichen werden können, sogar im Verlaufe Tausender Jahre.

Doch betrachten wir diese Frage zunächst noch nicht. Wenden wir uns stattdessen einem Gerät zu, welches sich in demselben Abstand zur Sonne befindet wie die Erde. Es wird durch nichts gestört werden, wenn es sich außerhalb

der Erde befindet, auf einer Umlaufbahn mit Hunderten Millionen Werst Abstand von ihr. Dann erscheint es als kleines Sternchen, ähnlich der Venus.

Unsere Rakete wird Wärme nur durch Strahlung verlieren. Luft oder ein anderes materielles Milieu gibt es rings um sie nicht. Doch sie wird auch Wärme von der Sonne erhalten, und deshalb wird ihre Temperatur nur so lange absinken, wie der Wärmeverlust (durch die Strahlung) nicht mit der empfangenen Wärme (durch die Sonnenstrahlung) übereinstimmt.

Das bedeutet, man muß die Größe des Wärmezugangs und -abgangs erfassen und danach dann die Frage über die Größe der sich einstellenden konstanten Temperatur des Körpers lösen.

Die Größe des Zuganges hängt natürlich von der Energie der Sonnenstrahlen ab. Wir nehmen diese Energie als konstant an. Doch diese kann auch nicht von unserem Körper aufgenommen werden, wenn er in Richtung zur Sonne mit einer oder mehreren glänzenden Hüllen umgeben ist, welche diese Wärme vollständig reflektieren. D.h. wie groß die Energie der Sonnenstrahlen auch ist, sie kann nicht durch unsere Rakete aufgenommen werden wegen ihres Aufbaus und der Eigenschaften ihrer Oberfläche.

Im Gegensatz dazu gibt es schwarze Oberflächen, die die auftreffende Wärme der Sonne fast vollständig aufnehmen.

So schwankt also der Wärmezugang zwischen Null und einer bestimmten maximalen Größe, die von der Energie der wärmenden Sonnenstrahlen abhängt.

Falls es keinen Verlust von Wärme durch Strahlung gäbe, so würde sich unsere Rakete bis zur Temperatur der Sonne aufheizen.

Wenden wir uns jetzt dem Wärmeverlust zu.

Jegliche Oberflächen von Körpern verlieren Wärme, jedoch einige mehr und die anderen weniger. Dabei wächst dieser Verlust mit der Zunahme der absoluten Temperatur des Körpers schnell an (in der 4. Potenz). Natürlich wachsen diese Verluste auch mit der Vergrößerung der Oberfläche (z.B. des Flugkörpers).

Alle diese Vorstellungen und Berechnungen führen zu folgenden Schlußfolgerungen:

Die Konstruktion kann eine Temperatur mit einer Obergrenze bis zu mindestens 150 °C erreichen, wenn ihre der Sonne zugewandte Seite eine dunkle, wärmeaufnehmende Oberfläche hat, die andere dagegen, (die Schattenseite) eine vor Verlusten schützende glänzende Oberfläche besitzt.

Betrachten wir nun ein praktisches Beispiel: Wir haben ein geschlossenes kugelförmiges Gefäß mit Gas. Ein Drittel seiner Oberfläche, die zur Sonne weist, ist mit Glas verschlossen, das die Strahlungsenergie gut hindurchläßt. Diese fällt nun auf eine dunkle Fläche im Innern der Kugel, die die Sonnenstrahlung gut absorbiert. Die restlichen zwei Drittel der Oberfläche sind durch eine oder mehrere glänzende Hüllen gegen Wärmeverlust geschützt. So erreicht die Temperatur des Gases in der Kugel bis zu 150 °C.

Die gleiche Kugel, deren sonnenwärts gerichtete Oberfläche glänzend ist, weist in ihrem Innern eine Temperatur von nahezu -273 °C auf. Die Wärmeschwankung beträgt also mehr als 400 °C.

Wenden wir die gleiche Kugel der Sonne so zu, daß nur ein Teil der durchsichtigen Oberfläche Sonnenstrahlung erhält, so stellt sich eine Temperatur zwischen -273 °C und +150 °C ein.



Indem wir die Kugel auf alle Arten drehen, erhalten wir eine beliebige Temperatur in den genannten Grenzen. Z.B. die Temperatur aller Klimate, aller Höhen und aller Jahreszeiten der Erdkugel.

Falls sich unser Flugkörper ausreichend schnell dreht und dabei periodisch seine durchsichtige Seite der Sonne zuwendet, wird sich in seinem Innern eine mittlere Temperatur einstellen, die (lt. Berechnung) ungefähr 27 °C beträgt. Das entspricht dem Doppelten der mittleren Temperatur unseres ständig rotierenden Planeten (Erde).

Jedoch nimmt letzterer einen großen Teil der ankommenden Sonnenstrahlen nicht auf, sondern reflektiert diese in den Weltraum. Denn 50 % der Erdatmosphäre ist immer mit Wolken bedeckt, deren glänzende Oberseite das Sonnenlicht gut zurückwirft. Das ist der Grund dafür, daß die mittlere Erdtemperatur nur ca. 15 °C beträgt.

Im allgemeinen ist die Temperatur eines Planeten eine sehr bedingte und komplizierte Sache, und wir haben hier nicht vor, diese Frage zu behandeln. In meinen Niederschriften sind viele Vorstellungen und Berechnungen über die Temperatur von Planeten zu finden. In den gedruckten Arbeiten sind nur deren Resultate angeführt.

Es scheint, daß jetzt die Frage der Temperatur kosmischer Raketen hinreichend geklärt ist.

Jedoch kann es auch eine solche Konstruktion von Raumflugkörpern (Himmelsgeschossen, nach Ziolkowski) geben, bei denen die Temperatur nicht Hunderte, sondern Tausende Grade erreichen kann. Dazu wäre es erforderlich, die Abgabe von Wärme zu verkleinern und gleichzeitig den Zustrom durch die Sonne nicht zu ver ringern.

Falls wir nämlich in unserer Kugel die Fensterflächen verkleinerten und die glänzende Oberfläche vergrößerten, hätte das zur Folge, daß der Wärmeverlust gesenkt würde. Jedoch würde deshalb auch die Zufuhr an Wärme

eingeschränkt. Aus diesem geschlossenen Kreis kann man aber ausbrechen. In die Kugel läßt sich eine sehr kleine durchsichtige Öffnung anbringen und durch sie hindurch eine beliebige Menge von Sonnenenergie leiten, etwa mittels einer Sammellinse oder eines sphärischen Spiegels. Die Öffnung in der Kugel muß dabei mit dem Brennpunkt der Sonnenabbildung zusammenfallen. So erreichen die Wärmeverluste ein Minimum - ohne jegliche Beschränkung der ankommenden Sonnenenergie.

Was folgt daraus? Die Wärmemenge im Kugellinnern wird so lange zunehmen, solange der Verlust pro Sekunde nicht in Übereinstimmung mit deren Zunahme gebracht ist. Das erfolgt aber unbedingt, da mit steigender Temperatur auch der Wärmeverlust zunimmt. Die Temperatur in der Kugel kann 1000 und mehr Grad erreichen.

Wenn sich unser Flugkörper außerhalb der Grenzen des Sonnensystems bewegen würde, dort, wo sich der Saturn mit seinen Ringen dreht, wo der Uranus und der Neptun dahinjagen - auch dort würde die kosmische Rakete Wärme von der Sonne erhalten, die für Leben ausreichend ist (auf dem beschriebenen Wege).

Umgekehrt gibt es die Möglichkeit, niedrige Temperaturen zu erhalten, unabhängig von den heißesten Strahlen der Sonne. Dies erlaubt unserem Raketengerät, in die Nähe der Sonne zu reisen, nicht nur dorthin, wo sich Merkur in der Sonnenhitze dreht und brät, sondern noch näher an die Sonne heran.

Schon früher (von 1920 an) haben wir darüber geschrieben, und jetzt wiederholen wir das früher Gesagte.

## Nachwort des Herausgebers

StR Rolf Henkel

Im Jahre 1983 gab die „Schul- und Volkssternwarte K. E. ZIOLKOWSKI“ in Suhl aus Anlaß des 125. Geburtstages Ziolkowskis die deutsche Übersetzung seiner grundlegenden wissenschaftlichen Arbeit mit dem Titel *„Die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßgeräten“* (Kaluga 1911-12) heraus. Erstmals war es damit dem raumfahrtinteressierten deutschsprachigen Leser möglich, die Ideen und wissenschaftlichen Überlegungen des großen Vorausdenkers der Weltraumforschung **K. E. Ziolkowski** (1857-1935) im Original kennenzulernen.\*

Es erwies sich, daß die weitreichenden Gedankengänge Ziolkowski nur mit weiteren, sich anschließenden Übersetzungen verständlich zu machen sind und er so die verdiente Würdigung seines Werkes erfahren kann. Dem Rat unseres Kalugaer Partners „Staatliches Museum für die Geschichte der Raumfahrt K. E. ZIOLKOWSKI“ und seiner Unterstützung folgend, entschlossen wir uns zur Übersetzung und Veröffentlichung von

---

\* Die Übersetzung erschien aufgrund der seinerzeitigen bürokratischen Veröffentlichungsbestimmungen in einer Broschüre mit dem mißverständlichen Aufdruck *„Die Schul- und Volkssternwarte Suhl pflegt das wissenschaftliche Erbe von Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski“* in einer Auflage von 3.000 Exemplaren und ist vergriffen. Interessenten wenden sich an den Herausgeber.

- „Ziele der Raumschiffahrt“, Kaluga 1929
- „Kosmische Raketenzüge“, Kaluga 1929

Diese beiden Arbeiten sind Inhalt der vorliegenden Broschüre. Die Originalausgaben für die Übersetzung in die deutsche Sprache stellte die Leitung des Kalugaer Museums freundlicherweise zur Verfügung.

„Ziele der Raumschiffahrt“ wurde von Ella **Radskaja**, wissenschaftliche Mitarbeiterin des Museums in Kaluga, ins Deutsche übertragen.

„Kosmische Raketenzüge“ wurde von Hans-Joachim **Linke**, Dipl.-Ing. in Suhl, übersetzt.

Die sprachliche Bearbeitung wurde vorgenommen von StR Rolf **Henkel**, Leiter der Schul- und Volkssternwarte Suhl, in Zusammenarbeit mit Dipl.-Lehrerin Annemarie **Lotze**, Mitarbeiterin der Sternwarte.

Hinweise erhielten wir von Dipl.-Math. Michael **Tilgner**, Hamburg, der auch die Druckvorlagen für die Broschüre besorgte und dem wir hiermit herzlichst für seine Unterstützung danken.

Die Übersetzungen lehnen sich absichtlich stark an die Ausdrucksweise Ziolkowskis an. Nur einige wenige Einfügungen der Bearbeiter nennen ersatzweise neuzeitliche Ausdrücke, z.B. *Weltraum* statt wie bei Ziolkowski *Himmels-* oder *Ätherraum*.

Die Formelschreibweise, die bei Ziolkowski auf dem kyrillischen Alphabet basiert, wurde unserer heutigen modernen Schreibweise angepaßt, wie diese auch in einer vorliegenden Übersetzung in die englische Sprache verwendet wurde.

Die tabellarischen Zahlenwerte weichen z.T. geringfügig von rechnerermittelten exakten Werten ab. Wir verwenden jedoch hier Ziolkowskis Originalwerte in den Tabellen.

## Bibliographie

Andere Ziolkowski-Schriften in deutscher Sprache, soweit bekanntgeworden:

- *„Auf dem Mond“*, Verlag Neues Leben, Berlin 1956; zuerst veröffentlicht Kaluga 1893.
- *„Außerhalb der Erde“*, Wilhelm Heyne Verlag, München 1977 (Heyne-Buch Nr. 3554); zuerst veröffentlicht Kaluga 1920.
- *„Die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßgeräten“*, in: *„Die Schul- und Volksternwarte Suhl pflegt das wissenschaftliche Erbe von Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski“*, Suhl 1983; zuerst veröffentlicht Kaluga 1911-12.
- *„Im Asteroidengürtel“*, in: Erik Simon/Olaf R. Spittel (Hrsg.), *„Fahrt durch die Unendlichkeit“*, Verlag Das Neue Berlin, Berlin 1988, S. 10-19; zuerst veröffentlicht Moskau 1895 im Buch *„Träume vom Himmel und Erde“*.
- *„Wenn der Mensch die Erde verläßt. Eine Auswahl von Arbeiten K. E. Ziolkowskis“*, (hrsg. von Dr. F. Gehlhar), Akademie-Verlag, Berlin (in Vorbereitung); Arbeiten von Ziolkowski aus den Jahren 1903-35; mit einem Essay von Dr. F. Gehlhar und einer Chronik des Schaffens Ziolkowskis.

Biographisches und anderes Wissenswertes über K. E. Ziolkowski:

- H. Gartmann, *„Träumer, Forscher, Konstrukteure - das Abenteuer der Weltraumfahrt“*, Econ-Verlag, Düsseldorf 1955 - Zweites Kapitel: *„Eine Rakete in den kosmischen Raum (Konstantin E. Ziolkowsky)“*, S. 42-59
- M. S. Arlasorow, *„60 Jahre Weltraumfahrt. Leben und Werk des Raketenforschers Ziolkowski“*, Urania Verlag, Leipzig/Jena 1957
- A. A. Kosmodemjanski, *„K. E. Ziolkowski“*, Verlag MIR, Moskau/BSB B. G. Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig 1979 (Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner, Bd. 43)
- Autorenkollektiv, *„Vperedt svoego veka“* (Seinem Jahrhundert voraus), Verlag Mašinostroenije, Moskau 1970 - mit ausführlicher Zeittafel und Bibliographie
- W. Büdeler *„Geschichte der Raumfahrt“*, Sigloch Edition, Künzelsau 1979, S. 127-135
- D. B. Herrmann, *„K. E. Ciolkovskij im Spiegel westeuropäischer Raumfahrtliteratur: ein Beitrag zur Wirkungsgeschichte der Ideen von Ciolkovskij“*, Archenhold-Sternwarte, Berlin-Treptow 1981 (Mitteilungen der Archenhold-Sternwarte Berlin-Treptow, Nr. 125) - Sonderdruck aus: NIM, Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaften, Technik und Medizin 18 (2), 8-16 (1981)
- N. Belowa, *„Konstantin Ziolkowski und seine Kontakte zu deutschen Wissenschaftlern“*, in: Sowjetunion heute (hrsg. von der Presseabteilung der Botschaft der UdSSR in der Bundesrepublik Deutschland in Zusammenarbeit mit der Presseagentur Nowosti

(APN)), 26 (4), 52-55 (1981)

- Gosudarstvennyj muzej istorii kosmonavtiki im. K. E. Ciolkovskogo (Staatliches Museum für die Geschichte der Raumfahrt K. E. Ziolkowski), „Konstantin Eduardovič Ciolkovskij (1857-1935). Bibliografičeskij ukazatel“ (Bibliographisches Verzeichnis), Kaluga 1983
- W. Tarchanowski, „Der Prophet des kosmischen Zeitalters. Zum 125. Geburtstag Konstantin Ziolkowskys“, in: Wissenschaft der UdSSR, 1/1983, S. 6-15
- N. Hager, „Das Sonnensystem: ...nur ein Punkt im Weltall...“. Zu philosophisch-weltanschaulichen Auffassungen Konstantin Eduardowitsch Ziolkowskys (17. 9. 1857 - 19. 9. 1935)“, in: Astronomie und Raumfahrt 21, 113-115 (1983)
- D. Möhlmann, „Ziolkowskys kosmogonische Vorstellungen“, in: Astronomie und Raumfahrt 21, 165-166 (1983)





## Abbildungen

Человечество не ограничено  
только на земле, но, с  
порами за светом и  
пространством, стремится  
дальше проникнуть за  
предельми атмосферы,  
да займёт вселенную  
своей всеохватительной  
пространством.

K. Ziolkowski

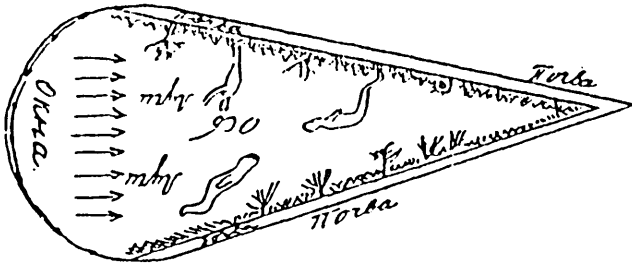
„Die Menschheit wird nicht für immer an die Erde gefesselt sein. Auf der Suche nach Licht und Raum, wird sie, vorsichtig zunächst, die Grenzen der Atmosphäre erforschen und später ihre Kontrolle auf das ganze Sonnensystem ausdehnen.“

K. Ziolkowski

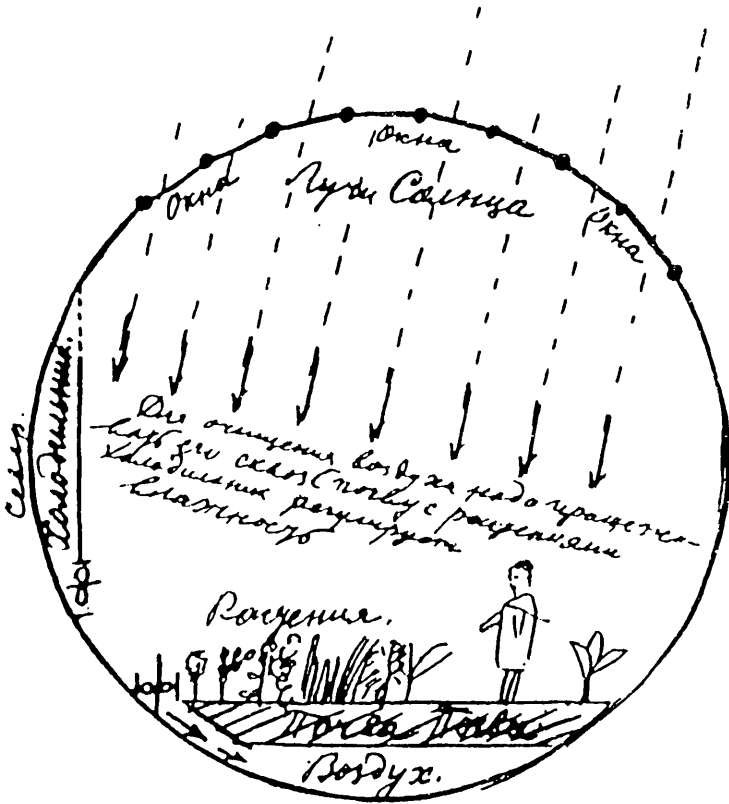
(Brief von K. E. Ziolkowski an B. N. Vorob'ev, 12. August 1911)

ее можно расширять при жи-  
щав. удлиненных вдоль лучей солнца:  
чем он длиннее, тем температура будет  
выше.

54 Почва сбивается от вращения  
далеко от оси так, что лучи скан-  
дят вдоль ее поверхности и заса-  
женности на ней расстелит. На две  
же шара почвы не удерживая расте-  
ний там не будет и сила солнца  
будет пропадать даром. Вдоль оси  
при длинных конусах, наклон  
поверхности и почвы будет не ве-  
лик, она останется на месте и расте-  
ния будут освещены косыми лу-  
чами до самой оси. Доверил  
и удлинит температуру и теплоту  
зависит солнечной лучей

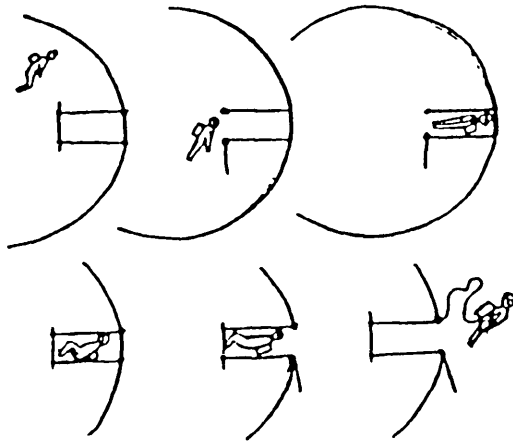


Kosmisches Gewächshaus. Diese und die anderen  
Zeichnungen sind Ziolkowskis Manuskript „Album  
kosmischer Reisen“ entnommen. Die Angaben auf den  
Zeichnungen sind in Ziolkowskis Handschrift.

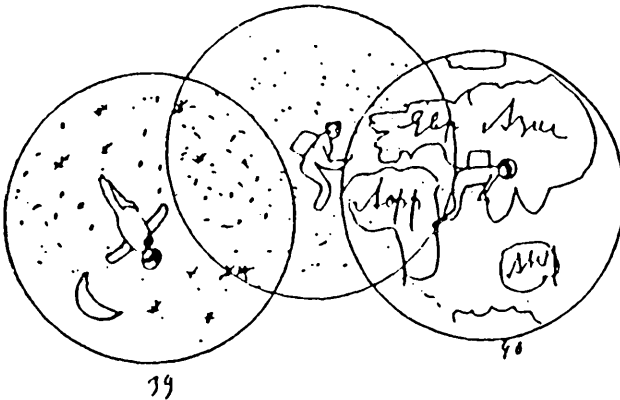


„Der Wohnraum muß sowohl für den Menschen als auch für Pflanzen eingerichtet sein, ohne die die normale Existenz nicht denkbar ist.“

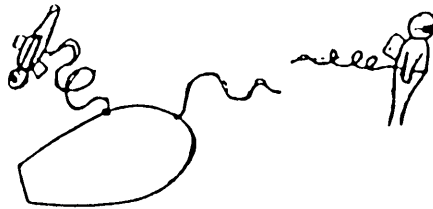
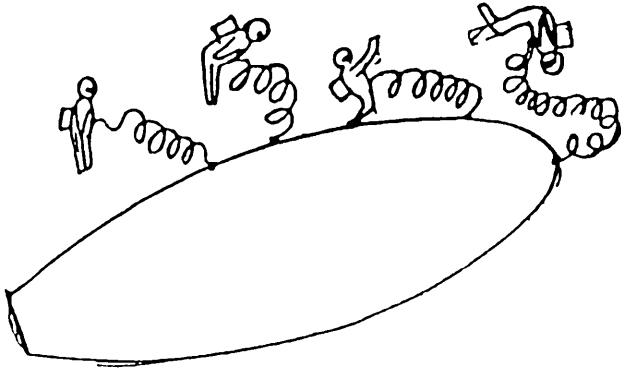
(Oben: Sonnenstrahlen treten durch die Fenster ein. Text in der Mitte: Zur Reinigung der Luft muß diese durch den Boden mit den Pflanzen getrieben werden. Der Kühler reguliert die Feuchtigkeit. Links an der Wand: Kühler. Unten: Erde mit Pflanzen, unter die - mit einem Ventilator - Luft geblasen wird.)



**„Ausstieg aus der Rakete, ohne daß Luft verloren geht.“**

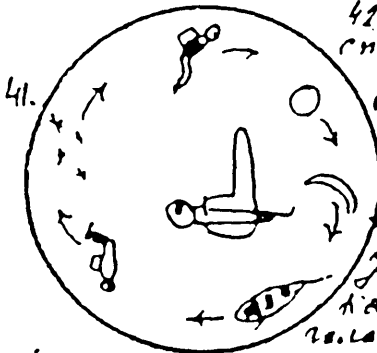


**„Der unbegrenzte Raum... ein glückliches, gesundes Leben, eine außerordentliche Entwicklung der Industrie - das alles ist für uns unerreichbar, solange wir nicht die irdische Schwere überwinden.“**



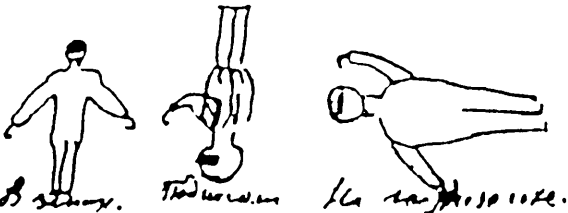
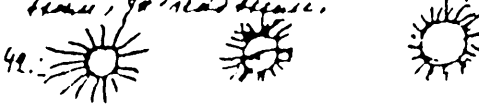
..(Oben) Spiele an der Leine um die Rakete. (Mitte) Reißt die Leine, stirbt der Gefährte ... (Unten) Das andere Mal wurde die Situation rechtzeitig erfaßt, der Gefährte eingefangen und gerettet.“

41. Там мача французский а. каменас не  
себ не по в би женом, но все обрамле  
как бы в кругу а в воздухе мача.



42. Там что при-  
стается берз  
уаи, вде на-  
вдуче сло-  
вва, Сюр-  
ра на мач-  
вилье мач-  
ула, Сачиу  
кочеура уо над  
по. лаво, уо маб

Кочоула, уо на паразаму, уо над  
мачи, уо маб мачи.



Ориентierungsprobleme in der Schwerelosigkeit.

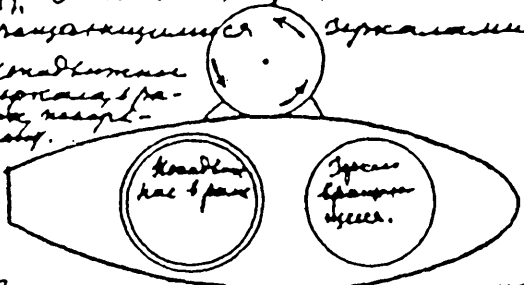
19.

43 Оу бронзеная  
расеги в кель  
об французая орна  
ментальная фотосф  
По средине се не

Упорядочение  
в расеу нос -  
редотвем се  
бронзеные.  
Или же, как  
на Земле.

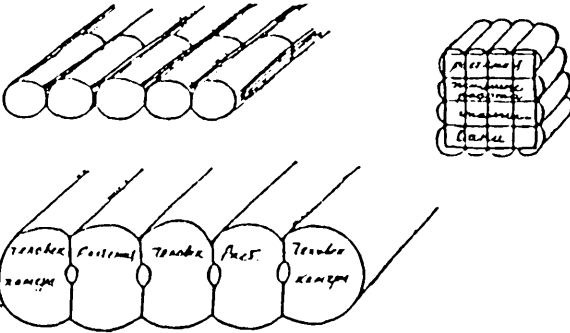
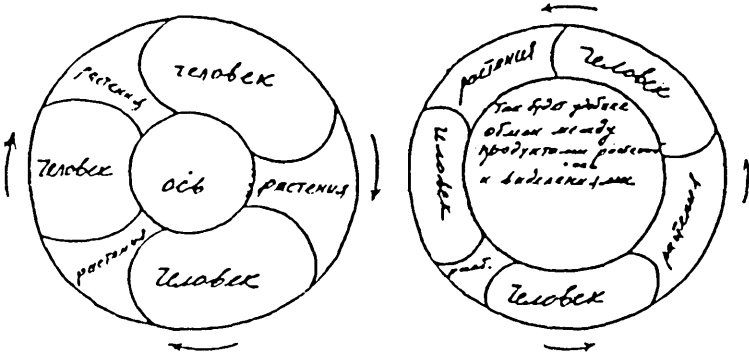


44 Символизация максим  
бронзатуцими ся буржанами  
Командитаме  
Земля, с ра-  
мате распр-  
тисабу.



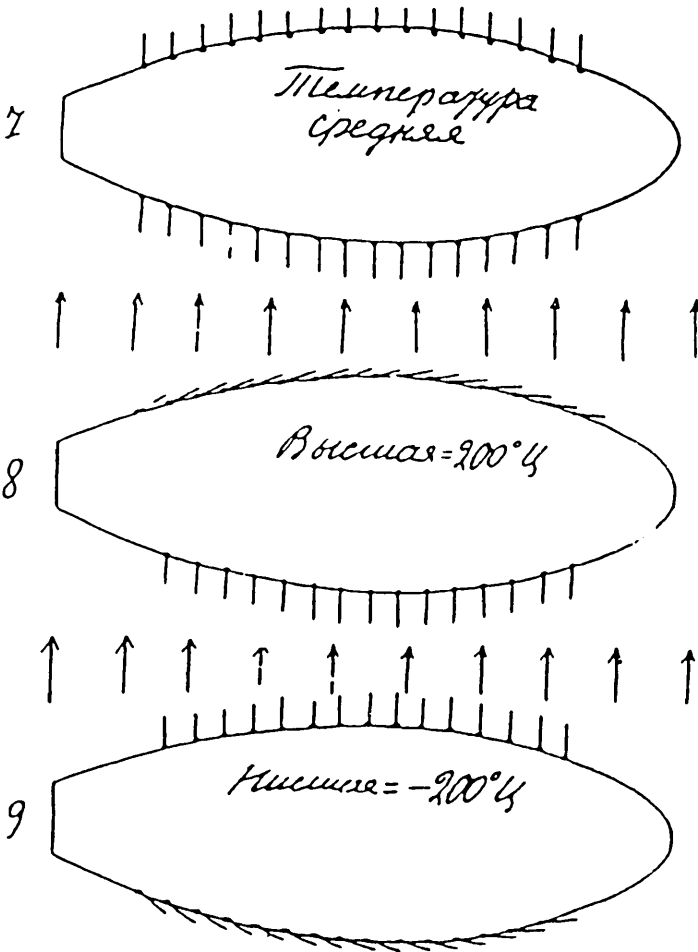
Расеги бронзатуцими буржана-соро  
Символи.

Um Bedingungen in der Rakete zu schaffen, die denen dem Menschen auf der Erde vertrauten nahekommen, muß man eine künstliche Schwere schaffen.



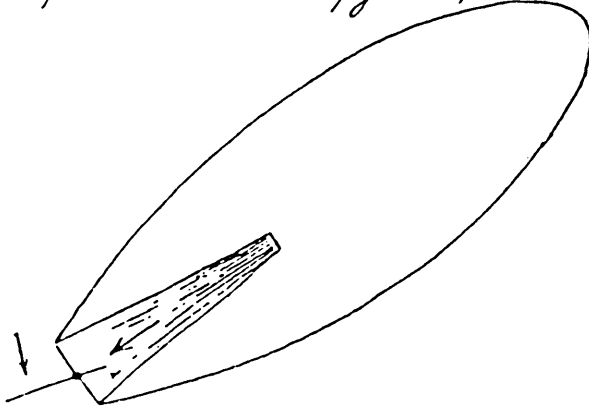
**Eine Raumstation.**





Die Skizze erläutert die Wirkung einer Jalousie, mit deren Hilfe die Temperatur in einem Raumschiff geregelt werden kann. (Oben: Mittlere Temperatur. Mitte: Höchsttemperatur = 200 °C. Unten: Tiefste Temperatur = -200 °C.)

11. Поворачивание ракеты взрыва-  
нием при наклонении руля. Вращение.



„Kursänderung einer Rakete durch Einwirkung des  
Auspuffstrahls auf eine schräggestellte Steuerfläche.“  
(Prinzip des Strahlruders)



