



Die Schul-
und Volkssternwarte
Suhl pflegt
das wissenschaftliche
Erbe von
Konstantin
Eduardowitsch
Ziolkowski



**Die Schul- und Volkssternwarte
in Suhl
pflegt das wissenschaftliche Erbe
von K. E. Ziolkowski**

Im Rahmen der vorliegenden Schrift gibt die
Schul- und Volkssternwarte Suhl
erstmal die wissenschaftliche Arbeit
von K. E. ZIOLKOWSKI (1857–1935)

**DIE ERFORSCHUNG DES WELTRAUMS
MIT RÜCKSTOSSGERATEN Kaluga 1911–12
(Erweiterter Text seiner Arbeit von 1903)**

in deutscher Übersetzung heraus.

Herausgeber: Schul- und Volkssternwarte – Planetarium K. E. ZIOLKOWSKI Suhl
Umschlag und typographische Gestaltung: Harald Wiktor, Suhl
Text: Einleitung von Rolf Henkel
Beitrag: Autorisierte Übersetzung aus dem Russischen Hans-Joachim Linke
Bilder: Archiv der Schul- und Volkssternwarte Suhl
Druckerei: „Freies Wort“ Suhl
V-20-15 3 S 39/83 1511
DDR 2,80 M



K. Grigorovich

1857 – 1935

Am 8. Mai 1975 erhielt die Schul- und Volkssternwarte in Suhl den Ehrennamen KONSTANTIN EDUARDOWITSCH ZIOLKOWSKI verliehen.

Mit diesem Namen verbindet sich nicht nur die Erinnerung an den genialen Begründer der Wissenschaft von Raketentechnik und Weltraumfahrt, sondern im Bezirk Suhl auch die besonders engen Freundschafts- und Partnerschaftsbeziehungen mit Kaluga, der Ziolkowski-Stadt in der Sowjetunion.

In dieser Stadt, etwa 200 km südlich von Moskau am Fluß Oka gelegen, lebte der „Vater der Weltraumfahrt“ von 1892 bis zu seinem Tod im Jahre 1935.

K. E. Ziolkowski begründete die Raketendynamik und schuf die wissenschaftlichen Grundlagen, auf denen seine Schüler aufbauend die zukunftsweisende Technik der Weltraumforschung entwickelten, die entscheidend zum Fortschritt der Menschheit beiträgt.

Hatte im alten zaristischen Rußland kaum jemand Verständnis für die seiner Zeit weit vorauseilenden kühnen Ideen, so fanden diese, kaum daß die Große Sozialistische Oktoberrevolution die alten Machtverhältnisse beseitigt hatte, bald die verdiente Beachtung und Würdigung.

Nach der Übernahme der Macht durch die Arbeiter-und-Bauern-Klasse unter Führung der marxistisch-leninistischen Partei der Bolschewiki folgte ein gewaltiger gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Aufschwung sowie die breite Entfaltung von Wissenschaft und Kultur in der Sowjetunion.

Jetzt fielen die Ideen vom Raketenflug in den Kosmos, wie sie K. E. Ziolkowski in vielen streng wissenschaftlichen Veröffentlichungen konzipiert hatte, auf fruchtbaren Boden. Die nun einsetzende staatliche Förderung ermöglichte es der GIRD (russ.: Gruppe zum Studium der Rückstoßbewegung), bereits im August 1933 ihre erste Rakete 09 mit Flüssigkeitsantrieb aufsteigen zu lassen. Damit begann die Verwirklichung der Pläne Ziolkowskis.

Im Jahre 1982 begingen wir den 65. Jahrestag der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution wie auch den 60. Jahrestag der Gründung der UdSSR.

Diese Ereignisse von wahrhaft historischer Tragweite eröffneten der Welt die Perspektiven des Sozialismus und des friedlichen Fortschritts der Menschheit. Sie waren auch Ursache dafür, daß am 4. Oktober 1957 vom Territorium der Sowjetunion der erste künstliche Erdsatellit SPUTNIK 1 gestartet und damit das Raumfahrtzeitalter eröffnet werden konnte.

Mit dem 25. Jahrestag dieses weltbewegenden Ereignisses fällt fast zeitgleich auch der 125. Geburtstag von K. E. Ziolkowski (17. September 1882) zusammen. Das ist für unsere schulastronomische Einrichtung ein verpflichtender Anlaß, die Hauptarbeit von K. E. Ziolkowski DIE ERFORSCHUNG DES WELTRAUMS MIT RUCKSTOSSGERÄTEN (Kaluga 1911 bis 1912) erstmals in deutscher Sprache herauszugeben.

Mit ihr sollen seine wissenschaftlichen Verdienste gewürdigt und den an Raumfahrt interessierten Lesern ein Einblick in seine Vorstellungen von der Entwicklung und den Zielen der Raketentechnik und Kosmonautik geboten werden. Diese Absicht konnte verwirklicht werden, weil sich zwischen dem Bezirk Suhl und dem Partnergebiet Kaluga seit Jahren intensive Freundschafts- und Partnerschaftsbeziehungen entwickelt hatten.

Solche Beziehungen bestehen seit 1975 mit der Verleihung des Ehrennamens K. E. Ziolkowski auch zwischen der Schul- und Volkssternwarte in Suhl und dem Staatlichen Museum für Geschichte der Raumfahrt K. E. Ziolkowski in Kaluga.

Auf der Grundlage eines Patenschaftsvertrages arbeiten beide Einrichtungen eng zusammen. Der Austausch von Informationen, Büchern, Bilddokumenten und Ausstellungen sowie auch mehrere gegenseitige Besuche förderten besonders das Bemühen der Mitarbeiter an der Suhler Sternwarte, Leben und wissenschaftliches Werk K. E. Ziolkowskis weithin bekanntzumachen. Wir sind Zeugen der friedlichen Nutzung der Kosmosforschung, erleben aber auch, wie mit der Einbeziehung des Weltraums in die militärische Planung der Weltfrieden durch die Hochrüstungspolitik der aggressivsten Kräfte des Imperialismus auf das äußerste bedroht wird.

Die friedliche Anwendung seiner Forschungsergebnisse hat K. E. Ziolkowski mehrfach hervorgehoben, z.B. mit folgenden Worten:

„Bei der Arbeit an Rückstoßgeräten hatte ich friedliche und hohe Ziele: das Weltall zum Wohle der Menschheit erschließen, Raum und von der Sonne ausgestrahlte Energie gewinnen“ (aus seinem Brief vom 12. Mai 1905 an die Redaktion der Zeitung – Börsen-Nachrichten –).

Als Herausgeber dieser Schrift verstehen wir daher unsere Arbeit zugleich als Bekenntnis zu den friedlichen und hohen Zielen der Wissenschaft im Geiste von K. E. Ziolkowski.

Der Leitung des Staatlichen Museums für Geschichte der Raumfahrt in Kaluga danken wir herzlich für die Genehmigung der Veröffentlichung und ihre Unterstützung bei der Übersetzung des Ziolkowski-Textes.

„Der Planet ist die Wiege des Verstandes, aber man kann nicht ewig in der Wiege leben.

Die Menschheit wird nicht ewig auf der Erde bleiben, sondern auf der Jagd nach Licht und Raum zuerst schüchtern über die Grenzen der Atmosphäre hinausdringen und sich dann den ganzen Raum um die Sonne erobern.“

K. E. Ziolkowski

Die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßgeräten (1911 – 1912)

Das Rückstoßgerät „Rakete“ von K. E. Ziolkowski

Vorwort

Lange habe ich die Rakete, sowohl vom Standpunkt des Vergnügens aus als auch ihrer Anwendungsmöglichkeiten wegen gesehen. Aber besonders gut kann ich mich nicht mehr daran erinnern, wie es mir in den Sinn kam, Berechnungen anzustellen, die die Rakete betreffen.

Es erscheint mir, daß die ersten Saatkörner der Gedanken von dem bekannten Phantasten Jules Verne gelegt wurden. Er weckte die Tätigkeit meines Gehirns in die bekannte Richtung auf. Es kamen Gedanken auf, und nach Wünschen formte sich das Wirken des Geistes. Natürlich hätte das zu nichts geführt, wenn es nicht auf die Hilfe durch die Wissenschaft gestoßen wäre. Außerdem, so glaube ich, ist es wahrscheinlich falsch, daß die Hauptideen zum unverwüsthlichen Streben dorthin – zur Sonne, zur Befreiung von den Ketten der Schwerkraft – als Grundstein schon bei der Geburt in mich gelegt wurden. Wenigstens erinnere ich mich sehr gut daran, daß mein liebster Traum in der frühesten Kindheit, noch bevor ich Bücher las, die verworrene Vorstellung war, in einer Umwelt ohne Schwerkraft zu sein, wo die Bewegungen in allen Richtungen völlig frei waren und wo es einem besser gefiel, als einem Vogel in der Luft. Woher diese Wünsche kamen, kann ich mir bis heute nicht vorstellen, auch derartige Märchen gibt es nicht, aber ich habe geglaubt und gefühlt, und ich habe mir genau solch eine Umwelt gewünscht, ohne die Fesseln der Schwerkraft.

Ein alter Zettel in meinen Aufzeichnungen mit den endgültigen Formeln, die sich auf das Rückstoßgerät beziehen, ist mit dem Datum 25. August 1898 versehen. Offensicht-

lich habe ich mich damit schon früher befaßt. Aber nicht der kümmerliche Flug der Rakete, sondern genaue Berechnungen haben mich gefangengenommen. Meine Berechnungen und die Schlußfolgerungen daraus habe ich im Jahre 1903 veröffentlicht.

Diese Arbeit hier ist eine Weiterentwicklung davon. Aber weil die gedruckte Arbeit von 1903 wenigen bekannt ist, habe ich hier in dieser Arbeit eine Zusammenfassung und auch die wichtigsten Formeln untergebracht.

Gott rette mich davor, Anspruch auf die Lösung der Frage erheben zu wollen. Am Anfang stehen unvermeidlich: der Gedanke, die Phantasie, das Märchen; hinter ihnen schreitet die wissenschaftliche Berechnung, und erst ganz zum Schluß krönt die Ausführung den Gedanken.

Meine Arbeit gehört zum mittleren Abschnitt dieses Schaffens. Mehr als irgend jemand verstehe ich die Kluft, die die Idee von ihrer Verwirklichung trennt, weil ich im Laufe meines Lebens nicht nur viel gerechnet habe, sondern auch praktisch ausführte, also auch mit den Händen arbeitete. Aber man soll nicht glauben, daß die Realisierung dem Gedanken, der genauen Berechnung vorausgeht, das ist Phantasie.

Ich werde froh sein, wenn meine Arbeit andere zu weiterem Wirken veranlaßt.

Alle wissen, wie unvorstellbar groß, wie unendlich das Weltall ist. Alle wissen, daß auch das gesamte Sonnensystem mit seinen Hunderten von Planeten (und Planetoiden – d. Übers.) nur ein Punkt im Weltall ist. Laß Menschen in das Sonnensystem vordringen, verfüge darüber, wie die Hausfrau über das Haus. Werden sich dann die Geheimnisse des Weltalls eröffnen? Nicht im geringsten! Genausowenig, wie die Untersuchung irgendeines Steinchens oder einer Muschel schon das Geheimnis des Ozeans lüften wird. Sogar wenn die Menschen sich anderer Sonnen bemächtigen würden oder die ganze Milchstraße erforschten – dieser Milliarden von Planeten. Dann sogar würden wir das Gleiche sagen. All unsere Erkenntnisse, die gegenwärtigen und die zukünftigen, sind ein Nichts im Vergleich mit dem, was wir niemals wissen werden . . .

Wie bedauerlich ist der Mensch doch in seinen Irrtümern! Längst ist die Zeit vorbei, da das Aufsteigen in die Luft als schändliches Vergehen angesehen und mit Hinrichtung, die Erwägung von der Erddrehung mit Verbrennung bestraft wurden. Ist es möglich, daß es den Menschen eigen ist, alle Jahrhunderte ihre Fehler zu wiederholen?!

Zusammenfassung der Arbeit von 1903

An der Theorie des Rückstoßgerätes von 1896 arbeitend, sind wir zu folgenden Schlußfolgerungen gekommen.

Das Gerät hat die äußere Form eines flügellosen Vogels, das leicht die Luft zerteilt. Ein großer Teil des Innenraumes vom Gerät wird von zwei Stoffen in flüssigem Zustand eingenommen: Wasserstoff und Sauerstoff. Beide Flüssigkeiten sind durch eine Zwischenwand getrennt und verbinden sich miteinander nur tropfenweise. Der restliche Teil der Kammer, mit dem kleineren Inhalt, ist für die Unterbringung des Beobachters und für unterschiedliche Apparate bestimmt, die zum Schutze seines Lebens, für wissenschaftliche Beobachtungen und für die Steuerung der „Rakete“ (so nannten wir unser Rückstoßgerät) notwendig sind.



Ziolkowskis Raketenprojekt von 1903 (mit gerader Düse). Zeichnung von K. E. Ziolkowski.

Inschrift links oben: flüssiger Wasserstoff; links unten: flüssiger Sauerstoff; rechts: Mensch, Absorber für Kohlensäure und Ausdünstungen.

Wasserstoff und Sauerstoff, die sich im engen Teil eines sich wie ein Blasinstrument erweiternden Rohres vermischen, verbinden sich chemisch und bilden Wasserdampf mit erschreckend hoher Temperatur. Dieser besitzt eine gewaltige Elastizität und wird aus der großen Öffnung des Rohres mit ungeheurer Geschwindigkeit in Richtung des Rohres oder der verlängerten Achse der Kammer herausgeschleudert. – Die Richtung des ausströmenden Dampfes und die Flugrichtung des Gerätes sind genau entgegengesetzt. Der Dampfdruck stimmt gewöhnlich mit der Bewegungsrichtung der Rakete überein. Bei deren Anhalten oder Verlangsamung ist das umgekehrt. Jedoch ist die Bewegung des Dampfes bei beschleunigtem Gang der Rakete entgegengesetzt ihrer Bewegung; bei einem sich verlangsamenen Gang ist das umgekehrt. Ich rede hierbei über die relative Bewegung des Dampfes gegenüber der Rakete.

Das Explosionsrohr, welches durch die Längsachse der Rakete verläuft, also durch das Zentrum ihrer Trägheit, wird durch die niedrige Temperatur des flüssigen Sauerstoffes und Wasserstoffes, die die Röhre oder deren Hülle umgeben, abgekühlt. Diese frei verdampfenden Flüssigkeiten haben eine Temperatur von ca. 200–250 °C unter Null und verhindern das Schmelzen der Röhre, in welcher eine außerordentlich hohe Temperatur herrscht. Da die Explosion insgesamt nur einige Minuten dauert, ist der Verlust an kalten Flüssigkeiten durch Verdampfung nicht groß.

Die Drehung der Rakete kann man mit verschiedenen automatisch arbeitenden Geräten verhindern, so daß die Längsachse der Rakete und deren Flug annähernd eine Richtung haben werden; ihr Weg wird eine gerade Linie sein.

Als einfachste Methode für die Richtungssteuerung der Rakete dient die Drehung der Trichterenden oder eines Ruders vor ihnen. Bei deren Drehung nehmen die Gase eine andere Richtung ein, und das Gerät dreht sich, oder es wird gesteuert. Die Energie der chemischen Verbindung des Wasserstoffes mit dem Sauerstoff ist gewaltig.

Ein bedeutender Teil davon, genau bis 0,65 (65 Prozent) wird an die Rakete abgegeben, das heißt, sie geht in Antriebsenergie über. Der restliche Teil (35 Prozent) geht in die Bewegung des Wasserdampfes. Diesen bedeutenden Teil der Energie der Explosivstoffe eignet sich die Rakete in einer Umgebung an, welche frei von Schwerkraft ist. In einer Umgebung mit Schwerkraft kann eine derartige Aneignung nur bei einer kurzzeitigen Explosion stattfinden, diese ist praktisch absolut unbrauchbar. Je langsamer die Ex-

plosion ist, je länger sie in einem Milieu mit Schwerkraft dauert und je stärker letztere (die Schwerkraft) ist, desto geringer ist die Ausnutzung der Energie der Explosionsstoffe. In einer Umgebung ohne Schwerkraft hängt die Ausnutzung nicht von der Zeit und dem Ablauf der Explosion ab.

Auf Grund der beschleunigten Bewegung der Rakete bildet sich in ihr eine scheinbare (während des Andauerns der Beschleunigung der Rakete) oder zeitweise Schwerkraft, welche um so größer ist, je schneller die Explosion oder je größer der Druck der aus dem Rohr herausgeschleuderten Dämpfe sind. Diese relative Schwerkraft unterscheidet sich in ihrer Wirkung innerhalb der Kapsel nicht von der natürlichen Schwerkraft. Bei einer kurzzeitigen Explosion ist sie unendlich groß, und deshalb würde die Rakete selbst und alles, was sich in ihr befindet, zerstört und zerschlagen werden. Deshalb ist eine plötzliche oder über die Maßen hinaus schnelle Explosion unbrauchbar.

Wenn die zeitweise Schwerkraft während der Explosion 10 ist, d. h. 10mal größer als auf der Erdoberfläche, so werden 0,9 (90 Prozent) des größeren Teiles der Energie der Explosivstoffe im Raum ohne Schwerkraft, nämlich $0,65 \times 0,9 = 0,585$, d. h. mehr als 58 Prozent der gesamten Menge der potentiellen chemischen Energie, die enthalten ist im Gemisch von Wasserstoff mit Sauerstoff, umgesetzt.

Bei schrägem Flug der Rakete wird ein großer Teil des Energievorrates ausgenutzt. An der Grenze, wenn der Flug horizontal verläuft, ist die Ausnutzung am größten und erreicht bei verzehnfacher zeitweiser Schwerkraft in der Rakete 0,99 oder 99 Prozent. Beim Flug der Rakete im Winkel von $14\frac{1}{2}^\circ$ zum Horizont viertelt sich der unbedeutende Atmosphärenwiderstand im Vergleich zum vertikalen Flug. Außerdem ist die Ausnutzung bei einer solchen Schräge 0,965. Das sind $0,627 (0,65 \times 0,965)$ der gesamten chemischen Energie der explodierenden Stoffe. –

Die größte Ausnutzung (65 Prozent) im Raum mit Schwerkraft wird nur dann erreicht, wenn die Menge des Explosionsgemisches 4mal größer ist, als die Masse des Gerätes mit gesamtem Inhalt. Anderenfalls ist die Ausnutzung kleiner als 65 Prozent. Bei einem solchen Verhältnis der Explosivstoffe (4) zur Masse des Gerätes (1) erreicht letzteres bis 9 Kilometer Geschwindigkeit in einer Sekunde. Das Gerät kann eine beliebig größere oder eine beliebig kleinere Gesamtgeschwindigkeit annehmen, doch dann wird ein geringerer Teil der Energie des Explosivstoffes verwertet. Die Prozentzahl der Ausnutzung ist um so kleiner, je größer die Abweichung der Menge der Explosivstoffe von der Zahl 4 beträgt.

Bei einem Verhältnis von 1 bis 18 ist die Ausnutzung der Energie größer als 48 Prozent; die dementsprechenden Geschwindigkeiten im Raum ohne Schwerkraft liegen zwischen 3,9 bis 16,9 Kilometer in der Sekunde. Letztere Geschwindigkeit ist mehr als ausreichend für die Überwindung der Anziehungskraft der Sonne und der Erde und für das Umherwandern der Rakete zwischen den Sternen bei ihrem Start in Richtung der Jahresbewegung der Erde.

Und wirklich, die Berechnung ergibt zwei Hauptgeschwindigkeiten beim Start: mit 14 und 74 Kilometern in der Sekunde. Letztere Zahl bezieht sich auf einen Start in die Richtung, die entgegengesetzt zur Bewegung der Erde ist. Die erste bezieht sich auf deren Jahresbewegung. So wird dieser Vorgang der Trennung vom Sonnensystem schon bei zwölf Teilen der Menge an Explosivstoffen (zu einem Teil Nutzmasse) verwirklicht.

Die Rakete kann theoretisch Massen beliebiger Größe hochbefördern. Wenn es z. B. nötig

ist, 200 kg zu heben, benötigt man für die Fortbewegung von der Sonne nicht weniger als 2400 kg Explosivstoffe. – Außerdem kann man Sauerstoff billig aus der Atmosphäre durch Verflüssigung von Luft und anschließender Verdampfung von Stickstoff gewinnen. Das wird auch jetzt so gemacht. Wasserstoff kann durch Verflüssigung von Leuchtgas gewonnen werden. Zuerst verflüssigen sich die komplizierteren Produkte mit größerem Molekulargewicht, und Wasserstoff verbleibt im gasförmigen Zustand. Man kann sogar Sumpfgas verwenden, weil es mit Sauerstoff die gleiche Verbindung ergibt (Wasser, Kohlensäure) – folglich ist es für die Rakete nutzbar.

Und so sind Wasserstoff und Sauerstoff bei der fabrikmäßigen Herstellung nicht unbedingt besonders teuer.

Die Verflüssigung des Wasserstoffes ist beschwerlich (vorläufig), aber an ihrer Stelle kann man mit gleichem oder gar besserem Erfolg flüssige oder verflüssigte Kohlenwasserstoffe, wie Äthylen, Acetylen usw. verwenden. –

Für die Aufbewahrung der Gase in flüssiger Form benötigt man keine besonders stabilen Behältnisse. Sie müssen nur etwas stabiler sein als die Behälter, in welchen Wasser aufbewahrt wird. –

Ebenso ist das Explosionsrohr, verglichen mit einer Kanone, leicht, da in einer Artilleriekanone die Explosion fast augenblicklich erfolgt, und im Bruchteil einer Sekunde explodiert eine vergleichsweise gewaltige Menge an Stoff. Während in unserem Explosionsrohr im gleichen kleinen Zeitabschnitt nur eine vergleichsweise verschwindend kleine Menge des Vorrates explodiert. Der gesamte Vorrat wird im Laufe einiger Minuten (1–20 Minuten) aufgebraucht. –

Wenn zum Beispiel das ganze Gerät mit allen Bestandteilen 1000 Kilogramm wiegt und die zeitweise Schwerkraft sich verzehnfacht hat, so beträgt der Druck auf die Grundplatte des Rohres in ihrem engsten Abschnitt weniger als 10 Tonnen. Nehmen wir an, daß die Grundplatte des Rohres oder die Fläche des normalen Schnittes an der dünnsten Stelle 100 cm² beträgt, dann wird der Druck der explodierenden Gase kleiner als 100 Atmosphären sein. In den anderen Abschnitten des Rohres wird der Druck desto kleiner sein, je weiter diese entfernt sind von der Basis und je breiter diese sind. Man kann nun leicht errechnen, daß die größte Stärke der Rohrwand aus Stahl 5 mm nicht übersteigt. –

Bezüglich des Materials des Explosionsrohres kann man jetzt noch nicht Genaueres sagen. Wir weisen nur auf die Versuche hin, welche zeigten, daß das Eisen bei Temperaturen der flüssigen Gase, die unser Rohr umschließen, eine ausreichende Festigkeit besitzt. Natürlich weiß jeder, daß Eisen in der Knallgasflamme wie Wachs schmelzen kann. Der Schmelzpunkt des Eisens beträgt ganze 1300 °C (genauer: 1539 °C – die Red.). Es gibt Stoffe, die schwerer schmelzbar sind, so hat das Metall Wolfram eine Schmelztemperatur von 3200 °C. Doch wir können auch bezüglich der Explosivstoffe wiederholen: Sauerstoff und Wasserstoff haben wir nur als Beispiel benutzt. –

Ich habe in den Berechnungen die zehnfache zeitweise Schwerkraft in der Rakete angenommen, aber die Größe dieser Schwerkraft liegt in unseren Händen.

Als Sonderfall beim schrägen oder horizontalen Start können wir sie auch nur etwas mehr als die irdische (1) machen. So beträgt bei der horizontalen Bewegung des Gerätes und bei der dreifachen relativen Schwerkraft die Ausnutzung der Explosivstoffe, verglichen mit der kurzzeitigen Explosion, 8/9 (ca. 89 Prozent).

Außerdem gibt es Mittel, auch bei gewaltiger Schwerkraft Gegenstände und Lebewesen zu schützen. Davon wird im weiteren die Rede sein. – Stellen wir uns das absolut Unmögliche vor. Nehmen wir an, daß eine Tausende oder Millionen von Werst lange, herrliche, senkrechte oder schräge Straße mit Waggons, Maschinen und allen Vorrichtungen für eine bequeme Reise über die Grenzen der Atmosphäre hinaus gebaut würde. Wenn wir uns auf ihr in eine bestimmte Höhe begeben, wenden wir eine bestimmte Menge an Arbeit auf. Bewältigen wir diesen Aufstieg mit Hilfe irgendwelcher Antriebsmaschinen, seien es auch die aller vollendetsten, so verwerten wir beim gegenwärtigen Stand der Technik nicht mehr als 10 Prozent der chemischen Energie, die wir in diese Höhe in Form von Brennstoffen mitnehmen. –

Für den Anstieg auf die gleiche Höhe, aber ohne Treppen und Fördermaschinen (Hebemaschinen), sondern mit Hilfe unseres Gerätes verwerten wir, wie wir gesehen haben, bei vernünftiger Nutzung nicht weniger als 50 Prozent der chemischen Energie der Verbindung des Wasserstoffes mit dem Sauerstoff. Und so verbrauchen wir bei den vertikalen Straßen, die wir uns vorgestellt haben, 5mal mehr Brennstoff als im Rückstoßgerät. Diese Schlußfolgerung ist nur gültig für den Aufstieg auf eine Höhe von nicht weniger als 700 Werst ¹⁾. Dann wird ein bedeutender Teil der Energie der Explosivstoffe ausgenutzt. – Bei kleiner relativer Schwerkraft und bei geringerer Aufstiegshöhe kann das Resultat auch insgesamt kläglich sein. So ist bei einer zeitweisen Schwerkraft, die gleich der irdischen ist (1), und bei vertikaler Lage des Explosionsrohres das Ergebnis, bei vergleichbar gewaltigem Verbrauch von Explosivstoffen, ein zwanzigminütiges Stehen in einer bestimmten Höhe. Bei wenig größerer Beschleunigung der Rakete (die zeitweilige Schwerkraft ist etwas größer als 1, d. h. größer als die irdische Schwerkraft) – beträgt der Aufstieg einige Arschim (ein Arschim = 71 cm) im Verlaufe von ca. 20 Minuten!!! –

Solche kläglichen reaktiven Erscheinungen beobachten wir gewöhnlich auf der Erde. Und deshalb konnten diese auch niemanden zu Träumen und Erforschungen ermuntern. Nur der Verstand und die Wissenschaft konnten auf die Umgestaltung dieser Erscheinungen in großartige, fast unvorstellbare Empfindungen hinweisen.

Hier sind die wichtigsten Formeln ²⁾, auf deren Grundlage all diese Schlußfolgerungen erfolgten:

$$V = W \ln \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right). \quad (16)$$

Hier bezeichnet \ln den natürlichen Logarithmus; V ist die Geschwindigkeit des Gerätes oder der Rakete am Ende der Explosion der Explosivstoffe mit der Masse (M_2); M_1 ist die Masse des Gerätes mit allem Inhalt, ohne Explosivstoffe. Die Gesamtmasse beträgt: $M_1 + M_2$; W ist die relative Geschwindigkeit des Bestandteiles der abgekühlten (ausgedehnten) Verbrennungsprodukte, wenn sie aus der Mün-

¹⁾ Altes russisches Längenmaß: 1 Werst entspricht 1,06 km

²⁾ Die hier angeführten Formeln sind ohne Herleitungen angegeben, ihre Numerierung ist der vorhergehenden Arbeit entnommen (die Red.).

dung des Explosionsrohres nach außen gerissen werden. In bezug auf die Rakete hängt diese Geschwindigkeit nicht von Zeit und Ort ab. Die Formel bezieht sich auf eine Umgebung ohne Schwerkraft. Die Ausnutzung der absoluten Energie der Explosivstoffe durch die Rakete in einer Umgebung ohne Schwerkraft stellt sich so dar:

$$\frac{M_1}{M_2} \left\{ \ln \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right) \right\}^2. \quad (26)$$

Wenn $\frac{M_2}{M_1}$ klein ist, so beträgt die Ausnutzung gleich $\frac{M_2}{M_1}$. Dann sieht die Formel (16) folgendermaßen aus:

$$\begin{aligned} \frac{V}{W} &= \frac{M_2}{M_1}; \\ t &= \frac{V}{p}. \end{aligned} \quad (28)$$

t ist die Zeit der Explosion in einer solchen Umgebung³⁾; P ist die konstante Beschleunigung des Gerätes durch die Wirkung der Explosion. Die relative oder zeitliche Schwerkraft, die sich im Gerät ausbreitet, läßt sich durch das Verhältnis $\frac{P}{g}$ ausdrücken, wobei g die Erdbeschleunigung an der Oberfläche ist.

$$t = \frac{V_2}{p - g}, \quad (31)^4$$

– wobei V_2 die Endgeschwindigkeit der sich vertikal von der Erde abhebenden Rakete ist (bei Ende der Explosion).

$$V = V_2 \left(\frac{p}{p - g} \right); \quad (34)$$

$$V_2 = W \left(1 - \frac{g}{p} \right) \cdot \ln \left(1 + \frac{M_2}{M_1} \right); \quad (35)$$

$$p_1 = p - g, \quad (44)$$

³⁾ gemeint ist eine Umgebung ohne Schwerkraft (d. Red.)

⁴⁾ Diese Formel ist unter der Bedingung hergeleitet, daß auf den Körper die Schwerkraft wirkt, wobei die Beschleunigung der Schwerkraft konstant und der Beschleunigung p entgegengesetzt ist, welche der Rakete durch die Explosivstoffe vermittelt wurde. –

wo p_1 die Beschleunigung des Gerätes bei vertikaler Bewegung in einer Umgebung mit Schwerkraft ist.

Die Höhe (h) des Aufstieges in diesem Falle wird mit der Formel

$$h = \frac{1}{2} p_1 \cdot t^2 = \frac{p-g}{2} \cdot t^2. \quad (45)$$

bestimmt.

g wird als konstant angenommen, da bis zum Verbrauch der Explosivstoffe das Gerät auf eine unbedeutende Höhe im Vergleich zum Erdradius gestiegen ist.

$$h = \frac{V_2^2}{2(p-g)}; \quad (46)$$

$$h = \frac{V^2}{2p} \cdot \left(1 - \frac{g}{p}\right); \quad (47)$$

$$\frac{T_1}{T} = 1 - \frac{g}{p}. \quad (51)$$

Hierbei ist T_1 die nützliche Arbeit der Explosivstoffe in der Umgebung mit und in T in der Umgebung ohne Schwerkraft

$$\frac{M_3}{M_1} = (1 + q)^2 - 1; \quad (62)$$

$$q = \frac{M_2}{M_1}.$$

Diese Formel zeigt die relative Menge an Explosivstoffen $\left(\frac{M_3}{M_1}\right)$, die nicht nur benötigt wird für die Erzeugung der Geschwindigkeit im Milieu ohne Schwerkraft, sondern auch für ihren Verlust durch Rückexplosion.

Falls q klein ist, ist $\frac{M_3}{M_1} = 2q$. Das gleiche, aber für den Aufstieg im Raum mit Schwerkraft und gefahrlosem entgegengesetzten Rückstart.

$$\frac{M_4}{M_1} = \left(1 + \frac{\rho q}{p-g}\right)^2 - 1. \quad (66)$$

Nochmals, falls q oder $\frac{M_2}{M_1}$ klein sind, dann ist:

$$\frac{M_4}{M_1} = 2q \cdot \left(\frac{p}{p-g}\right).$$

Die nützliche Arbeit bei horizontaler Bewegung der Rakete ist entschieden größer als bei vertikaler. Ihr Verhältnis zur nützlichen Arbeit im schwerkraftfreien Raum ist gleich

$$1 - \left(\frac{g}{p}\right)^2. \quad (73)$$

Der Verlust beträgt $(g/p)^2$, während bei vertikaler Bewegung die Verluste g/p betragen.

$$\begin{aligned} \frac{T_1}{T} = & 1 + \left(\frac{g}{p}\right)^2 + 2 \cos \gamma \cdot \frac{g}{p} - \cos \alpha \cdot \frac{g}{p} \times \\ & \times \sqrt{1 + \frac{g^2}{p^2} + 2 \cos \gamma \cdot \frac{g}{p}}. \end{aligned} \quad (83)$$

Dieser Ausdruck definiert die Ausnutzung bei schrägem Aufstieg im Raum mit Schwerkraft in bezug auf die Energie, die der Rakete im Raum ohne Schwerkraft verliehen wurde. Hier ist α der Winkel zwischen der Richtung der Raketenbahn und der nach unten gehenden Vertikalen; β ist der Winkel dieser Raketenbahn mit der Richtung der Explosion oder der Richtung des Explosionsrohres; α ist größer als ein rechter Winkel, β ist kleiner;

$$\gamma = \alpha + \beta.$$

Es ist leicht zu zeigen, daß der Ausdruck (83) beide spezielle Fälle, d. h. (51) und (73), ergibt.

Den vorhergehenden Ausdruck kann man vereinfachen, falls die Neigung der Raketenbahn zum Horizont 10° nicht übersteigt. Dann erhalten wir:

$$\frac{T_1}{T} = 1 - \frac{g^2}{p^2} - 0,02 \frac{g}{p} N. \quad (87)$$

Hierbei bezeichnet N die Neigung der Bahn der Rakete zum Horizont in Grad.

Die Arbeit der Schwerkraft beim Aufsteigen vom Planeten

Durch sehr einfaches Integrieren erhält man folgenden Ausdruck für die Arbeit T , die benötigt wird, um eine Masseneinheit⁵⁾ von einer Planetenoberfläche mit dem Radius r_1 auf eine Höhe h zu bringen:

$$T = \frac{g_1}{g} \cdot r_1 \left(1 - \frac{r_1}{r_1 + h} \right).$$

Hier bezeichnet g_1 die Beschleunigung der Schwerkraft (Fallbeschleunigung) auf der Oberfläche des angenommenen Planeten, und g ist die Erdbeschleunigung der Schwerkraft auf der Erdoberfläche.

Setzen wir in diese Formel h ist gleich unendlich. Dann bestimmen wir die größte Arbeit bei Beförderung einer Masseneinheit von der Oberfläche des Planeten in die Unendlichkeit und erhalten:

$$T_1 = \frac{g_1}{g} \cdot r_1.$$

Feststellend, daß $\frac{g_1}{g}$ das Verhältnis der Schwerkraft auf der Planetenoberfläche zur Schwerkraft auf der Erde ist, so sehen wir, daß die für die Beförderung einer Masseneinheit von der Oberfläche des Planeten auf einen unendlich großen Abstand erforderliche Arbeit gleich der Arbeit ist, die benötigt wird für das Anheben eben dieser Masse von der Planetenoberfläche um die Höhe seines Radius. Dabei nehmen wir an, daß sich die Schwerkraft beim Entfernen von der Oberfläche nicht verringert.

Obgleich der Raum, wohin die Schwerkraft eines beliebigen Planeten vordringt, unbegrenzt ist, stellt aber daher diese Kraft eine Art Wand dar oder einen Raum mit einem geringen Widerstand. Dieser umhüllt den Planeten mit der Ausdehnung seines Radius. Beseitigt diese Wand, diese unmerklich gleichdichte Hülle, und die Schwerkraft ist auf ihrer gesamten unendlichen Dimension bezwingbar!

Aus der letzten Formel ist ersichtlich, daß die größte Arbeit (T_1) proportional der Anziehungskraft g_1 auf der Oberfläche des Planeten und der Größe seines Radius ist.

Für gleichdichte Planeten, d. h. für Planeten mit der gleichen Dichte, zum Beispiel mit der Dichte der Erde (5,5), ist die Schwerkraft an der Oberfläche, wie bekannt ist, proportional dem Radius des Planeten und wird durch das Verhältnis des Radius (r_1) des Planeten zum Erdradius (R) ausgedrückt.

⁵⁾ Die Betrachtung der nachfolgenden Formeln zeigt, daß sie nicht für eine Masseneinheit, sondern für eine Gewichtseinheit hergeleitet wurden (die Red.).

Folglich ist

$$\frac{g_1}{g} = \frac{r_1}{R} \text{ u. } T_1 = \frac{r_1}{R} \cdot r_1 = \frac{r_1^2}{R}.$$

D. h. die größte Arbeit (T_1) verringert sich genau wie seine Oberfläche bei Verkleinerung des Radius (r_1) des Planeten außerordentlich schnell. Wenn diese Arbeit für die Erdkugel ($r_1 = R$) R beträgt, oder 6,366 000 Kilogrammster, so beträgt sie bei einem Planeten mit einem 10mal kleineren Durchmesser 63 660 Kilogrammster (die Masseneinheit ist ein Kilogramm).

Doch auch für die Erde ist sie, von einem gewissen Standpunkt aus betrachtet, nicht sehr groß. Wenn man die Wärmeeffektivität von Erdöl mit 10 000 Kalorien angibt, was annähernd richtig ist, so läßt sich aus diesem Grund die Energie dieser Verbrennung mit einer mechanischen Arbeit von 4 240 000 Kilogrammster je Kilogramm Brennmaterial darstellen. Daraus folgt, daß für die größtmögliche Entfernung einer Masseneinheit von der Oberfläche unseres Planeten eine Arbeit notwendig ist, die potentiell in $1\frac{1}{2}$ Masseneinheiten Erdöl enthalten ist.

So benötigen wir, bezogen auf einen Menschen, der 70 Kilogramm wiegt, 105 Kilogramm Erdöl. Es fehlt nur die Fähigkeit, sich diese gewaltige Energie der chemischen Affinität nutzbar zu machen. Es wird trotzdem verständlicher, weshalb die achtfache Menge an Explosivstoffen im Verhältnis zur Masse des Gerätes letzterem helfen kann, die Erdanziehungskraft vollständig zu überwinden. Nach LANGLEY (1852–1925) gibt 1 Quadratmeter, der von senkrecht einfallenden Sonnenstrahlen beschienen wird, 30 Kalorien in der Minute ab oder 12 720 Kilogrammster.

Um die gesamte Arbeit zu erhalten, die für den Sieg eines Kilogrammes über die Erdanziehung notwendig ist, muß man einen Quadratmeter nutzen, der von Strahlen 501 Minuten oder über 8 Stunden lang beschienen wird.

Das ist alles nicht viel; doch im Vergleich der menschlichen Kraft mit der Anziehungskraft erscheint uns letztere gewaltig. Nehmen wir an, daß ein Mensch pro Sekunde 20 Zentimeter (ca. $4\frac{1}{2}$ Werschok) auf einer herrlich gebauten Leiter emporsteigt. Dann würde von ihm diese größte Arbeit erst im Verlaufe von 500 Tagen mühsamer Tätigkeit bewältigt sein, wenn wir für die tägliche Pause 6 Stunden geben. Bei der Benutzung einer Pferdestärke für den Aufstieg verkürzen wir die Arbeit um das 5fache.

Bei 10 Pferdestärken werden nur 10 Tage benötigt und bei ununterbrochener Arbeit ungefähr eine Woche.

Bei der Arbeit, die ein fliegendes Flugzeug leistet (70 Pferdestärken), genügte ein Tag. Für die Mehrzahl der Asteroiden und für die Marsmonde ist die Arbeit zur vollständigen Überwindung der Schwerkraft verschwindend klein, da die Marsmonde keinen Durchmesser größer als 10 Kilometer haben.

Wenn man für diese die Dichte der Erde von $5,5 \text{ g/cm}^3$ annimmt, so beträgt die Arbeit T_1 nicht mehr als 4 Kilogrammster. Das entspricht der Erklommung einer Birke von 2 Klaftern Höhe (ein Klafter = 2,134 m – der Übersetzer). Gäbe es auf unserem Mond, auf dem Mars vernunftbegabte Wesen, so wäre der Sieg über die Schwerkraft für sie viel leichter als wie für die Erdbewohner.

So ist für den Mond T_1 22mal kleiner als für die Erde. Auf den großen Planetoiden und den Trabanten der Planeten wäre der Sieg über den unbegrenzten Raum, oder genauer über den Raum, der die Sonne oder die Planeten umgibt, eine Kleinigkeit mit Hilfe der von mir beschriebenen Rückstoßgeräte.

Zum Beispiel ist auf der Vesta

T_1 1000mal kleiner als auf der Erde. Der Durchmesser der Vesta beträgt 375 Werst. Der Durchmesser der Metis beträgt ca. 100 Werst, und T_1 ist 15 000mal kleiner.

Aber das sind die gewaltigsten Asteroiden; die Mehrzahl ist um 5- bis 10mal kleiner. Für sie ist T_1 millionenmal kleiner als für die Erde.

Aus den vorhergehenden Formeln erhalten wir für jegliche Art von Planeten

$$\frac{T}{T_1} = \frac{h}{h + r_1} = \frac{\frac{h}{r_1}}{1 + \frac{h}{r_1}}$$

Wir haben hier die Aufstiegsarbeit T auf eine Höhe h von der Oberfläche eines Planeten mit dem Radius r_1 im Verhältnis zur vollständigen größten Arbeit T_1 dargestellt. Mit dieser Formel rechnen wir aus:

$\frac{h}{r_1} = \frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	1	2	3	9	99	Unendlich
$\frac{T}{T_1} = \frac{1}{11}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{99}{100}$	1

Die erste Zeile zeigt den Aufstieg in Planetenradien. Die zweite entspricht der Arbeit. Angenommen, die Arbeit für die vollständige Überwindung der Schwerkraft ist 1. Für den Aufstieg von der Oberfläche eines Planeten um einen Planetenradius ist es z. B. nötig, die halbe vollständige Arbeit ($1/2$) aufzuwenden. Für den Aufstieg in die Unendlichkeit ist nur die doppelte (1) notwendig. –

Die für einen Körper notwendige Geschwindigkeit, um sich von einem Planeten entfernen zu können.

Da wir öfters Geschwindigkeiten vorgaben, die der Rakete durch die Wirkung der Explosivstoffe verliehen wurden, so ist es auch interessant zu wissen, wie groß sie sein müßten, um den Widerstand der Schwerkraft überwinden zu können.

Wir werden wiederum keine banalen Rechnungen durchführen, mit deren Hilfe sich

diese Geschwindigkeiten errechnen lassen. Wir beschränken uns nur auf die Schlußfolgerungen.

So ist V_1 die für den Aufstieg der Rakete auf die Höhe h notwendige Geschwindigkeit. Danach wird sie die Geschwindigkeit V bekommen, diese ist

$$V_1 = \sqrt{V^2 + \frac{2g_1 r_1 h}{r_1 + h}}.$$

Wenn man hier annimmt, daß $V = 0$ ist, d. h. wenn sich der Körper nach oben bewegt bis zum Stillstand, der durch die Schwerkraft bewirkt wird, so erhalten wir

$$V_1 = \sqrt{\frac{2g_1 r_1 h}{r_1 + h}}.$$

Wenn h unendlich groß ist, d. h. wenn der Aufstieg unbegrenzt ist, ergibt sich die dafür an der Erdoberfläche notwendige Geschwindigkeit

$$V_1 = \sqrt{2g_1 r_1}.$$

Mit dieser Formel berechnen wir für die Erde $V_1 = 11\,170$ Meter in einer Sekunde oder 5mal schneller als die schnellste Kanonenkugel beim Verlassen der Geschützöffnung. Für unseren Mond beträgt $V_1 = 2373$ Meter in der Sekunde, d. h. das ist annähernd die Geschwindigkeit der Kanonenkugel und die Molekülgeschwindigkeit von Wasserstoff. Für den Planetoiden Agathe, der einen Durchmesser von 6 Werst hat und eine Dichte, die nicht größer ist als die Dichte der Erde (5,5), ist V_1 kleiner als 5,7 Meter in der Sekunde. Fast die gleiche Geschwindigkeit erhalten wir auch für die Trabanten des Mars. Von diesen Körpern des Sonnensystems kann man sich verhältnismäßig leicht entfernen, um sich für immer von ihren Anziehungskräften zu trennen und sich zu einem selbständigen Planeten zu machen.

Für einen Planeten, gleichdicht der Erde, erhalten wir

$$V_1 = r_1 \sqrt{\frac{2g}{R}},$$

wobei sich g und R auf die Erdkugel beziehen. Aus der Formel ist erkennbar, daß die Grenzaufstiegsgeschwindigkeit (V_1) in diesem Fall proportional dem Radius r_1 des angenommenen Planeten ist.

So erhalten wir für den größten Planetoiden Vesta, dessen Durchmesser fast 400 Kilometer beträgt, daß $V_1 = 324$ Meter in der Sekunde ist. Das bedeutet, sogar eine Gewehrkuugel verläßt die Vesta und wird zu einem Meteorstein, der sich um die Sonne

bewegt. Die letzte Formel ist für eine schnelle Veranschaulichung der Startgeschwindigkeiten von unterschiedlich großen gleichdichten Planeten geeignet. So hat die Metis, einer der größten Asteroiden, einen Durchmesser, der 4mal kleiner ist als der der Vesta. Deshalb ist die Geschwindigkeit um das gleiche kleiner, d. h. sie beträgt ungefähr 80 Meter in der Sekunde.

Ein ununterbrochenes Umkreisen der Planeten erfordert eine zweimal kleinere Arbeit und eine Geschwindigkeit, die $\sqrt{2} = 1,41$ mal kleiner ist, als sie für den Aufstieg in die Unendlichkeit erforderlich ist.

Die Flugzeit

Wir werden hier keine überaus schwierigen Formeln herleiten, die die Flugzeit des Gerätes bestimmen. Um so mehr, da diese Frage nicht neu und schon gelöst ist. Wir werden nur Bekanntes wiederholen. Wir verwenden nur eine Herleitung, die außerordentlich einfach und nützlich ist für die Lösung der einfachsten Aufgaben über die Bewegungszeit der Rakete.

Als Fallzeit t eines anfänglich unbewegten Körpers, der bei gleicher Masse in einem Punkt konzentriert ist, auf einen Planeten (oder die Sonne) erhalten wir

$$t = \frac{r_2}{r_1} \sqrt{\frac{r_2}{2g_1}} \left\{ \sqrt{\frac{r_2}{r} - 1} + \arcsin \sqrt{\frac{r}{r_2}} \right\}.$$

Hier ist r_2 der Abstand, von welchem der Körper seinen Fall beginnt. r ist die Größe des Falls; r_1 der Radius des Planeten und g_1 die Beschleunigung der Schwerkraft in dieser Zeit an dessen Oberfläche. Diese Formel drückt natürlich auch die Steigzeit von $r_2 - r$ bis r_2 aus, wenn der Körper seine gesamte Geschwindigkeit verloren hat. Angenommen, daß $r = r_2$, d. h. wenn wir die Fallzeit bis zum Zentrum des in einem Punkt konzentrierten Planeten bestimmen, so erhalten wir aus vorheriger Formel

$$t = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{r_2}{r_1} \sqrt{\frac{r_2}{2g_1}}.$$

Bei gewöhnlichen Verhältnissen ergibt diese Formel ebenso annähernd auch die Fallzeit bis auf die Oberfläche des Planeten oder die Steigzeit der Rakete von dieser Oberfläche bis zu ihrem Stillstand. Andererseits beträgt die Zeit eines vollen Umlaufes eines beliebigen Körpers, z. B. des Gerätes, um einen Planeten (oder die Sonne):

, wobei r_1 der Radius des Planeten mit der Beschleunigung g_1 an der Oberfläche ist, und r_2 ist der Abstand des Körpers vom Zentrum des Planeten.

Beide Formeln gleichsetzend erhalten wir

$$t_1 = 2\pi \frac{r_2}{r_1} \sqrt{\frac{r_2}{g_1}},$$

Daraus ergibt sich, daß das Verhältnis der Umlaufzeit irgendeines Trabanten und der Zeit seines zentralen Falles auf den Planeten, welcher in einem Punkt konzentriert ist, gleich 5,66 wäre.

Um die Fallzeit irgendeines Himmelskörpers (z. B. unserer Rakete) auf ein Zentrum (oder eben auf die Oberfläche), um welches sich dieser dreht, erhalten zu können, muß man folglich die Zeit der Sternenumkreisung dieses Körpers durch 5,66 teilen.

So erfahren wir, daß der Mond bis auf die Erde in 4,8 Tagen fällt und die Erde auf die Sonne in $64\frac{1}{4}$ Tagen.

Umgekehrt würde eine Rakete, die von der Erde geschleudert und im Mondabstand stehengeblieben ist, 4,8 Tage oder rund 5 Tage fliegen. Ebenso benötigte eine Rakete, die von der Sonne geschleudert wurde und vom Wirken der gewaltigen Kraft ihrer Anziehung und wegen der nicht ausreichenden Geschwindigkeit der Rakete im Erdabstand zum Stehen kommt, für ihren Flug ungefähr 64 Tage oder etwas mehr als 2 Monate.

$$t_1 : t = 4\sqrt{2} = 5,657.$$

Der Widerstand der Atmosphäre

Bestimmen wir die Arbeit der Rakete beim Durchdringen der Luft bei normaler geradliniger gleichmäßig beschleunigter Bewegung, so müssen wir in unserer Berechnung auch die wechselnde Dichte (d) der Atmosphäre in unterschiedlichen Höhen berücksichtigen. Sie beträgt (siehe meine Arbeit „Freiballon und Flugzeug“ von 1905)

$$d = d_1 \left\{ 1 - \frac{d_1 h}{2(A+1) \cdot f} \right\}^{2A+1}, \quad (1)$$

wobei

$$A = \frac{d_1 M T_1 C}{f}. \quad (2)$$

In diesen Formeln ist d_1 die Dichte der Luft in Meeresspiegelhöhe ($d_1 = 0,0013$); h ist die Höhenlage des Gerätes oder die Höhe des zu betrachtenden Teiles der Atmosphäre; f ist der Luftdruck bei Meeresspiegelhöhe pro Flächeneinheit ($f = 10,33$ Tonnen pro Quadratmeter); M ist das mechanische Wärmeäquivalent ($M = 424$ Tonnenmeter); T_1 ist die Nulltemperatur in absoluten Einheiten ($T_1 = 273$); C ist die Wärmekapazität der Luft bei konstantem Volumen ($C = 0,169$); so daß $A = 2,441$ ist, und die erste Formel nimmt folgende Form an

$$d = d_1 \left(1 - \frac{h}{h_1} \right)^a; \quad (3)$$

hier ist

$$a = 2A + 1 = 5,88, \quad (4)$$

und $h_1 = 54\,540$ Meter und drückt die größtmögliche Höhe der Atmosphäre unter den angenommenen Voraussetzungen aus. Und wirklich, wenn in Formel (1) $d = 0$ ist, so wird h die Höhe der Atmosphäre ausdrücken, und aus (1) erhalten wir

$$h = \frac{2(A+1)f}{d_1}. \quad (5)$$

Diese Höhe mit h_1 bezeichnend, erhalten wir Formel (3). Obwohl diese Höhe mit $54\frac{1}{2}$ Kilometern äußerst klein ist, wie aus der Beobachtung von fallenden Sternen zu erkennen ist, gibt es jedoch keinen Zweifel darüber, daß die Atmosphäre höher als 54 Kilometer schon so dünn ist, daß man ihren Widerstand kühn vernachlässigen kann.

Wenn man die Dichte der Lufthülle in dieser Höhe errechnet, dabei eine konstante Temperatur wie in Meeresspiegelhöhe und die Unbegrenztheit der Atmosphäre annimmt, so erhalten wir in diesem Fall $\frac{d}{d_1} = 0,001$. D. h. in dieser Höhe ist die Luft 1000mal verdünnt. Das bedeutet, höher als 54 Kilometer bleibt nicht mehr als ein Tausendstel (0,001) der Masse der gesamten Atmosphäre übrig.

Doch dank der Temperaturabnahme ist diese übrige Masse unvergleichbar kleiner. Das Differential (T) des Widerstandes wird so ausgedrückt:

$$dT = F dh, \quad (6)$$

wobei F den Luftwiderstand gegen die Bewegung des Gerätes ausdrückt. Sie ist

$$F = \frac{kS dV^2}{2gU}. \quad (7)$$

Hier ist k ein Koeffizient, der nach LANGLEY 1,4 beträgt; S ist die Fläche des größten Querschnitts des Gerätes; d die Dichte der Luft an der Stelle, an der sich die Rakete im gegebenen Moment bewegt; d ist natürlich eine variable Größe, weil mit Vergrößerung der Höhe des Ortes die Dichte der Luft schnell fällt; V ist die Geschwindigkeit der Bewegung des Gerätes; g die Erdbeschleunigung an der Oberfläche des Planeten ($g = 9,8$); U – der Ausnutzungsgrad oder die Nützlichkeit der Form der Rakete, eine Zahl, die zeigt, um wieviel Mal sich der Widerstand dank der vogelähnlichen Form des Gerätes, verglichen mit dem Querschnittswiderstand der größten Fläche, verringert. Dieses U ist auch eine variable Größe. Wie vielfache Versuche zeigten, vergrößert sie sich mit der Zunahme der Geschwindigkeit V des sich bewegenden Körpers.

Übrigens muß man sagen, daß sie sich auch mit Wachsen seiner Ausmaße vergrößert. – U nehmen wir als konstante Größe an, weil deren Abhängigkeit von der Geschwindigkeit V eine sehr umstrittene Frage ist. Da weiterhin der Luftwiderstand im Vergleich mit dem Druck auf die Rakete durch die Explosivstoffe nicht groß ist (ca. 1 Prozent und weniger), so kann man die Geschwindigkeit V des Gerätes wie folgt annehmen

$$V = \sqrt{2(p-g) \cdot h}, \quad (8)$$

wobei $(p-g)$ die wirkliche Beschleunigung des Gerätes in einer Sekunde ist. Diese Sachlage, die Geschwindigkeit berücksichtigend, vergrößert die Arbeit des Atmosphärenwiderstandes und gleicht folglich den Fehler, der durch die angenommene Einschränkung der Höhe der Atmosphäre entstanden ist, aus. Auf der Grundlage der dritten und der letzten drei Gleichungen erhalten wir:

$$dT = b \left(1 - \frac{h}{h_1}\right)^a h \cdot dh, \quad (9)$$

hierbei ist

$$b = \frac{k d_1 S (p-g)}{U \cdot g} \quad (10)$$

und

$$a = 5,88. \quad (4)$$

Schrittweise integrierend und die Konstante bestimmend erhalten wir

$$T = b \left\{ \frac{h_1^2}{(a+1)(a+2)} \left[1 - \left(1 - \frac{h}{h_1}\right)^{a+2} \right] - \frac{h_1 h}{a+1} \left(1 + \frac{h}{h_1}\right)^{a+1} \right\}. \quad (11)$$

Wenn wir hier setzen $h = h_1$, so erhalten wir die vollständige Arbeit (T_1) des Atmosphärenwiderstandes, nämlich:

$$T_1 = \frac{bh_1^2}{(a+1)(a+2)} \quad (12)$$

Wir geben vor: $k = 1,4$; $d = 0,0013$; $S = 2 \text{ m}^2$; $\frac{P}{g} = 10$; $g = 9,8 \text{ m/sec}^2$

$U = 100$; dann ist $b = 0,0003276$; $a = 5,88$ und $h_1 = 54 \text{ 540 m}$.

Jetzt rechnen wir nach (12) $T_1 = 17 \text{ 975}$ Tonnenmeter aus.

Die Arbeit von einer Tonne Explosivstoff bei der Erzeugung von einer Tonne Wasser aus Sauerstoff und Wasserstoff beträgt 1 600 000 Tonnenmeter. Würde ein Gerät mit allen Vorrichtungen und Reisenden eine Tonne wiegen und der Explosivvorrat hätte die sechsfache Größe, eben 6 Tonnen, so besäße die Rakete eine potentielle Energie von 9 600 000 Tonnenmeter. Mehr als die Hälfte dieser Energie wandelt sich in mechanische Arbeit für die Bewegung der Rakete um. So ergibt sich, daß die Arbeit des Atmosphärenwiderstandes in diesem Falle nur ca. $\frac{1}{300}$ der Arbeit der Schwerkraft beträgt.

Das gleiche können wir erhalten, wenn wir die Arbeit des Atmosphärenwiderstandes (17 975) direkt mit der vollständigen Arbeit der Schwerkraft (6 336 000) vergleichen. Wir erhalten ca. $\frac{1}{353}$.

t	V	h	d
0	0	0	1
1	90	45	—
2	180	180	—
3	270	450	—
5	450	1 125	1:1,13
7	630	2 205	—
10	900	4 500	1:1,653
15	1 350	10 125	—
20	1 800	18 000	1:10,63
30	2 700	40 500	1:28,28
40	3 600	72 000	Nahe an Null
50	4 500	112 500	Nahe an Null
70	6 300	220 500	0
100	9 000	450 000	0
113	9 900	574 600	0

Ich führe diese Tabelle an, die uns unter den von uns angenommenen Bedingungen zeigt: die Zeit in Sekunden vom Beginn des vertikalen Fluges, die dementsprechende Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde, die Höhe des Aufstieges in der gleichen Meterangabe, die Dichte der umgebenden Luft, (die Dichte in Meeresspiegelhöhe mit

eins annehmend) und die gleichmäßige Verringerung der Temperatur mit steigender Höhe in 5 °C.

Die gesamte Zeit der Explosion setzt sich bei sechsfacher Menge an Explosivstoffen 113 Sekunden lang fort, wobei das Gerät am Ende dieser Zeit eine Geschwindigkeit von 9900 Metern in der Sekunde besitzt und auf eine Höhe von 575 Kilometern steigt. Der weitere Aufstieg wird durch die Trägheit hervorgerufen.

Die Arbeit des Atmosphärenwiderstandes ist verschwindend klein. Aber der Verlust bei vertikaler Bewegung dagegen, der durch die Schwerkraft entsteht, ist nicht so gering. Genauer gesagt, der erste Verlust ist um 35mal kleiner als der zweite. Deshalb ist es vorteilhaft, den Weg der Raketenbewegung so zu neigen, daß die vergleichsweise kleine Größe um einiges größer wird. Gemeint ist damit der Luftwiderstand. Gleichzeitig damit verringert sich die vergleichsweise bedeutende Größe, gemeint ist der Energieverlust durch die Wirkung der Schwerkraft.

Es ist unschwer zu erkennen, daß die Arbeit des Luftwiderstandes annähernd proportional $\text{cosec}^2 (\alpha - 90^\circ)$ ist, wobei $(\alpha - 90^\circ)$ den Neigungswinkel der Bewegung des Gerätes zum Horizont darstellt. Wir geben hier eine Tabelle vor, für deren Aufstellung uns das vorhergehende Gesetz gedient hat. Sie ist zufriedenstellend genau bei einer gewissen Abweichung vom horizontalen Flug.⁶

$\alpha - 90$ Grad	Verluste		Summe der Verluste	Verluste, wenn die Nützlichkeit der Form $U = 25$ beträgt	Summe der Verluste
	durch Schwerkraft	durch die Atmosphäre $U = 100$			
0	0,010	—	—	—	—
2	0,014	0,0834	0,0974	0,328	0,342
5	0,020	0,0341	0,0541	0,136	0,156
10	0,027	0,0171	0,0441	0,068	0,095
15	0,035	0,0115	0,0465	0,044	0,079
20	0,045	0,00869	0,05618	0,035	0,080
30	0,057	0,00599	0,06294	0,024	0,081
40	0,070	0,00462	0,07462	0,018	0,088
45	0,075	0,00420	0,07920	0,017	0,092
90	0,100	0,00297	0,10297	0,012	0,112

Die erste Spalte zeigt die Abweichung des Fluges von der Horizontalen in Grad, die vierte zeigt die Summe aller Verluste in dem Falle, wenn die Brauchbarkeit U der Raketenform mit 100 angenommen wird. Die letzte Summe an Verlusten gilt, wenn die Brauchbarkeit U der Form mit 25 angenommen wird.

Nach Spalte 4 liegt die günstigste Neigung zum Horizont zwischen 10 und 15 Grad. Bei der viermal kleineren Ausnutzung der Form beträgt die günstigste Neigung schon 15–30 Grad. Im ersten Fall beträgt der Verlust 0,044 der gesamten Bewegungsenergie der Rakete, die sie im Raum ohne Schwerkraft durch die Explosivstoffe besitzt, oder

anders gesagt ca. $4\frac{1}{2}$ Prozent. Im zweiten Fall beträgt der Verlust 0,079 oder ca. 8 Prozent.

Im Raum ohne Schwerkraft beträgt bei sechsfacher Menge an Explosivstoffen (verglichen mit dem Gewicht des übrigen) die Ausnutzung 0,63 der gesamten verborgenen Energie.

Im ungünstigsten Falle, 8 Prozent dieser Zahl abgezogen, ergibt sich bei schräger Bewegung eine Ausnutzung der chemischen Energie des Explosivmaterials von 58 Prozent. Die Arbeit des Luftwiderstandes kann man um einiges verringern, wenn man den Flug von der Spitze eines hohen Berges beginnt oder die Rakete mit Hilfe eines Luftschiffes auf eine größere Höhe anhebt und den Flug von dort beginnt. So verringert der Flug aus einer Höhe von 50 Werst die Arbeit des Luftwiderstandes um die Hälfte und ein Flug von einer Höhe von 10 Werst um ein Viertel.⁷

Das Flugbild

Relative Erscheinungen

Obwohl es bis zum Ausflug in den Raum noch „ach wie weit“ entfernt ist, nehmen wir einmal an, daß alles schon bereit ist. Alles ist erfunden, verwirklicht, erprobt. Wir haben uns schon in der Rakete eingerichtet und uns auf den Aufstieg vorbereitet, und unsere Freunde beobachten uns.

⁹⁾ Später hat Ziolkowski diese Tabelle wie folgt berichtigt

Neigungswinkel der Bahn zum Horizont $90^\circ - \alpha$	$\sin (90^\circ - \alpha)$	$\operatorname{cosec} (90^\circ - \alpha)$	Energieverluste			
			durch die Schwerkraft	$\operatorname{cosec}^2 (90^\circ - \alpha)$	durch die Atmosphäre $U = 100$	durch Schwerkraft und Atmosphäre
0	1	∞	0,010	∞	∞	—
2	0,0349	28,7	0,014	824	2,47	2,48
5	0,0872	11,5	0,020	132	0,395	0,415
10	0,174	5,75	0,027	33,1	0,099	0,126
15	0,259	3,86	0,035	14,9	0,0477	0,0827
20	0,342	2,92	0,045	8,53	0,0255	0,0705
30	0,643	2,00	0,057	4,0	0,0120	0,069
40	0,500	1,56	0,070	2,43	0,0073	0,0773
45	0,707	1,41	0,075	1,99	0,0059	1,0809
90	1,000	1,00	0,100	1,00	0,0030	1,1030

⁷⁾ Die Berechnung der Größen der Arbeit der Widerstandskräfte der Luft ist ungenau, aber die qualitativen Schlußfolgerungen sind richtig (die Redaktion).

Wir werden die Erscheinungen der Rakete zuschreiben. Unsere Bekannten schreiben sie der Erde zu, die Astronomen des Mars ihrem Planeten usw. Die ganzen Erscheinungen werden relativ und überhaupt nicht einheitlich sein. Denn jede Art von Erscheinungen ist nebenbei gesagt, auch von der Form der Bewegung des Gegenstandes abhängig, auf den sich die Erscheinung bezieht.

Wir, die wir uns auf den Weg gemacht haben, werden überaus sonderbare, insgesamt aber wunderbare, unerwartete Empfindungen verspüren. Mit deren Beschreibung beginnen wir auch. Das Zeichen wurde gegeben. Die Explosion begann, begleitet von einem ohrenbetäubenden Krach. Die Rakete hat sich emporgehoben und auf die Bahn begeben. Wir spüren, daß wir furchtbar schwer geworden sind. Meine 4 Pud⁶⁾ Gewicht sind zu 40 Pud geworden. Ich bin auf den Boden gefallen, bin in kleine Stücke zer schlagen. Es ist möglich, daß ich sogar gestorben bin. Für die Beobachtungen bleibt da keine Zeit mehr! Es gibt ein Mittel, um solch eine furchtbare Schwerkraft ertragen zu können, und das wird in einer Art Verpackung oder in einer Flüssigkeit sein (darüber später).

Umgeben von Flüssigkeit werden wir schwerlich zu Beobachtungen in der Lage sein. Wie dem auch sei, die Schwere in der Rakete ist anscheinend um 10mal größer geworden. Das verkünden uns Federwaagen oder ein Dynamometer. Ein Pfund Gold an deren Haken gehängt, verwandelt sich in 10 Pfund; das beschleunigte Schwingen eines Pendels (um ca. 3mal schneller); der schnellere Fall von Gegenständen; das Verkleinern der Tröpfchengröße (der Durchmesser verkleinert sich 10mal); das Schwererwerden aller Sachen und viele andere Erscheinungen. (Siehe die Formeln nach Nr. 28.)

Falls sich die Dichte der Erde um das 10fache vergrößern würde oder falls wir auf einen Planeten kämen, wo die Anziehung 10mal größer wäre als auf der Erde, so würden wir die Erscheinungen in der Rakete durch nichts von den Erscheinungen auf dem Planeten mit der verstärkten Schwerkraft unterscheiden können. Sie könnte in der Rakete auch kleiner sein. Doch dann wird die Explosionszeit größer, und die Rakete erreicht bei dem gleichen Materialverlust eine kleinere Höhe oder ihr wird eine kleinere Geschwindigkeit verliehen. Wir wählen den Fall des vertikalen Aufstieges. Dann ist die Richtung der relativen Schwerkraft die gleiche wie auf der Erde. Bei schrägem Start würden wir eine Veränderung der Richtung der relativen Schwerkraft um nicht mehr als 90° feststellen und bei günstigstem Start um 75°–80°, verglichen mit ihrer Richtung auf der Erde an dieser Stelle. Falls wir in einem solchen Fall aus dem Fenster der Rakete sähen, würde uns die Erde fast wie eine vertikale Wand erscheinen, die auf der einen Seite in den Himmel führen würde und auf der anderen in den Abgrund.

Die von uns ausgestandene höllische Schwerkraft wird sich 113 Sekunden oder ca. 2 Minuten lang fortsetzen, solange bis die Explosion und ihr Getöse zu Ende sind.

Danach, wenn eine Totenstille eingetreten ist, verschwindet die Schwerkraft genauso plötzlich, wie sie gekommen ist. Jetzt sind wir über die Grenze der Atmosphäre hinaus aufgestiegen, auf eine Höhe von 575 Kilometern. Die Schwerkraft ist nicht nur schwächer geworden, sondern spurlos verschwunden. Wir spüren nicht einmal mehr die irdische Schwerkraft, an die wir gewöhnt waren wie an die Luft. Doch sie ist für uns durchaus

⁶⁾ altes russisches Gewicht 1 Pud = 16,3 kg

nicht so notwendig, wie letztere. 575 Kilometer, das ist sehr wenig, das ist fast an der Erdoberfläche, und die Schwerkraft müßte sich nur unbedeutend verringert haben. So ist es auch. Doch wir haben es mit relativen Erscheinungen zu tun, und für sie gibt es keine Schwerkraft.

Die Erdanziehungskraft wirkt gleichermaßen auf die Rakete und auf die in ihr befindlichen Gegenstände. Deshalb gibt es keinen Unterschied in der Bewegung der Rakete und der in ihr untergebrachten Gegenstände. Sie trägt ein und derselbe Schwall fort, ein und dieselbe Kraft. Für die Rakete ist es, als gibt es keine Schwerkraft. Davon sind wir durch mehrere Anzeichen überzeugt. Alle nicht an der Rakete befestigten Gegenstände haben sich von ihrem Platz entfernt und hängen in der Luft, ohne etwas zu berühren. Und falls sie sich auch berühren, so üben sie keinen Druck aufeinander und auf ihre Halterung aus. Wir selbst berühren den Boden auch nicht und nehmen eine beliebige Lage und Richtung ein; wir stehen auf dem Boden, auch auf der Zimmerdecke und auf der Wand; stehen senkrecht und schräg; schwimmen im Zentrum der Rakete wie Fische, jedoch ohne Anstrengung, und wir berühren nichts; nicht ein Gegenstand stößt einen anderen, falls man sie nicht zusammendrückt. Wasser läßt sich nicht aus der Karaffe gießen. Das Pendel schaukelt nicht und hängt zur Seite. Eine gewaltige Masse, die am Haken einer Federwaage hängt, ruft kein Spannen der Feder hervor. Sie zeigt immer Null. —

Balkenwaagen erweisen sich auch als nutzlos. Ihre Waagebalken nehmen jede Lage an, gleichgültig und unabhängig vom Gleichgewicht oder Ungleichgewicht der Gewichte auf den Waagschalen. Gold darf man nicht nach Gewicht verkaufen. Die Masse darf man nicht mit herkömmlichen irdischen Methoden bestimmen.

Öl, welches mit einigem Aufwand aus einer Flasche herausgeschüttelt wurde (weil der Druck oder die Elastizität der Luft, die wir in der Rakete atmen, störte), nimmt die Form einer in sich schwingenden Kugel an. Nach einigen Minuten hört das Schwingen auf, und wir haben eine vortrefflich genaue flüssige Kugel. Wir teilen sie in Stücke — und erhalten eine Gruppe kleinerer Kugeln unterschiedlicher Größe. Das alles kriecht in die unterschiedlichsten Richtungen. Es kriecht die Wände entlang und benetzt diese.

Das Quecksilberbarometer ist bis obenhin gestiegen, das Quecksilber hat das ganze Rohr ausgefüllt. Das zweisäulige Siphon gießt kein Wasser um. Ein vorsichtig aus der Hand gegebener Gegenstand fällt nicht, und ein angestoßener bewegt sich geradlinig und gleichmäßig, solange er nicht an eine Wand, nicht an irgendeinen Gegenstand stößt, um erneut in Bewegung zu geraten, dann aber mit kleinerer Geschwindigkeit. Im allgemeinen dreht er sich während dieser Zeit wie ein Kinderkreisel. Es ist sogar schwer, einen Körper anzustoßen, ohne ihn in Drehung zu versetzen.

Uns geht es gut, wie auf einem feinen Federbett. Jedoch das Blut steigt uns etwas in den Kopf. Für Vollblütige ist das schädlich. Wir sind zu Beobachtungen und zu Überlegungen fähig. Ungeachtet dessen, daß die gewaltige Hand der Erde ununterbrochen mit riesiger Kraft den Aufstieg des Gerätes bremst, d. h. die Erdanziehungskraft setzt nicht für einen Moment aus, fühlen wir in der Rakete das gleiche wie auf dem Planeten. Die Schwerkraft ist durch irgendein Wunder verschwunden oder ist durch die Zentrifugalkraft aufgehoben.

Alles ist so still, gut, ruhig. Wir öffnen die äußeren Fensterläden aller Fenster und schauen durch dicke Glasscheiben in alle sechs Richtungen. Wir sehen zwei Himmel,

zwei Halbkugeln, die zusammen einen Raum darstellen, in dessen Mitte wir uns anscheinend befinden. Wir sind wie in einem Ball, der aus zwei unterschiedlich gefärbten Hälften besteht. Die eine Hälfte ist schwarz – mit Sternen und der Sonne; die andere ist gelblich – mit einer Vielzahl von hellen und dunklen Flecken und mit ausgedehnten nicht ganz so hellen Flächen. Das ist die Erde, von der wir uns gerade erst verabschiedet haben. Sie scheint uns nicht so gewölbt wie eine Kugel, sondern im Gegenteil, nach den Gesetzen der Perspektive konkav (hohl), wie eine runde Schüssel, in deren Inneres wir schauen.

Im Monat März sind wir um die Mittagszeit vom Äquator losgeflogen. Deshalb nimmt die Erde fast den halben Himmel ein. Abends oder morgens losfliegend, würden wir sehen, daß sie ein Viertel des Himmels in der Art einer gigantischen gebogenen Sichel verdecken würde. Um Mitternacht würden wir bloß eine Zone oder einen Ring sehen, der in purpurner Farbe erstrahlt – der Farbe des Morgenrots. Dieser Ring teilt den Himmel in zwei Hälften: eine Hälfte ohne Sterne, sie ist fast schwarz; etwas rötlich, die andere – schwarz, wie Ruß, übersät mit einer unendlich großen Menge vergleichbar heller, aber nicht flimmernder Sterne.

Mit dem Grad der Entfernung von der Erdoberfläche und dem Aufstieg in die Höhe wird alles kleiner und immer kleiner, aber dafür schärfer und immer schärfer.

Die Erdkugel, in dieser Form oder in Form einer Sichel oder Schüssel, verkleinert sich scheinbar. Wir überschauen absolut gleichzeitig einen immer größer und größer werdenden Teil ihrer Oberfläche. So erscheint sie uns in Form einer gewaltigen Schüssel, die sich schrittweise verkleinert und zu einem Schüsselchen wird. Im weiteren erscheint sie dann wie ein Mond.

Ein Oben und ein Unten gibt es in der Rakete nicht, weil es keine Bezugsschwerkraft gibt. Ein Körper ohne Halt wird zu keiner der Wände in der Rakete streben. Subjektive Empfindungen von oben und unten bleiben trotzdem erhalten. Wir fühlen das Oben und das Unten. Nur ihre Plätze vertauschen sich mit Veränderung der Ausrichtung unseres Körpers im Raum. Die Richtung, in der unser Kopf sich befindet, sehen wir als oben an. Da wo die Beine sind, ist unten. Ebenso wenn wir mit dem Kopf in Richtung unseres Planeten weisen, zeigt er sich uns in der Höhe. Wenn wir mit den Füßen auf ihn weisen, versenken wir ihn in den Abgrund, weil er uns als unten erscheint. Das Bild ist grandios und beim ersten Mal furchtbar – dann gewöhnen wir uns daran, und in Wirklichkeit verlierst du die Vorstellung von oben und unten.

Unsere Freunde haben von der Erde aus beobachtet, wie die Rakete anfängt zu heulen und sich von ihrem Platz losreißend, ähnlich einem fallenden Stein, nur in entgegengesetzter Richtung nach oben geflogen ist und 10mal energischer. Die Geschwindigkeit der Rakete steigt zum Himmel hin immer mehr. Doch das festzustellen, ist in Folge ihrer schnellen Bewegung schwer. Im Verlaufe einer Sekunde ist die Rakete schon auf eine Höhe von 45 Metern gestiegen. Nach 5 Sekunden ist sie schon in Höhe einer Wurst, nach 15 Sekunden von 10 Wurst, so können wir sie nur noch mit Mühe in der Form eines dünnen vertikalen Striches erkennen, welcher schnell nach oben strebt. Nach einer halben Minute ist sie schon in einer Höhe von 40 Kilometern. Doch wir fahren fort, sie frei mit dem unbewaffneten Auge zu sehen, weil sie sich dank der immer steigenden Geschwindigkeit der Bewegung bis zur Weißglut erhitzt hat (wie ein Meteorstein). Ihre schützende schwerschmelzende und nichtoxydierende Hülle strahlt wie ein

Stern. Länger als eine Minute dauerte dieser Leuchtflug. Danach hört das allmählich auf, weil sich die Rakete, die Atmosphäre verlassend, nicht mehr an der Luft reibt, sich abkühlt und allmählich erlischt. Jetzt kann man sie nur mit Hilfe eines Teleskops ausfindig machen.

Die Hitze ist nicht bis zu uns in der Rakete vorgedrungen, weil wir von einer schwerwärmeleitenden Hülle umgeben waren, die uns gegen Verbrennungen sicherte. Außerdem hatten wir eine gewaltige Kältequelle: die Verdampfung der flüssigen Gase. Und zu sichern galt es ein, zwei Minuten lang.

Das scheinbare Fehlen der relativen Schwerkraft im Gerät setzt sich die ganze Zeit fort, solange keine Explosionen sind und solange sich die Rakete nicht dreht. Sie bewegt sich von der Erde fort dicht an ihrer Oberfläche. Oder die Rakete bewegt sich in einem gewaltigen Abstand von ihrem Planeten auf dieser oder jener gekrümmten Flugbahn. Eine Schwerkraft ist nicht vorhanden. Die Rakete eilt um die Sonne, sie fliegt zu den Sternen. Sie setzt sich einer starken oder einer schwachen Einwirkung aller Sonnen und aller Planeten aus – eine Schwerkraft ist nicht zu spüren. Alle Erscheinungen, die der Umgebung eigen sind, ausgenommen die Schwerkraft, sind in der Rakete zu spüren und nach wie vor um sie herum. Diese Schlußfolgerung ist nicht ganz genau, aber ungefähr ist sie wahr. Den Einfluß dieser Ungenauigkeit darf man nicht nur in den Grenzen des Raketenraumes außer acht lassen, sondern das gilt auch für zehn, hundert und manchmal auch tausend Werst um sie herum. Eine gewisse, aber geringe Bedeutung hat noch die Anziehungskraft der Rakete selbst sowie die ihrer Reisenden und der von ihnen für Beobachtungen mitgenommenen Gegenstände. Doch ihre Wirkung aufeinander ist sehr gering und ist feststellbar durch Verschiebung ansonsten unbewegter Gegenstände im Verlaufe von Stunden. Falls sich die Gegenstände wenigstens geringfügig bewegen, ist es nicht möglich, das Einwirken eines Newtons an Schwerkraft festzustellen.

Rund um die Erde

Wenn man die Explosion begrenzt, kann man sich auf eine gewünschte Höhe erheben; fast die ganze Geschwindigkeit verlieren. Um nicht zurück auf den Planeten zu fallen, wenden wir das Gerät mit Hilfe von rotierenden Teilen in der Rakete und lösen eine erneute Explosion in die Richtung aus, die senkrecht zur anfänglichen liegt.

Erneut wird eine relative Schwerkraft erzeugt. Nur in diesem Falle können wir deren überaus kleine Größe eingrenzen. Erneut wiederholen sich alle gut bekannten Erscheinungen des Schwerkraftraumes. Erneut verschwinden diese. Es treten Ruhe und Frieden ein, doch jetzt wird die Rakete schon vor einem Absturz bewahrt, sie erhält eine Geschwindigkeit, eine Normale zum Radiusvektor, und damit eine ähnliche Kreisbahn wie der Mond. Und sie wird, ähnlich wie letzterer, ewig um die Erde kreisen (darüber im Kapitel „Kurvenartige Bewegungen des Gerätes und dessen Geschwindigkeit“).

Jetzt können wir uns vollkommen beruhigen, weil die Rakete eine „beständige“ Lage angenommen hat: sie ist zum SPUTNIK der Erde geworden. –

Von der Rakete aus ist eine gewaltige Planetenkugel in dieser oder jener Phase zu sehen, wie beim Mond. Es ist zu sehen, wie sich die Kugel dreht, wie sie in einigen Stunden all ihre Seiten der Reihe nach zeigt. Je näher sie an der Rakete heran ist, um so gewaltiger scheint sie, um so gewölbter, ausgestreckter ist entlang des Horizontes ihre bizarre Form, um so mehr Glanz verleiht sie ihrem Sputnik (der Rakete), um so schneller kreist letzterer um seine Mutter – die Erde. Dieser Abstand kann so klein sein, daß ein Umlauf in zwei Stunden bewältigt ist. Wir werden auf verschiedene Punkte der Erde im Verlauf von wenigen Minuten und aus verschiedenen Richtungen sehen können und das sehr nahe. Dieses Bild wird dermaßen majestätisch, fesselnd, unendlich vielgestaltig sein, daß ich es mir und Ihnen von ganzem Herzen wünsche, es zu sehen. Bei dieser zweistündigen Umdrehung verdunkelt sich die Rakete alle zwei Stunden, wenn sie in den Erdschatten und die Nacht eintaucht. Letztere dauert weniger als eine Stunde, danach scheint mehr als eine Stunde die Sonne, den Platz der Finsternis einnehmend.

Falls wir eine große Lichtmenge nutzen wollten, d. h. größer als die der Tagesdauer, müßten wir uns entweder von der Erde entfernen oder uns nicht in Richtung des Äquators, sondern in Meridianrichtung bewegen, so daß unser Weg die Pole der Erde schneiden würde. In solch einem Falle, d. h., wenn die Bahn der Rakete eine Normale zu den Strahlen der Sonne ist, selbst bei einem vergleichsweise kleinen Abstand vom Planeten, nutzen wir den langen Tag, der einen Monat und länger andauert. Die Bilder der Erde sind dann noch vielgestaltiger, bezaubernder und unerwarteter, weil die erleuchteten Teile der Erde plastisch zu sehen sein werden. Außerdem bewegen sie sich schnell. Besonders gut ließen sich die Pole betrachten. Die Bewegung unserer Rakete bemerken wir nicht, so wie wir die Bewegung der Erde nicht bemerken (wenn wir uns auf ihr befinden). Wir haben das Gefühl, daß der Planet selbst mit seinem zauberhaften Horizont um uns herumzieht: Die Rakete stellt für unsere Gefühle das Zentrum des Weltalls dar, wie ehemals die Erde! . . .

Kurvenartige Bewegungen des Gerätes und dessen Geschwindigkeit

Bei vertikalem Aufstieg der Rakete und bei Fehlen der Erddrehung wird die relative Bahn der Rakete von einfachster Art sein. Sie ist eine gerade Linie von größerer oder kleinerer Länge in Abhängigkeit von der Menge der Explosivstoffe.

Derart ist auch die Bahn der Rakete bei ihrem Start von den Polen eines sich drehenden Planeten, wenn wir die Einwirkung anderer Himmelskörper vernachlässigen. Wenn die Menge an Explosivstoffen 8mal größer ist als die Masse des Gerätes, hat die Bahn der Rakete, die ihren Anfang an der Erdoberfläche hat, auf der anderen Seite kein Ende. Sie ist unendlich, und die Rakete kehrt niemals auf die Erde zurück. Vorausgesetzt wäre natürlich das Fehlen von Himmelskörpern oder deren Schwerkraft.

Bezogen auf die Erde beträgt die kleinste Geschwindigkeit für die Entfernung von ihr ins Unendliche 11 170 Meter in der Sekunde oder mehr als 10 Werst in der Sekunde.

Die langsame Drehung des Planeten, die bei allen mittleren und kleinen Planeten des Sonnensystems zu bemerken ist, angefangen mit der Erde, verändert unmerklich die Geradlinigkeit des Fluges. Und zwar wandelt sich die Bahn der Rakete in eine überaus verlängerte Ellipse im Falle der Rückkehr des Gerätes zur Erde, in eine Parabel oder Hyperbel im Falle der unendlichen Entfernung von dieser.

Über die Flugbahn des Gerätes sprechend, haben wir deren vergleichsweise kurzen Abschnitt außer acht gelassen, welcher der Explosionszeit entspricht. Dieser ist übrigens auch annähernd eine gerade Linie, falls sich die Explosionsrichtung nicht ändert.

Zu Beginn, während der Explosionszeit, wird die Bewegung der Rakete schnell beschleunigt. Im weiteren ändert sich die Geschwindigkeit schon langsamer – unter dem Einfluß der Anziehungskraft. Und zwar verringert sich beim Aufstieg oder der Entfernung vom Zentrum des Planeten die Geschwindigkeit, die dem Gerät durch die Explosion verliehen wurde. Bei Annäherung oder Fall vergrößert sich diese.

Bei unendlicher Entfernung im Verlaufe einer nicht enden wollenden Zeit nähert sich die Geschwindigkeit des Gerätes mehr und mehr Null oder irgendeiner konstanten Größe an. In diesem oder in jenem Fall wird die Rakete trotzdem niemals zum Stillstand kommen oder niemals auf die Erde zurückkehren, wenn man den Widerstand des Äthers und die Anziehung anderer Himmelskörper nicht berücksichtigt. – Aber ein senkrechter Start ist unvorteilhaft. Vorteilhafter ist ein geneigter. Im Falle des anfänglich (d. h. zur Zeit der Explosion) horizontalen Fluges ist die Bahn des Gerätes eine Kurve der 2. Ordnung, eine Tangente zur Erdkugel an der Stelle des Beginns der Bewegung,

Bei verhältnismäßig ungenügender Menge an Explosivstoffen (weniger als 3–4) wird ein Flug nicht stattfinden, und die Rakete berührt die Erde oder fällt auf den Planeten herab wie eine horizontal abgefeuerte herkömmliche Kanonenkugel.

Falls die Geschwindigkeit des Gerätes durch die Wirkung der Explosivstoffe um $\sqrt{2}$ ($\sqrt{2} = 1,41 \dots$) kleiner ist als die kleinste Geschwindigkeit, die für die Entfernung ins Unendliche notwendig ist (11 170 m/sec), so ist die Bahn der Rakete ein Kreis, der zu-

sammenfällt mit dem großen Kreis der Erdkugel (mit dem Äquator oder dem Meridian). Dieser Fall findet ebenfalls keine Anwendung, weil das Gerät, welches ununterbrochen in der Erdatmosphäre fliegt, durch den Luftwiderstand schnell all seine Geschwindigkeit verliert und auf die Erde fällt. Doch wenn es die Atmosphäre nicht gäbe oder falls das Gerät seinen Flug von einem Berg aus beginnen würde, der mit seinen Spitzen über die Grenzen des Luftozeans herausragte, so wäre die Bahn der Rakete kreisförmig und dauerhaft. Sie würde niemals auf die Erde fallen, so wie der Mond. Offensichtlich ist auch das nicht möglich.

Auf der Grundlage des Gesagten errechnen wir die für die Kreisbewegung erforderliche Geschwindigkeit ungefähr mit 8 Kilometern in einer Sekunde oder mit 7904 Metern in der Sekunde.⁹⁾

Wenn man die Erddrehung ausnutzt und das Gerät auf dem Äquator in Richtung der Bewegung der Äquatorpunkte der Erdkugel startet, so verringert sich die notwendige Geschwindigkeit um 465 Meter in der Sekunde (das ist die größte Drehgeschwindigkeit von Erdpunkten), d. h., sie wird für das Gerät 7441 Meter in der Sekunde betragen. Der Gewinn ist, wie zu sehen, gering. Die erforderliche diesbezügliche Menge an Explosivstoffen läßt sich mit der Zahl 3 bis 4 angeben (wenn man das Gewicht der Rakete mit 1 annimmt.)

Die Arbeit für die Bewegung auf einer Kreisbahn ist genau halb so groß wie die minimale Arbeit für die unendliche Entfernung vom Planeten. Bei noch größerer Erhöhung der Geschwindigkeit der Rakete erhält man eine Ellipse, die allmählich die Grenzen der Atmosphäre durchbricht. Ein weiteres Ansteigen der Geschwindigkeit wird die Ellipse mehr und mehr in die Länge ziehen, solange bis sie sich in eine Parabel verwandelt. In diesem Falle sind die Arbeit und die Geschwindigkeit, die für das Gerät notwendig sind im Kampf gegen die Anziehungskraft, die gleichen wie auch für die endgültige Entfernung vom Planeten in Richtung des Radius desselben. (Für die Erde sind das 11 170 Meter in der Sekunde.) Bei noch größeren Geschwindigkeiten ist die Bahn der Rakete eine Hyperbel. In all diesen Fällen verliert das Gerät durch den Atmosphärenwiderstand über die Maßen. Deshalb ist auch diese tangentielle Bahn der Rakete in der Praxis nicht anwendbar.

Wir haben gesehen, daß die wirkungsvollste Bahn der Geräte, eine um 10–15 Grad geneigte zum Horizont ist. Dabei gehen unter dem Einfluß der Schwerkraft und des Atmosphärenwiderstandes nur 4½ Prozent der Energie verloren, die die Rakete im schwerelosen Raum besäße. Die Bahn der Rakete wäre in diesem Fall die gleiche, d. h. eine der Kurven der zweiten Ordnung (Ellipse, Parabel und Hyperbel), nur daß diese Kurve schon keine Tangente zur Oberfläche der Erdkugel mehr wäre.

Falls die Menge an Explosivstoffen nicht ausreichend ist, so kehrt die Rakete, einen Teil der Ellipse beschreibend, auf die Erde zurück. Hier muß das Gerät eine weitere Menge an Stoffen zünden, um ein wenig verweilen zu können und nicht zu zerschellen. Die gesamte Menge an Explosivvorrat für einen Start und eine sichere Rückkehr, bei geringer Entfernung von der Erde, ist doppelt so groß wie für einen solchen Aufstieg; bei größerer Entfernung – dreimal so groß, bei noch größerer viermal usw. (s. Formel 66). –

⁹⁾ Die genaueren Größen für die erste und zweite kosmische Geschwindigkeit für die Erde betragen:
 $V_1 = 7912 \text{ m/s}$ und $V_2 = 11 189 \text{ m/s}$ (die Red.).

Wenn wir wünschten, die Rakete für immer im luftleeren Raum zu belassen, sie zu einem ewigen Sputnik der Erde werden zu lassen, so müßten wir im Punkt ihrer größten Entfernung von der Erde (im Höhepunkt) erneut eine gewisse Menge an Stoffen zünden, um die Geschwindigkeit des Gerätes zu erhöhen. Wenn dieser Punkt nicht weit von der Erdoberfläche entfernt ist, beträgt die für die Rakete notwendige Geschwindigkeit ca. 8 Kilometer in der Sekunde. Die Menge des gesamten Explosivvorrates wird nur 3- bis 4mal größer sein als die übrige Masse des Gerätes. Übrigens, wenn wir auch unsere Beobachtungsstation unweit installieren würden, auch wenn es Millionen Werst vom Zentrum der Erde entfernt wären, so wäre die Menge an Explosivstoffen trotzdem kleiner, als sie notwendig ist für eine unendliche Entfernung vom Planeten, entlang einer geraden Linie oder Parabel. Und zwar läßt sie sich mit einer Zahl kleiner als 8 ausdrücken.

Die Kreisbahn kann man natürlich mit einer neuen Explosion in eine elliptische verwandeln und diese letztere, wie beschrieben, erneut in eine kreisförmige mit großem Radius. Auf diese Art können wir die Größe des Radius unserer Kreisbewegung beliebig verändern, d. h., uns auf Wunsch entfernen oder der Erdoberfläche nähern. Wenn man, schon in einer Kreisbewegung sich befindend, eine sehr schwache Explosion durchführt, eine konstante (gleichmäßige) und in Bewegung der Rakete gerichtete, so wird ihre Bahn während der gesamten Explosionszeit eine spiralförmige sein, deren Gleichung vom Gesetz der Explosion abhängt.

Die weitere Flugbahn der Rakete, nach Beendigung der Explosion, wird irgendeine Kurve zweiter Ordnung sein, z. B. ein Kreis, was von uns abhängt. Bei einer Explosion, die die Bewegung des Gerätes verlangsamt, windet sich die Spirale innerhalb der anfänglichen Kreisbahn, und die Rakete nähert sich der Erde.

Bei einer spiralförmigen Bewegung fast senkrecht zur Richtung der Schwerkraft wird annähernd der gleiche prozentuale Anteil (bis 65 Prozent) der Energie der Explosivstoffe ausgenutzt wie im schwerelosen Raum. Das Gleiche geht beim Prozeß des Überganges einer elliptischen Umlaufbahn in eine kreisförmige vor sich.

Bei einem schrägen Start der Rakete wird der Mond auf seiner elliptischen Bahn einen um so größeren Einfluß auf sie ausüben, je gestreckter die Flugbahn ist und je näher das Gerät an den Mond herankommt, was wiederum von der vergleichsweise verbrauchten Menge an Explosivmaterial und der relativen Lage von Mond und Rakete abhängt. Es kann passieren, daß man die Bewegung des Gerätes so überschätzt, daß es unter Einwirkung der Anziehung des Mondes gänzlich seine Flugbahn verläßt und auf den Mond fällt. Die Geschwindigkeit des Falles wird nicht kleiner als 2373 Meter in der Sekunde betragen, d. h., sie ist doppelt so groß wie die Geschwindigkeit einer Kanonenkugel. Doch diese Geschwindigkeit ist lange nicht so zerstörerisch wie bei einem Sturz auf die Erde. Die Energie des Sturzes auf letztere ist um 22mal größer als beim Sturz auf den Mond.

Wenn wir in der Rechnung die Geschwindigkeit der Bewegung und die Drehung des Mondes vorgeben, ebenso die Bewegung des Gerätes, so können wir die geringe Menge an Explosivstoffen ausrechnen, die notwendig ist für ein gefahrloses Aufsetzen auf der Mondoberfläche. Ich kann bekanntgeben, daß die Gesamtmenge an Explosivvorrat für einen gefahrlosen Ausflug auf unseren Mond sich durch eine Zahl ausdrücken läßt, die nicht größer als 8 ist. In einem vergleichsweise geringen Abstand vom Mond

muß man die Geschwindigkeit der Rakete mit Hilfe der Explosion ununterbrochen verringern. Alles muß so berechnet und gesteuert sein, daß im Moment der Berührung mit der Oberfläche des Mondbodens diese relative Geschwindigkeit gleich Null ist. Diese Aufgabe ist natürlich ziemlich delikates, aber vollkommen lösbar. Einen Fehler bei dieser Lösung kann man mit einer neuen Explosion beheben, wenn nur der Vorrat an Explosivstoffen ausreichend ist. Im Falle eines Fehlers, d. h., wenn die Rakete am Mond vorbeifliegt, nicht seine Oberfläche berührt, wird das Gerät nicht zu einem Trabanten (Sputnik) des Mondes, sondern sich zunächst annähernd, entfernt sie sich dann erneut, kreist um die Erde. Dabei beschreibt sie eine komplizierte Kurve, die manchmal in Erdnähe, manchmal in Mondnähe verläuft. Es bleibt die Möglichkeit übrig, entweder auf diesen oder auf den anderen (Planeten) zu fallen. Im Moment der größten Annäherung an den Mond kann man das Explosivmaterial, mit dem Ziel, die Bewegung der Rakete zu verlangsamen, in Aktion versetzen und auf diese Art und Weise die Rakete zu einem ewigen Sputnik des Mondes, einem Urenkel der Sonne werden lassen. Mit einer derartigen Kurve der Umlaufbahn kann man auf unterschiedliche Art auch auf den Mond auftreffen oder sich von ihm entfernen.

Durch die Beschreibung des Fluges wird deutlich, daß man die Rakete zu einem ewigen Sputnik der Erde machen kann, der sich um sie dreht, ähnlich wie der Mond. Der Abstand dieses künstlichen Sputniks, des kleinen Mondbrüderchens, von der Erdoberfläche kann beliebig klein oder groß sein. Sein Fortbewegen ist ewig, weil der Widerstand des Äthers sogar für weniger dichte und kleine Körper unmerklich ist. Diese sind in den meisten Fällen Meteorsteine, die aller Wahrscheinlichkeit nach Bestandteile der Kometen sind. Falls kleine Körper von seiten des Äthers Widerstand verspüren würden (abgesehen von allem anderen), wie könnten da schon seit Millionen von Jahren die Saturnringe existieren, die, in Übereinstimmung mit den Erkenntnissen der Astronomen, aus solchen kleinen, voneinander getrennten festen Körpern bestehen, die ungewöhnlich schnell um den Saturn dahineilen.

Die Bewegung einer Reihe von Geräten rund um die Erde, mit allen Vorrichtungen für die Existenz von vernunftbegabten Wesen, kann als Basis für die weitere Ausbreitung der Menschheit dienen. Wenn man eine Vielzahl von Ringen um die Erde schicken würde, ähnlich den Saturnringen (es ist möglich, daß diese auch belebt sind, anders wäre es schwer, fast unmöglich, deren Existenz zu erklären; gäbe es nicht irgend etwas Vernunftbegabtes, das sie steuert, würden die Ringe wohl einen Mond für den Saturn bilden), vergrößern die Menschen damit den Vorrat an Sonnenenergie, der ihnen auf die Erdoberfläche gesandt wurde, um das 100- bis 1000fache. Doch auch damit könnte der Mensch noch nicht befriedigt sein, und mit der geschaffenen Basis streckt er seine Hände nach der übrigen Sonnenenergie aus, die 2 Milliarden mal größer ist als der Teil, den die Erde erhält.

In diesem Falle muß man die ewige Bewegung rund um die Erde in eine rund um die Sonne umwandeln. Dafür muß man sich noch mehr von der Erde entfernen und zu einem unabhängigen Planeten werden, zu einem Sputnik der Sonne, einem Bruder der Erde. Das bedeutet: Der Rakete muß man mit Hilfe der Explosion dann eine Beschleunigung in Bewegungsrichtung der Erde um die Sonne verleihen, wenn sich das Gerät mit der größten Geschwindigkeit gegenüber der Sonne bewegt. Die dafür notwendige Energie hängt von der Größe des Abstandes ab, in dem sich die Rakete von der Erde

befindet. Je größer dieser ist, um so kleiner ist die Arbeit. Die ganze Summe der Energie, die für eine Kreisbewegung um die Erde herum und für die weitere fast vollständige Entfernung von ihr notwendig ist, wird nicht größer als die für das endgültige Verlassen der Erde erforderliche Energie. Wenn wir die Wirkung der Sonne und anderer Himmelskörper vernachlässigen, dann ergibt sich eine siebenfache (7) oder achtfache (8) Menge an Explosivstoffen (verglichen mit der übrigen Masse des Gerätes).

Bei noch größerem Energieverbrauch geht der Kreis in eine mehr oder weniger gestreckte Ellipse über, deren Perihel (der kleinste Abstand von der Sonne) ungefähr auf der Linie Erde–Sonne liegt.

Im ersten Fall, bei mittlerem Energieverbrauch (7–8), fliegt das Gerät unter Einwirkung eines neuen Stoßes anfänglich viel schneller, als es für einen kreisförmigen Flug rund um die Erde und sogar um die Sonne notwendig ist. Anschließend verringert sich diese Geschwindigkeit durch die Wirkung der Erdanziehung (die Anziehung des Mondes vernachlässigen wir) mehr und mehr. Am Ende, bei einem bedeutenden Abstand von der Erde (ungefähr bei ihrem 1000fachen Durchmesser), wird diese Bewegung gleich der Bewegung der Erde um die Sonne. Erde und Rakete werden auf ein und demselben Kreis mit der gleichen Geschwindigkeit sein und es kann sein, daß sie einander Hunderte von Jahren nicht sehen. Jedoch gibt es im Verlaufe von Jahrhunderten für ein solches Gleichgewicht wenig Chancen, und für die Aufrechterhaltung eines richtigen Abstandes muß man bremsen oder beschleunigen, so daß die Erde als auch andere Planeten diesen Abstand nicht zerstören. Anderenfalls droht ein Herabfallen auf die Erde.

Im zweiten Fall, bei großem Energieverbrauch und elliptischer Raketenbahn, sind die Chancen für ein Zusammentreffen mit der Erde auch nicht gering. Jedoch kann man die Fortbewegung der Rakete nutzen, um auf einen „höheren“ Planeten zu gelangen: auf den Mars oder seine Trabanten, auf die Vesta oder auf irgendeinen anderen der 500 kleinen Planeten (Planetoiden, Asteroiden). Ich rede nicht über das Erreichen der massereichsten Planeten, wie Jupiter, Saturn u. a., weil für eine gefahrlose Landung auf ihnen eine solch gewaltige Menge an Explosivstoff nötig wäre, daß es bislang sinnlos ist, von einer solchen Landung auch nur zu träumen. Doch leichter ist es, sich zu ihren Trabanten zu machen. Besonders leicht wäre es, die Saturnringe zu erreichen und sich mit ihnen zu vereinen. Die Menge an Energie, die für die Erreichung irgendeiner Planetenumlaufbahn (aber nicht für die Landung auf dem Planeten) erforderlich ist, hängt von deren Entfernung von der Erdumlaufbahn ab. Je größer diese Entfernung ist, um so größer ist verständlicherweise der Verbrauch an Energie. Doch sei diese Entfernung noch so groß, die dafür notwendige Arbeit ist kleiner als die für das Verlassen unseres Sonnensystems und das Umherschweifen zwischen den Sternen benötigte. Letztere Arbeit ist nicht so gewaltig, wie sie auf den ersten Blick erscheint. Und wirklich, kann man die Überwindung der gewaltigen Anziehungskraft der Sonne, deren Masse gleich 324 000 Erdmassen beträgt, als Scherz auffassen?

Wenn das Gerät im Augenblick seiner schnellsten Bewegung um die Sonne losgeschleudert würde oder direkt von der Erdoberfläche im günstigsten Moment und in der günstigsten Richtung, so würde die Geschwindigkeit bezüglich der Erde, die für eine vollständige Trennung von dieser und von der Sonne notwendig wäre, 16,3 Kilometer (ca. 15 Werst) in der Sekunde nicht überschreiten. Das würde einen Verbrauch an Ex-

plosivstoffen zur Folge haben, der sich, bezogen auf die Masse des Gerätes, mit der Zahl 20 ausdrücken läßt. Beim ungünstigsten Start der Rakete beträgt diese Geschwindigkeit schon 76,3 Kilometer in der Sekunde. Die Menge an Explosivstoffen wäre, verglichen mit der übrigen Masse der Rakete, außerordentlich groß. Die Geschwindigkeit ist absolut, d. h., ich will sagen bezüglich der Sonne. Nach Erreichen der Trennung ist sie überall gleich, egal in welche Richtung wir die Rakete starten würden. Wenn die dafür notwendige Energie im günstigsten Fall 25mal kleiner ist, so hängt das damit zusammen, daß wir die Bewegungsenergie der Erde ausnutzen. Diese müßte sich dadurch unmerklich verlangsamen.

Die Kreisbahn der Rakete um die Sonne kann man in eine elliptische umwandeln, indem man die Geschwindigkeit des Gerätes als Folge einer Explosion vergrößert oder verkleinert.

Bei Verringerung der Geschwindigkeit wird das Perihel kleiner als der Abstand Erde-Sonne.

Dann wird das Gerät in der Lage sein, irgendeinen unteren Planeten zu erreichen: die Venus oder den Merkur. Ihre Massen sind nicht sehr groß. Eine Landung verlangt keine solche unmögliche Menge an Explosivmaterial wie eine gefahrlose Landung auf dem Jupiter, Saturn oder Neptun. Die Energie des Falles auf den Merkur oder auf den Mars ist 5mal kleiner als die auf unseren Planeten. Die Energie des Falles auf die Venus beträgt 0,82 der Energie des Falles auf die Erde. Was die Asteroiden und den größten Teil der Sputniks (Monde) der Planeten betrifft, so ist die Masse an Explosivvorrat, der bei einer sanften Landung auf ihre Oberfläche verlorenginge, einfach unbedeutend.

Theoretisch ist eine noch größere Annäherung an die Sonne und sogar ein Aufsturz auf sie mit einem vollständigen Verlust der Geschwindigkeit möglich. Wenn sich die Rakete schon um die Sonne dreht wie die Erde und ebenfalls im gleichen Abstand, so wird für die Abbremsung der Bewegung eine relative (negative) Geschwindigkeit von ca. 30 Kilometern in der Sekunde benötigt. Die Menge an Explosivmaterial läßt sich mit der Zahl 20 ausdrücken. Der Absturz auf die Sonne wird $64\frac{1}{4}$ Tage andauern, d. h. ca. 2 Monate.

Daraus ist ersichtlich, daß ein Fallen in den feurigen Ozean der Sonne 10mal mehr Opfer (im Sinne des Verbrauches an Explosivstoffen) kosten würde als ein Verlassen unserer Sonne und ein Annähern an eine neue. Wie auch rund um die Erde kann man der Rakete mit einer andauernden und außerordentlich schwachen Explosion eine beliebige Flugbahn verleihen. Man kann sie zwingen, diese oder jene Bahn bezüglich der Sonne zu beschreiben, z. B. die Form einer Spirale. Damit kann man einen gewünschten Planeten erreichen, sich der Sonne nähern oder sich von dieser entfernen, auf sie herabsinken oder, zu einem Planeten werdend, gänzlich entschwinden, Tausende von Jahren zwischen den Sternen in der Finsternis umherirren. Und das bis zur Annäherung an einen von ihnen, welcher dann zu einer neuen Sonne für die Reisenden oder deren Nachkommen wird. —

Wir stellen fest, daß in allen Fällen der Abbremsung der Raketengeschwindigkeit Explosivmaterial in Richtung der Erdbewegung gezündet werden muß. Aber die Bewegung des Gerätes bezüglich der Sonne bleibt die gleiche, d. h., sie liegt in Bewegungsrichtung unseres Planeten.

Der Plan der weiteren Ausnutzung der Sonnenenergie wird sicherlich folgender sein:

Die Menschheit schickt ihre Geräte auf einen der Asteroide und verwandelt ihn in eine Basis für ihre anfänglichen Arbeiten. Sie macht sich die Materialien des Planetoiden zunutze und zerlegt oder nimmt ihn für den Bau von Ausrüstungen, die zu einem ersten Ring um die Sonne zusammengesetzt werden, bis zu seinem Innern auseinander. Dieser Ring, der übervoll mit Leben intelligenter Wesen angefüllt ist, besteht aus beweglichen Teilen und ist dem Saturnring ähnlich.

Indem noch weitere winzige Asteroiden zerlegt und genutzt werden, entstehen durch diesen sinnvollen Anfang, in diesem gesäuberten, d. h. von Asteroiden befreiten Raum, eine Reihe weiterer Ringe irgendwo zwischen den Umlaufbahnen des Mars und des Jupiters. Für verschiedene technische und andere Bedürfnisse können derartige Ringe auch näher zur Sonne, zwischen den Umlaufbahnen „niederer“ Planeten untergebracht werden.

Wenn die Sonnenenergie erschöpft ist, wendet man sich einem Himmelskörper zu, der sich erst neu entzündet hat, der noch im Leuchten Kraft besitzt. Es ist sogar möglich, daß das schon eher geschieht, falls ein Teil der Geschöpfe anderes Licht oder die Besiedelung von Wüsten wünscht. – Es kann sein, daß die Menschheit so mehrfach ausschwärmen wird. Es besteht keine Notwendigkeit, auf einer Oberfläche sein zu müssen, wenn es auch die abgekühlte Kruste der Sonne wäre. Es gibt auch keine Notwendigkeit, auf schweren Planeten zu sein. Es sei denn für die Erforschung. Sie zu erreichen ist schwer. Auf ihnen zu leben, heißt sich die Fesseln ihrer Schwerkraft anzulegen. Manchmal sind das festere als die irdischen. Das bedeutet, sich eine Menge von Hindernissen zu errichten, kleben zu bleiben im armseligen Raum, ein klägliches Dasein im Schoße der Materie zu leben. **Der Planet ist die Wiege des Verstandes, aber man darf nicht ewig in der Wiege leben.**

Die Existenzgrundlagen für die Zeit des Fluges

Ernährung und Atmung

Vor allem benötigt man Sauerstoff für die Atmung. Wir nehmen davon schon genügend für die Explosion mit. Doch könnten wir noch mehr mitnehmen, so daß er auch eine bestimmte Zeit für die Atmung reichen würde.

Reiner Sauerstoff wird kaum für den Menschen dienlich sein, sogar im verdünnten, im Gegensatz zum herkömmlichen Zustand. Tatsächlich, in einem solchen Fall erweist sich sein Druck auf den Körper als unzureichend, und es können aus rein mechanischen Gründen die Adern platzen.

Am besten ist es, ein Gemisch aus Sauerstoff und irgendeinem Gas, das unschädlich für die Atmung ist, zu verwenden – z. B. Stickstoff, Wasserstoff, aber keine Kohlensäure. Sie verhindert die Ausscheidung von Kohlendioxid aus der Lunge und der Haut eines Lebewesens und würde es so vergiften.

Ein Gemisch aus 20 Prozent Sauerstoff und 80 Prozent Stickstoff unter einem Druck von 1000 bis 5000 mm Quecksilbersäule läßt sich gut atmen. Stickstoff ist dem Wasserstoff vorzuziehen, weil er nicht explosionsgefährlich ist.

Selbstverständlich muß der Bereich für die Passagiere hermetisch verschlossen und ausreichend stabil sein, um den Gasdruck auszuhalten. Das ergibt nicht mehr als ein Kilogramm pro cm^2 Kammerwand, wenn diese in die verdünnte Schicht der Atmosphäre und außerhalb deren Grenzen emporsteigt. Die verlängerte fisch- oder vogelartige Form der Rakete ist für eine leichte Durchdringung der Luft vorteilhaft. Sie begünstigt die Speicherung der Gase und überhaupt die Festigkeit des Gerätes, das im Verlaufe der Explosionen die zehnfache Belastung aushalten muß. Das metallische Material verhindert den Gasverlust durch Diffusion. –

Es genügt nicht, nur ein Gemisch aus Sauerstoff und Stickstoff zu haben. Man muß noch etwas Sauerstoff hinzufügen, der sich in Kohlensäure verwandelnd, die Produkte der Atmung zerstört oder genauer gesagt abspaltet: Kohlensäure, Ammoniak, überflüssige Feuchtigkeit u. a. Es gibt eine Vielzahl von Stoffen, die Kohlensäure, Wasserdämpfe, Ammoniak u. a. absorbieren.

Deshalb ist ein Vorrat auch von diesen Stoffen notwendig. Wenn natürlich die Reise nur einige Minuten oder Stunden dauert, im Anschluß an das Frühstück, dann würden solche Vorräte der Rakete nicht zur Last fallen. Anders ist das, wenn es nötig ist, Wochen oder Jahre zu reisen oder überhaupt nicht zurückzukehren, dann muß man auf die vorgeschlagenen Mittel verzichten.

Für die Existenz ohne Atmosphäre über einen unbestimmt langen Zeitraum hinaus kann man so wie die Planeten auch die Kraft der Sonnenstrahlen nutzen. Denn wie sich die Erdatmosphäre durch Pflanzen mit Hilfe der Sonne säubert, so kann sich auch unsere künstliche Atmosphäre säubern. Wie auf der Erde die Gewächse durch ihre Blätter und

Wurzeln den Schmutz absorbieren und dafür Nahrung geben, so können auch für uns ununterbrochen Pflanzen arbeiten, die wir auf die Reise mitgenommen haben. Wie all das Lebende auf der Erde von ein und der gleichen Menge an Gasen, Flüssigkeiten und festen Stoffen existiert, die sich niemals verringert oder niemals größer wird (abgesehen von hinzukommenden Meteorsteinen), so können auch wir ewig von der von uns mitgenommenen Materie leben. Wie auf der Erdoberfläche, so kann der nicht endende mechanische und chemische Kreislauf der Stoffe auch in unserer kleinen Welt stattfinden. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus ist die Möglichkeit des Gesagten unbestreitbar. Jetzt wollen wir betrachten, inwieweit sich dies in der Zukunft verwirklichen läßt, es kann sein, in einer sehr fernen.

Nach LANGLEY erhält ein Quadratmeter Oberfläche, die rechtwinklig zur Richtung der Sonnenstrahlen ausgerichtet ist, in einer Minute eine Menge an Sonnenenergie, die sich mit 30 Kalorien ausdrücken läßt. Das heißt, daß ein Kilogramm Wasser, verteilt auf einen Quadratmeter Oberfläche, und bestrahlt von rechtwinklig auf sie auftreffenden Sonnenstrahlen, sich in einer Minute um 30°C erwärmt, wenn man den Verlust an Wärme durch Strahlung, Wärmeleitfähigkeit u. a. vernachlässigt.

Diese Wärmeenergie in mechanische verwandelnd, erhalten wir 12 720 Kilogrammmeter. Auf diese Art erhalten wir an einem Tag im Abstand der Erde von der Sonne 18 316 800 Kilogramm oder 43 200 Kalorien. (Pro Sekunde erhalten wir 0,5 Kalorien oder 212 Kilogramm, d. h., eine konstante Arbeit von fast 3 Pferdestärken.)

Nach TIMIRJASEW werden bei physiologischen Versuchen durch Pflanzen bis zu 5 Prozent der Sonnenenergie ausgenutzt, was 2160 Kalorien pro Tag ausmacht und die in den Wurzeln, Blättern und Früchten der Pflanzen gespeichert werden. –

Auf der anderen Seite ist nach LEBON in einem Kilogramm Mehl fast doppelt soviel Energie gespeichert, so daß der tägliche Vorrat an potentieller Energie einer Pflanze 0,5 Kilogramm an Mehl entspricht oder ca. einem Kilogramm (2,4 Pfund – hier altes russisches Gewicht = 409,5 Gramm) an Brotkrume.

Die gleiche Gabe der Sonne, die von einem Quadratmeter Oberfläche bei ununterbrochener Sonnenbestrahlung genutzt wird, kann man durch eine der folgenden Größen darstellen: mit vier Kilogramm Mohrrüben, fünf Kilogramm Kohl, $\frac{2}{3}$ Kilogramm Zucker, über 0,5 Kilogramm Reis.

In den aufgeführten Versuchen ist der 5prozentige Ertrag in allen Pflanzenteilen gespeichert worden. In den Früchten wird natürlich weniger sein. Diese Versuche wurden unter den denkbar günstigsten Bedingungen durchgeführt. Aber unsere künstliche Atmosphäre und die Versorgung der Pflanzen können unter Umständen noch vorteilhafter sein. Nach TIRMIRJASEW nutzt das Ackerland im besten Fall 5mal weniger, d. h., ca. 1 Prozent der Sonnenenergie. Hieraus ist ersichtlich, daß sich die künstlichen Bedingungen sogar um 5mal vorteilbringender erweisen.

Wenden wir uns den unmittelbaren Hinweisen der Praxis zu. Eine Deßjatine (altes Flächenmaß von 1,09 Hektar, die Red.) oder ungefähr ein Hektar (10 000 m²) gibt im Jahr bis zu 25 000 Pude (1 Pud = 16,38 kg, die Red.) Bananen, was 0,11 Kilogramm am Tag je Quadratmeter Garten entspricht.

Jedoch gibt es auf der Erde Wolken. Die Erde besitzt eine dicke Schicht Luft und Wasserdämpfe, die viel Energie absorbieren. Auf der Erde gibt es die Nacht und gebrochene Sonnenstrahlen. Die Masse an Kohlendioxyd in der Luft ist, wie die Versuche zeigen,

ebenfalls ungünstig. (Am günstigsten, nach TIMIRJASEW, sind 8 Prozent, während in der Luft nicht einmal ein Zehntel Prozent sind.)

Abschließend könnte man die Urkultur der Pflanzen, die von den Stämmen fast Wilder angebaut wurden, zu den günstigsten zählen. Wenn man dem Gesagten Beachtung schenkt, muß man die Gaben der Sonne mindestens verzehnfachen und eine Produktivität pro Quadratmeter unseres künstlichen Gemüsegartens von nicht weniger als 1,1 kg Bananen annehmen. Der Brotbaum hat nach HUMBOLDT fast die gleiche Produktivität wie die Bananen.

Aus dem Vorhergehenden folgt, daß ein Quadratmeter Treibhaus, das dem Sonnenlicht ausgesetzt wird, schon für die Ernährung eines Menschen ausreichend ist.

Doch wer hindert uns daran, ein Treibhaus mit gewaltiger Oberfläche in verpackter Form, d. h. in einem kleinen Volumen, mitzunehmen! Wenn die Umlaufbahn um die Erde oder die Sonne erreicht ist, sammeln wir unsere hermetisch geschlossenen zylindrischen Kästen mit den verschiedenartigen Pflanzenkeimen und dem geeigneten Boden und bringen sie aus der Rakete heraus. Die Sonnenstrahlen ergießen sich durch die durchsichtige Hülle des Treibhauses und decken für uns mit sagenhafter Geschwindigkeit unseren prunkvollen Tisch. Sie schenken uns auch Sauerstoff, und nebenbei säubern sie den Boden und die Luft von menschlichen Ausscheidungen. Eine Schwere werden dort weder Gegenstände noch Menschen verspüren. Deshalb wird die Festigkeit der Gefäße mit den Gewächsen nur ausgerichtet für den Kampf gegen den Druck der in ihnen enthaltenen Gase. Die hauptsächlichsten davon sind Kohlensäure und Sauerstoff. Kohlendioxid nimmt in der irdischen Atmosphäre nicht mehr als ein Zweitausendstel ($\frac{1}{2000}$) des Gesamtvolumens ein. Stickstoff und andere Gase spielen auch eine Rolle bei der Ernährung der Pflanze. Doch auch ihre Dichte, wie auch die Dichte des Sauerstoffes, den sie (nach TIMIRJASEW) 20mal geringer verbrauchen als Kohlensäure, kann ohne Schaden für die Gewächse außerordentlich gering sein.

Und so kann die Atmosphäre unserer Gewächshäuser so verdünnt sein, daß der Druck der Gase auf ihre Wände 1000mal kleiner wird als der Luftdruck in Meeresspiegellhöhe.

Daraus ist ersichtlich, daß es nicht nur keinen Kampf gegen die Schwere, sondern auch fast keinen Kampf gegen den Druck der Gase geben wird. D. h., man kann für jeden Passagier, falls es nötig ist, Hunderte Quadratmeter dieser schmalen Glaskästen mit dem darin wachsenden Gemüse und den Früchten mitnehmen. Es besteht uneingeschränkt die Möglichkeit, noch auf der Erde Mittel der Atmung und der Ernährung des Menschen im isolierten Raum praktisch auszuarbeiten und auszuprobieren.

Man kann die kleinste Oberfläche, die von Sonnenstrahlen beleuchtet wird und für die Atmung und Ernährung des Menschen ausreichend ist, ermitteln. Man kann die für dieses Ziel brauchbaren Pflanzen ausfindig machen und testen. Sicher, die Bedingungen auf der Erde sind lange nicht so wie im Äther, fern vom Planeten, aber man kann sie dort immerhin den irdischen annähern. So ist es leicht, im schwerelosen Raum Tag und Nacht einzurichten. Man muß das Treibhaus nur in eine langsame Drehbewegung versetzen. Dann wird sich das Licht mit dem Schatten abwechseln, der Wechselrhythmus ist willkürlich. Die Bewegung wird durch die Trägheit ewig sein. Meiner Meinung nach sind die Bedingungen dort sogar vorteilhafter als auf der Erde. Und wirklich, die irdischen Gewächse leiden vor allem unter den ungünstigen Schwankungen der Tempera-

tur im Verlaufe einer Nacht oder durch die Winterkälte, durch die sie sogar absterben. Außerdem leiden sie unter Bakterien, parasitären Pilzen, Würmern, Insekten, Nagetieren und Vögeln; unter unzureichender Feuchtigkeit, unter Erschöpfung des Bodens. Im Ätherraum gibt es diese Feinde nicht, weil dem Boden all das zurückgegeben wird, was ihm genommen wurde, weil die Temperaturschwankungen von uns abhängen, wie auch die Länge der Nacht. Jahreszeiten gibt es nicht, wenn die Bewegung der Rakete kreisförmig ist. Schädliche Bakterien und Insekten wird es in kleinen Treibhaussektionen nicht geben. Durch Füllen dieser Sektionen mit einem sie tötenden Gas oder durch Erhöhung der Temperatur bzw. sogar einfach durch ununterbrochenes Sonnenlicht lassen sich diese Bakterien und Keime abtöten.

Auch die Feuchtigkeit kann nicht aus hermetisch geschlossenen Räumen entweichen. Die Errichtung von Versuchstreibhäusern auf der Erde, im besonderen solche, die von der äußeren Luft gut isoliert und mit einem günstig verdünnten Milieu versehen sind, ist ziemlich schwierig. Man benötigt sehr stabiles Material und stabile Gebäude, um den äußeren Atmosphärendruck aushalten zu können wie auch dem Kampf mit der Schwere standzuhalten. In den Versuchstreibhäusern muß man sich am Anfang mit dem gleichen Druck innen zufriedengeben, wie er auch außen herrscht. Nur wird man ein günstigeres Gasgemisch für die Pflanzen wählen. Die Summe der Innendrucke wird eine Atmosphäre betragen, während man das Gasgemisch im Äther noch vorteilhafter verdünnen kann. Bei den irdischen Versuchen dringen die Sonnenstrahlen nicht nur durch das Gas wie im Äther, sondern auch durch die dicke Atmosphärenschicht, die mit Wasserdämpfen, Nebeln und Wolken angefüllt ist. Sie erschweren den Zutritt der unberührten Sonnenenergie zu den Pflanzen. Uns ist im Grunde genommen die wahre Sonnenenergie, die die Luft noch nicht berührt hat, unbekannt. Es kann sein, daß ihre chemischen Eigenschaften vollkommen ungewöhnlich sind.

Die Rettung vor verstärkter Schwere

Am Anfang des Fluges, wenn das Lärmen der Explosivstoffe noch andauert, hat sich die relative Schwere im Gerät, wie wir sahen, um einige Male vergrößert, nehmen wir an, um das 10fache.

Es fragt sich, ob der Mensch sie, ohne Schaden zu nehmen, einige Minuten lang aushalten kann. Diese Frage kann man auf der Erde klären und in diesem Zusammenhang die günstigsten Bedingungen herausarbeiten, bei welcher diese oder noch größere Schwere vom Menschen ohne Gefahr für seine Gesundheit ertragen werden kann. Ich habe schon vor längerem Versuche mit unterschiedlichen Tieren durchgeführt, indem ich sie in besonderen Zentrifugalmaschinen der Wirkung der verstärkten Schwere aussetzte. Nicht bei einem Wesen ist es mir gelungen, dieses zu töten, ja das war auch nicht mein Ziel. Ich habe nur gedacht, daß das passieren könnte. Ich erinnere mich, das Gewicht der rötlichbraunen Küchenschaben, die ich aus der Küche entfernte, habe ich um das 300fache vergrößert und das Gewicht des Kückens um das 10fache. Ich

konnte danach nicht feststellen, daß ihnen der Versuch irgendeinen Schaden zugefügt hätte.

Das Erhöhen der scheinbaren Schwere bei vorausgehenden Versuchen mit Menschen wird am einfachsten mit Hilfe von Zentrifugalmaschinen vorgenommen, die eine vertikale Drehachse und einen möglichst großen Radius haben, d. h., größtmögliche Abmessungen in horizontaler Richtung. Je größer der Abstand von der Achse der Versuchskabine mit dem Menschen ist, um so besser ist es. Weil die Winkelgeschwindigkeit um so kleiner ist, und desto weniger werden die Versuchssubjekte zu Schwindelgefühlen neigen. Die Drehung stellt einen besonderen Nachteil für den Organismus dar. Das trifft zu bei kleiner Zentrifugalkraft oder kleiner absoluter Geschwindigkeit, wenn die Winkelgeschwindigkeit groß ist, also bei kleinem Drehradius. Jeder, der sich schon als Kind irgendwo im Garten oder auf einer Waldwiese gedreht hat, wird dieses unangenehme schlechte Gefühl verspürt haben. –

Nebenbei, die Drehung und folglich auch die Verstimmung, die durch sie hervorgerufen wird, existiert bei Vergrößerung der Schwere in einer sich geradlinig bewegendem Rakete nicht. Daß die bekannte langsame Drehung nicht nur keine Krankheitserscheinungen hervorruft, sondern auch gar nicht zu spüren ist, erkennen wir an der Erscheinung der ununterbrochenen Drehung der Erde, der wir alle von Geburt an ausgesetzt sind. Außerdem beobachten wir das andauernde Vergnügen, was nicht nur die Kinder, sondern auch Erwachsene auf Karussellen haben. So sah ich doch einmal zwei blutjunge Mädchen auf einem Karussell, die zum Anlocken von Publikum angestellt waren, Tag und Nacht auf Holzpferden reiten.

Es ist ausreichend, wenn man jeden Versuch der Vergrößerung der Schwere 2 bis 10 Minuten lang durchführt, d. h. so lange, wie auch die Explosion in der Rakete andauert.

Die bekannten Formeln, aus denen man Nachfolgendes schließen kann, werde ich nicht herleiten.

Mit Versuchen kann man eine künstliche Schwere beliebiger Stärke erzielen. Je mehr wir die Drehung verlangsamen wollen, um so größer muß die Geschwindigkeit der Kabine sein, damit die gleiche Schwere erzeugt werden kann. So erhält man bei einem Radius von 100 Metern, bei einer Sekundengeschwindigkeit von 100 Metern und bei einer vollen Umdrehung in 6,3 Sekunden eine zehnfache Schwerkraft. Wenn der Radius 10mal kleiner ist, so wird bei der gleichen künstlichen Schwere die Drehzahl oder die Winkelgeschwindigkeit um etwas mehr als 3mal größer sein. Um den gleichen Betrag verringert sich die vorwärts gerichtete oder absolute Geschwindigkeit.

Indem wir diese Versuche mit Zentrifugalmaschinen oder mit Hilfe der kreisförmigen Bewegung von Waggons auf geneigten Schienen durchführen, können wir die größtmögliche, für die Gesundheit noch unschädliche Größe der Schwere ermitteln, die ein Subjekt in der bekannten Zeit aushalten kann. Falls wir, entgegen den Erwartungen, mit diesen Versuchen feststellen sollten, daß schon eine kleine, zum Beispiel die zweifache Schwere die Grenze des gerade noch Unschädlichen darstellen sollte, auch dann sehen wir unsere Sache noch nicht als verloren an. Denn erstens kann die Rakete bei geneigtem Flug sinnvoll die Arbeit der Explosivstoffe ausnutzen, sogar mit einer innen so kleinen relativen Schwere. Zweitens kann man den Menschen im Wasser transpor-

tieren und den Versuch zur Erhöhung der Schwere mit einem in bequemer Lage schwimmenden Subjekt durchführen. So erhalten wir sicherlich noch tröstendere Ergebnisse.

Erklären wir, worum es geht. Nehmen wir ein sehr widerstandsfähiges geöffnetes oder geschlossenes Gefäß mit Flüssigkeit und tauchen darin eine dünnwandig gefertigte Figur aus dem unstabilsten Material ein, deren Dichte jedoch gleich der Dichte der Flüssigkeit im Gefäß ist. Diese Figur, alleine genommen, d. h. ohne Flüssigkeit, sei so spröde und zart, daß man sie nicht nur nicht fallen lassen darf, nicht kurz und klein schlagen darf, sondern es auch schwer ist, sie in die Hand zu nehmen, ohne sie zu zerdrücken oder Teile abbrechen.

Nun nehmen wir sie zusammen mit dem Gefäß, in dessen Flüssigkeit sie so gut ausgeglichen schwimmt, daß sie unbewegt an dem Platz und in der Lage steht, so wie wir es wollen (wie die Fettkugel im Wein, beim Versuch von Plato).

Wenn man nun diesen Versuch mit der Zentrifugalmaschine nicht mit einem Menschen, sondern mit solch einer winzigen und dünnen Figur durchführt, die außerhalb der Flüssigkeit kaum das eigene Gewicht aushält, so werden die Ergebnisse glänzend sein. Die Figur bleibt ganz und gar bewegungslos, ungeachtet der Erhöhung der relativen Schwere. Ebenso können wir ohne Zentrifugalmaschine das Gefäß mit aller Kraft auf den Tisch donnern oder mit dem Hammer an das Gefäß schlagen. Solange letzteres ganz bleibt und die Flüssigkeit nicht aus dem Gefäß ausläuft, wird unser Figürchen unverseht bleiben. Doch man braucht bei diesen Versuchen nur die Flüssigkeit zu entfernen, und der ganze Effekt ist hin. Sogar feste Gegenstände werden bei ausreichend schneller Drehung oder ausreichend starken Schlägen zerbrechen.

Diese Versuche lassen sich auch einfach mit kleinen Fischchen durchführen, die man in das Wasser gibt. Daraus ist ersichtlich, daß Flüssigkeit, die einen Körper mit gleicher Dichte wie diese umgibt, augenscheinlich die zerstörenden Auswirkungen der Schwere beseitigt, so als ob das eine Kleinigkeit wäre. D. h., wenn wir eine Flüssigkeit nehmen, deren Dichte gleich der mittleren Dichte des Menschen ist und in diese letzteren eintauchen, so erhalten wir in den Versuchen mit nachgebildeter Vergrößerung der Schwere, wenigstens teilweise, die gleichen guten Ergebnisse. Ich sage teilweise, weil sich all das Gesagte auf Dinge bezieht, deren Einzelteile ein und dieselbe Dichte haben. Jedoch die einzelnen Organe des Lebewesens besitzen lange nicht diese Eigenschaft. Besonders die Dichte der Knochen und die Hohlräume des Lebewesens unterscheiden sich von der Dichte seiner anderen Bestandteile. Die Knochen des Körpers, die mit Flüssigkeit umgeben sind, tauchen in Richtung der relativen Schwere nach unten. Die leichteren Teile aber werden nach oben streben. Zwischen den unterschiedlichen Stoffen bildet sich eine Oberflächenspannung, die mit deren Zerreißen und sogar bei ausreichend starker Vergrößerung der Schwere mit dem Tod des Organismus enden kann. –

Und so ist die größte vom Menschen ohne schädliche Folgen überstehbare Schwere nicht unbegrenzt, auch wenn man ihn mit Flüssigkeit umgibt. Diese Grenze, so denke ich, liegt bei nicht weniger als 10 und kann für jedes Subjekt nur durch Versuche ermittelt werden. Am besten ist es, wenn sich der Mensch während des Experimentes mit seinem Körper horizontal in eine Hülle legt, die annähernd die gleiche Form und Inhalt hat wie das Versuchsobjekt selbst. Dann erfordert die Auffüllung der Zwischenräume mit Flüssigkeit nur eine unbedeutende Menge, was in ökonomischer Hinsicht für die

wirkliche Reise in der Rakete wichtig ist. Mund, Nase und Ohren müssen mit einer dichten Kappe, die ein Rohr für die freie Atmung besitzt, verschlossen werden.

Daß der Mensch auch ohne Flüssigkeit den Bruchteil einer Sekunde unter großer Schwere aushalten kann, ist nicht zu bestreiten. Z. B. prallt beim Fall eines Körpers aus einer Höhe dieser auf dem Boden auf. Um die Geschwindigkeit, die dem Menschen durch den Fall angeeignet wurde, zu vernichten, verleiht der Boden durch seine Elastizität dem Körper eine beschleunigte Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Hierbei ist natürlich auch die Elastizität des Körpers des Lebewesens beteiligt, im besonderen die elastischen Knorpel zwischen den Knochen und bei geschicktem Sprung ebenso die Kraft der Beugemuskeln des Beines.

Dabei muß die scheinbare Schwere anwachsen, die sehr groß ist, weil die Zeit des Stoßes klein und weil die rückwärts gerichtete beschleunigte Bewegung in diesem Moment außerordentlich groß ist. Die Natur selbst hat für solche Fälle, auch bei Stößen durch Fremdkörper, die Eigenschaft von Flüssigkeiten, die zerstörende Wirkung der relativen Schwere zu vernichten, nicht vernachlässigt. Aus diesem Grunde sind alle zarten Organe des Lebewesens vorsorglich mit besonderen Flüssigkeiten umgeben. Diese befinden sich in festen natürlichen Gefäßen. So das Gehirn, das in einer Flüssigkeit schwimmt, welche sich im Schädel befindet. Ebenso der Embryo des Säugetieres, der bis zum Eintritt in die Arena des Lebens von Flüssigkeit umgeben ist. Sogar die Industrie macht sich dieses für die Aufbewahrung von weichen Früchten zunutze, indem sie Flüssigkeit durch ihr grobes Ebenbild, einen Streustoff austauscht; so umgibt man Weintrauben mit Holz- oder Korkspänen.

Die Rettung vor dem Fehlen der Schwere

Nun ist die Explosion in der Rakete beendet, und damit hört auch die furchtbare Schwere auf. Wir steigen wohlbehalten aus unserer Hülle, wischen die Reste der Flüssigkeit von unserem Körper und hüllen uns in unsere Kleidung. Wie eine Belohnung für die verstärkte eben noch ertragene Schwere sind wir jetzt vollkommen von dieser befreit.

Es fragt sich, ob dieses Fehlen der Schwere nicht schädigend auf unsere Gesundheit wirkt. Sollten wir nicht auch hierfür irgendwelche schützenden Maßnahmen anwenden? Während des Falles oder eines einfachen Sprunges auf unseren Planeten, befinden wir uns, solange wir mit unseren Füßen noch nicht den Boden berühren, im Verhältnis zu unserem Körper, der Kleidung und den Gegenständen, die wir mitführen, ebenfalls in einer Umgebung, die frei ist von Schwere. Doch diese Erscheinung dauert höchstens eine halbe Sekunde lang an. Während dieses Zeitabschnittes berühren sich die Teile unseres Körpers gegenseitig nicht. Der Mantel drückt nicht auf den Schultern, die Uhr zieht nicht die Tasche nach unten, und die Brille erzeugt auf der Nase keine Druckstelle. Beim Baden auf der Erde wird das Gewicht unseres Körpers durch das entgegengesetzte Wirken des Wassers auch fast aufgehoben. Solch eine Schwerelosigkeit kann

schon unbegrenzt lange Zeit andauern, Hauptsache, das Wasser ist halbwegs warm. Hieraus ist ersichtlich, daß kaum irgendwelche besonderen Versuche für den Beweis der Unschädlichkeit eines schwerelosen Raumes notwendig sind. Es ist möglich, daß nur für fettleibige Menschen, die zu Schlaganfällen und Blutstau im Gehirn neigen, ein solches Milieu das vorzeitige Ende begünstigt, genauso wie ein Hinlegen oder Baden zur falschen Zeit. Die anderen Sterblichen aber, so ist anzunehmen, passen sich bald der neuen Ordnung der Dinge an. Für die Mehrzahl der Kranken und Lahmen ist solch eine Umgebung tatsächlich wohltuend.

Falls sich herausstellen sollte, daß die Menschen ohne Schwere nicht leben können, so wäre es einfach, sie dort zu erzeugen, wo es sie nicht gibt. Dazu braucht man die Behausung des Menschen, also die Rakete, nur in eine Drehbewegung zu versetzen; dann würde sich als Folge der Zentrifugalkraft eine scheinbare Schwere von gewünschter Größe, in Abhängigkeit von den Ausmaßen der Behausung und deren Drehgeschwindigkeit einstellen.

Eine solche Umwandlung des Milieus wird uns nichts kosten, da sich die Drehung eines Körpers im luftleeren Raum und außerdem in einem schwerelosen Raum ohne weiteres ewig fortsetzen wird. Diese Schwere ist deshalb bequem, weil sie beliebig klein oder groß sein kann, vernichtet und erneut erzeugt werden kann. Aber sie verlangt wie auch die natürliche Schwere erhöhte Festigkeit des Wohnraumes und anderer Gegenstände, weil diese danach strebt, zu zerstören. Außerdem wirkt sich die Drehbewegung schlecht auf den Organismus aus, falls eine volle Umdrehung zu schnell verläuft.

Die Wirkung der verstärkten Schwere auf Pflanzen ist schon lange untersucht worden. Aber nichts Besonderes ist festzustellen: Nur mit Veränderung deren Richtung verändert sich auch die Wachstumsrichtung. Besonders der Stamm richtet sich nach der Seite aus, die der Richtung der künstlichen Schwere genau entgegengesetzt ist.

Interessant wird es sein zu erfahren, in welche Richtung dieser wachsen wird nach Beseitigung der Schwere. Aller Wahrscheinlichkeit nach wird diese Richtung dann eine Sache des Zufalls und der Einwirkung des Lichtes sein.

Träume

Die Zukunft der Rückstoßgeräte

In der ersten Arbeit über Rückstoßgeräte träumten wir von den zukünftigen, noch nicht entdeckten elementaren Stoffen, deren Verbindung von noch größerer Energiefreisetzung begleitet werden muß als die Verbindung der bekannten einfachen Elemente Wasserstoff und Sauerstoff. Das ist aus den allgemeinen Angaben der Chemie zu schließen.

Aus der Formel 35 (Kapitel 2) erkennt man, daß mit der Vergrößerung von W bei dem gleichen relativen Aufwand an Explosivstoffen $\frac{M_2}{M_1}$ auch V_2 , d. h. die Geschwindigkeit der Rakete, proportional anwächst.

Man nimmt an, daß beim Zerfall von Radium Teilchen verschiedener Massen ausgestoßen werden, die sich mit der überraschenden und unvorstellbaren Geschwindigkeit nahe der Lichtgeschwindigkeit bewegen. So bewegen sich die ausgestoßenen Heliumatome mit einer Geschwindigkeit von 30- bis 100tausend Kilometer pro Sekunde. Heliumatome sind viermal schwerer als Wasserstoffatome.

Andere vom Radium ausgestoßenen Teilchen sind 1000mal leichter als der Wasserstoff, bewegen sich dafür aber mit Geschwindigkeiten von 150- bis 200tausend km/s. Die gesamte Masse dieser Teilchen (der negativen Elektronen) ist bedeutend geringer, als die Masse der Heliumatome (der positiven Elektronen).

Die Geschwindigkeiten sind also 6–50mal größer als die Geschwindigkeiten der Gase, die aus der Öffnung unseres Rückstoßrohres auströmen.

Wäre es möglich, den Zerfall des Radiums oder anderer radioaktiver Elemente zu beschleunigen, so würde seine Verwendung bei den gleichen anderen Bedingungen zu solchen Geschwindigkeiten des Rückstoßgerätes führen (siehe Formel 35), bei denen sich die Erreichung der nächsten Sonne (des nächsten Sterns) auf 10–40 Jahre verringert.

Damit dann die Rakete von einer Tonne Gewicht alle Verbindungen mit unserem Sonnensystem zerreiße, würde eine Prise Radium genügen (siehe die Formel 16)!

Die weitere Entwicklung der Wissenschaft wird natürlich zeigen, daß es bei weitem nicht so ist. Aber es ist gut, daß wir schon jetzt davon träumen können.

Vielleicht wird es in Zukunft mit Hilfe der Elektrizität möglich sein, den aus dem Rückstoßgerät geschleuderten Teilchen ungeheure Geschwindigkeiten zu verleihen? Schon heute ist bekannt, daß die Katodenstrahlen im Rohr von CROOKE, wie auch Radiumstrahlen, von einem Elektronenstrom begleitet werden.

Ihre Masse ist, wie schon erwähnt, 4000mal kleiner als die Masse der Heliumatome. Ihre Geschwindigkeit erreicht 30–100tausend Kilometer pro Sekunde und ist damit 6–20tausend Mal größer als die Geschwindigkeit der gewöhnlichen Verbrennungsprodukte, die aus unserem Rückstoßrohr ausgestoßen werden.

Was heute unmöglich ist, wird morgen möglich sein

Es gab eine Zeit, die nicht weit zurückliegt, da galt die Vorstellung vom Erkennen der Zusammensetzung der Himmelskörper sogar bei großen Denkern und Wissenschaftlern als unvernünftig. Jetzt ist diese Zeit vorbei. Der Gedanke an die Möglichkeit eines näheren unmittelbaren Studiums des Weltalls erscheint, wie ich glaube, noch aufregender zu sein.

Mit Füßen die Oberfläche von Asteroiden betreten, mit der Hand einen Stein vom Mond aufheben, bewegliche Stationen im Äther des Weltraums bauen, lebende Ringe um Erde, Mond und Sonne bilden, den Mars aus einem Abstand von einigen Dutzend Werst beobachten, auf seinen Trabanten oder ihm selbst landen – das wären Hirn-gepinste?

Erst in dem Augenblick aber, da man Rückstoßgeräte anwendet, beginnt eine neue große Ära in der Astronomie: die Epoche des eingehenderen Himmelsstudiums.

Setzt uns die gewaltige Schwerkraft nicht in Furcht, mehr als es nötig ist?

Die Kanonenkugel, die mit der Geschwindigkeit von 2 Kilometern pro Sekunde abgeschossen wird, kommt uns nicht erstaunlich vor. Warum soll uns ein Geschoß, das mit der Geschwindigkeit von 16 Kilometern pro Sekunde fliegt und sich auf ewig vom Sonnensystem in die Tiefen des Weltalls entfernt, dabei die Schwerkraft der Erde, der Sonne und des ganzen Systems überwindet, in Angst versetzen? Gibt es einen solchen Abgrund zwischen den Zahlen 2 und 16? Die eine ist nur 8mal größer als die andere!

Wenn es eine solche Einheit der Geschwindigkeit gibt, warum ist Geschwindigkeit von 8 solchen Einheiten nicht möglich? Ob sich nicht alles entwickelt und dabei mit überraschender Eile?

Ob die Geschwindigkeit der Fortbewegung auf der Erde von 10 Werst unseren Großmüttern nicht auch unwahrscheinlich erschien? Und jetzt fahren die Autos 100 bis 200 Werst in der Stunde! Sie fahren also 20mal schneller als man zu Newtons Lebzeiten fuhr. Und erschien es nicht unglaublich, eine andere Kraft als die der Muskeln, des Windes und des Wassers zu benutzen? Wenn man über dieses Thema redet, kann man nie zu einem Ende kommen.

Zur Zeit versuchen die fortschrittlichen Kreise der Menschheit, ihr Leben in immer künstlichere Bahnen zu lenken. Ob darin nicht der Fortschritt bestehe?

Der Kampf mit dem Unwetter, mit der hohen und der niedrigen Temperatur, mit der Schwerkraft, mit Tieren, schädlichen Insekten und Bakterien – ob jetzt nicht auch die künstliche Atmosphäre um den Menschen herum geschaffen wird?

Im Ätherraum wird dieses Künstliche seine äußere Grenze erreichen. Dafür aber wird sich der Mensch unter den für ihn günstigsten Bedingungen befinden.

Im Laufe der Jahrhunderte schaffen neue Bedingungen auch eine neue Gattung der Lebewesen. Die künstliche Umwelt wird zurückgehen und wahrscheinlich allmählich verschwinden.

Ob Wassertiere nicht auch so auf das Festland herauskrochen und sich allmählich in Amphibien verwandelten und dann in Landtiere? Die Letzteren, vielleicht aber auch die Wassertiere (fliegende Fische zum Beispiel), legten den Grundstein für die Lufttiere, d. h. fliegende Vögel, Insekten, Fledermäuse. Wird dem Sieg über die Luft nicht der Sieg über den Ätherraum folgen? Verwandelt sich nicht das Luftwesen ins Ätherwesen? Dann werden diese Wesen schon eingeborene Bürger des Äthers, der sauberen Sonnenstrahlen und der endlosen Weltraumtiefen sein.

Erdebedrohende Katastrophen wird das Rückstoßgerät verhindern

Was stellt an sich die Erdkugel dar? Sie ist eine enorm erhitzte Masse, hart im Inneren vom Druck der oberen Schichten. Näher zur Rinde ist sie flüssig und geschmolzen. Im Inneren ist sie noch eine kleine Sonne, nur außerhalb beruhigt und von einer dünnen, kalten Rinde bedeckt.

Die unter ihr noch andauernden Vorgänge, der Einfluß von Wasser, die Verdichtung

der zentralen Masse sollen ab und zu Vulkanausbrüche hervorrufen, die noch jetzt die Erdhülle erschüttern.

Wer kann sich dafür verbürgen, daß im Laufe von Jahrtausenden die potentielle Energie der Erdkugelmasse sich nicht an einem bösen Tag mit solch einer Kraft zeigt, daß sie alles Lebendige vom Erdboden hinwegfegt?

Als Ursache der Explosion kann die Bewegung der inneren Teile der Erdmasse auftreten, ihre chemische Verbindung, begleitet von der Abgabe gewaltiger Wärmemengen und Vergrößerung ihres Volumens. Daher könnte der Kataklysmus auftreten, der die organische Welt mechanisch vernichtet, wenn nicht durch Erhöhung der Boden- und Lufttemperatur. Daran kann sich die Vernichtung der höheren Tiere anschließen durch Einfließen von giftigen Gasen in die Atmosphäre.

Das Rückstoßgerät rettet in diesem Fall den Samen der Menschheit.

Der Aufprall eines Meteoriten (Aerolithen bei Z.) von einigen Werst Durchmesser auf die Erde genügte, um viele Menschen zu vernichten. Das kann ganz unerwartet geschehen, weil solch ein Aerolith als nichtperiodischer Komet aus den finsternen Räumen der Sternenwelt lange Zeit vor der Katastrophe nicht beobachtet werden kann. Der Untergang geht einher mit Erdbeben, mit Erhöhung der Temperatur der Erde und der Luft sowie mit anderen Auswirkungen. Die unerwartete Erhöhung der Temperatur würde augenblicklich alles Lebendige vernichten, was im Laufe von Jahrtausenden des Ruhestandes ihrer Rinde geboren wurde. Von den Kometen erwartete man lange den Erduntergang und nicht ohne Grund, obwohl die Wahrscheinlichkeit dieses Untergangs äußerst gering ist. Und doch kann das morgen oder in Trillionen von Jahren geschehen. Jedoch ist es recht schwer für Kometen und andere wenig wahrscheinliche, aber drohende und unerwartete Feinde, alles Lebendige mit einem Schlage zu vernichten, das sich dank den Rückstoßgeräten in Ringsiedlungen um die Sonne herum versammelt hat. Die Zahl der Bewohner des Erdballs wächst ununterbrochen und recht geschwind, trotz der vielen, ungünstigen Bedingungen. Im letzten Jahrhundert erwies sich dieser Zuwachs nicht geringer als 1 Prozent pro Jahr. Wenn man diesen Zuwachs als konstant annimmt, so wird sich die Bevölkerungszahl der Erde in 1000 Jahren um das 1000fache vergrößern. Wohin dann mit diesem Geschlecht, das auf der Erdoberfläche nicht zu ernähren ist?

Die Rückstoßgeräte erobern den Menschen grenzenlose Räume und liefern die Sonnenenergie, 2milliardenmal mächtiger als die, die von der Menschheit auf der Erde empfangen wird.

Die Sonne ist aber nicht allein. Himmelskörper gibt es zahllose. Deshalb wird nicht nur grenzenloser Raum gewonnen, sondern auch grenzenlose Energie der Strahlung zahlloser Sonnen, die für die Existenz von Lebewesen nötig ist. Daß die Annäherung an andere Sonnen möglich ist, sieht man aus folgenden Erwägungen. Nehmen wir an, daß sich das Rückstoßgerät gleichmäßig nur mit der Geschwindigkeit von 30 Kilometer pro Sekunde bewegt, d. h. 10 000mal langsamer als das Licht. So groß ist die Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne. Mit derselben Geschwindigkeit bewegen sich nicht selten auch Aerolithen, und daraus ist zu ersehen, daß diese Geschwindigkeit auch für kleine Körper möglich ist.

Da der Lichtstrahl uns von den nächsten Sternen im Laufe von einigen Jahren erreicht, werden die rückstoßgetriebenen Züge zu ihnen erst im Zeitraum von einigen zehntausend Jahren gelangen. Für das Leben eines Menschen ist dieser Zeitabschnitt natür-

lich groß, aber für die ganze Menschheit sowie auch für das Lichtleben unserer Sonne nur unwesentlich.

Im Laufe von zehntausenden Reisejahren zu einem anderen Himmelskörper wird das Menschengeschlecht, in einem künstlichen Milieu fliegend, von Vorräten an potentieller Energie leben, die es von unserer Sonne entlehnt hat.

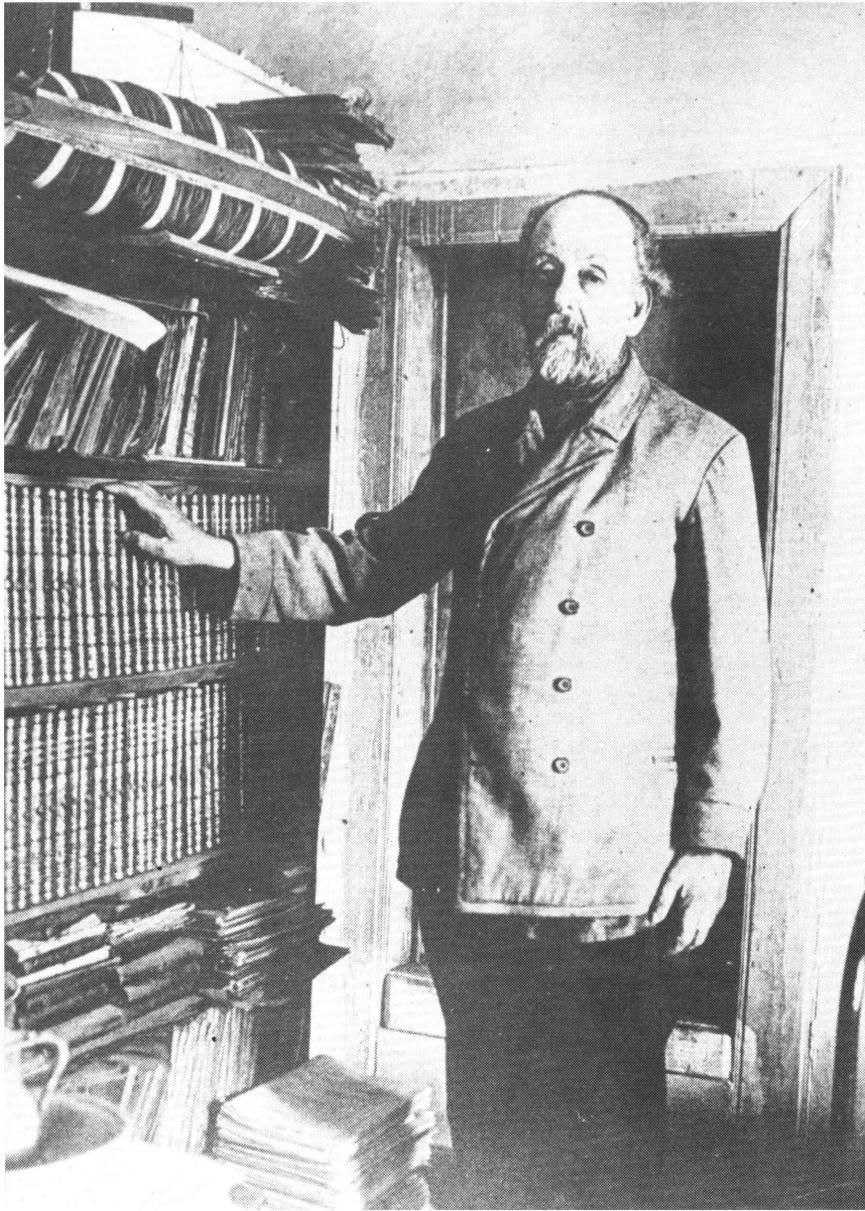
Wenn die Übersiedlung der Menschheit in die Umgebung einer anderen Sonne denkbar ist, sind dann Ängste um die Lebensdauer unseres gegenwärtigen leuchtenden Himmelskörpers unnötig? Soll er verblassen und erlöschen!

Im Laufe von hunderten Millionen Jahren werden die Menschen Vorräte an Energie machen können und mit ihrer Hilfe zum anderen Herd des Lebens übersiedeln.

Solche finsternen Ansichten mancher Gelehrten, wie über das unvermeidbare Ende allen Lebens auf der Erde durch Abkühlung in Folge des Aufhörens der Sonnenwärme, sollen nunmehr in unseren Augen nicht den Wert unbestreitbarer Wahrheit besitzen. Der beste Teil der Menschheit wird aller Wahrscheinlichkeit nach nie zugrunde gehen, wird aber von Sonne zu Sonne übersiedeln. In vielen Dezillionen Jahren werden wir vielleicht in der Nähe einer Sonne leben, die jetzt noch nicht voll entflammt ist und noch in ihren Anfängen als Nebelmaterie existiert.

Wenn wir auch schon heute in der Vorstellung leben, an die Unendlichkeit der Menschheitsexistenz glauben zu können, was aber wird dann in einigen tausend Jahren sein, wenn unsere Kenntnisse und unsere Bedingungen sich weiter verbessern? Es gibt kein Ende des Lebens, der Vernunft und der Vervollkommnung der Menschheit. Ihr Fortschritt ist ewig. Und wenn es so ist, so kann man an der Verwirklichung der Unsterblichkeit nicht zweifeln.

Schreitet tapfer voran, große und kleine Schaffenden des Menschengeschlechtes, und wißt, daß kein Bestandteil eurer Arbeit spurlos verschwindet, Euch aber unschätzbaren Nutzen für die Unendlichkeit bringen wird!



K. E. Ziolkowski in seinem Arbeitszimmer

Daza / Omas / 1897₂

16... $\frac{v}{v_1} = -L \cdot \text{nat} \left\{ 1 + \frac{M_2}{M_1} \right\}$

1

20... $v_1 = 5700 \text{ mpp.}$

$\frac{v}{v_1} = \frac{v}{5700} \left[\frac{v_1 - v}{v_1} \right]^2$

Muss sein 22

28... $t = \frac{v}{\mu}$

29... $\frac{\mu}{g}$

$\frac{M_2}{M_1}$	$\frac{v}{v_1}$	v
1	0,695	3920
2	1,098	6260
3	1,38%	7880
4	1,609	9170
5	1,792	10100
6	1,946	11100
7	2,079	11550

31... $t = \frac{v_2}{\mu}$

32... $\frac{\mu}{g-1}$

33... $\frac{v}{\mu-g}$

34... $v = v_2 \left\{ \frac{\mu}{\mu-g} \right\}$

35... $v_2 = -v_1 \left(1 - \frac{g}{\mu} \right) \left(\frac{\mu - M_2}{M_1} \right)$

$\frac{M_2}{M_1} = \frac{v_2 \left(1 - \frac{g}{\mu} \right)}{v_1 - v_2} = 1$

(53) $\frac{M_2}{M_1} = \frac{v_2 \cdot \mu}{v_1 (\mu - g)} - 1$

44... $\mu_1 = \mu - g$

45... $\mu = \frac{\mu - g}{2} \cdot t^2$

46... $\mu = \frac{v_2^2}{2(\mu - g)}$

47... $\mu = \frac{v^2}{2\mu} \left(1 - \frac{g}{\mu} \right)$

48... $\frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{g}{\mu}$

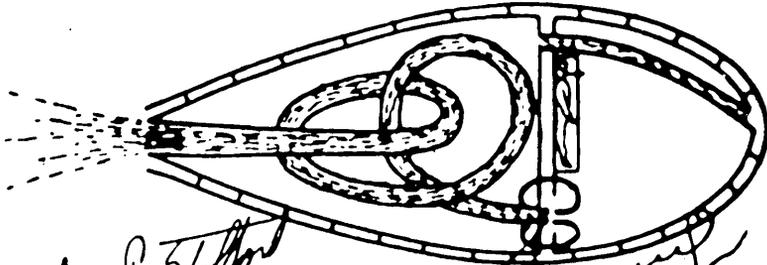
$T = \frac{v^2}{2g}$ 48

К. Циолковский

Исследование

мировых пространств реактивными приборами

(дополнение къ I и II части труда того-же названія).



John P. Stafford
July 18, 1975

Схема «Лангсты»

С. Ю. Кубасов
Аполло 101
18.07.75

ЦЕНА 15 коп

Валуга, Коровинская, д. № 61, д. 29. Циолковскому.

ИЗДАНИЕ И СОБСТВЕННОСТЬ АВТОРА.

НАЗНАЧЕНИЕ
1914

Titelseite der Ergänzung der Arbeit von 1914 mit den Unterschriften von Leonow, Kubasow und Stafford (SOJUS – APOLLO 1975)

ПРОТОКОЛ № 776

РАСПОРЯДИТЕЛЬНОГО ЗАСЕДАНИЯ МАЛОГО СОВЕТА НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ
От 9/ХІ-21 года.-

В. /7/.-О назначении т.К.Э.Цюлковскому пожизненной усиленной пенсии: /Дир.к-рс./.

В.В виду особых заслуг изобретателя, специалиста по авиации К.Э.Цюлковского в области научной разработки вопросов авиации, назначить К.Э. Цюлковскому пожизненную пенсию в размере 500.000 р. в месяц, с распространением

на этот омад всех последующих повышений тарифных ставок.-

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ: *Т.Теневич*

Ч л е н ы:

В.И.Иванов
Керемшан Мухе
В.И.Иванов

Zuerkennung einer Ehrenrente mit Unterschrift von W. I. Lenin (rechts unten)

Anhang

Verzeichnis der Arbeiten von K. E. Ziolkowski zu Problemen der Raumfahrt

1. „Der freie Raum“	1883
2. „Träume von Erde und Himmel und die Effekte der Weltgravitation“	1895
3. „Die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßgeräten“	1903
4. „Das Rückstoßgerät als Mittel für den Flug im Vakuum und in der Atmosphäre“	1910
5. „Die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßgeräten“	1911
6. Die Erforschung des Weltraums mit Rückstoßgeräten“ (Ergänzung zu den Teilen I und II)	1914
7. „Außerhalb der Erde“	1920
8. „Das Weltraumschiff“	1924
9. „Die Rakete in den Weltraum“ (Neuausgabe s. o.)	1924
10. „Die Erforschung des Weltraums . . .“ (Neuausgabe der Arbeiten von 1903 und 1911 mit einigen Veränderungen und Ergänzungen)	1926
11. „Die kosmische Rakete. Experimentelle Vorbereitung.“	1927
12. „Kosmische Raketenzüge“	1929
13. „Ziele der Raumschiffahrt“	1929
14. „Den Raumschiffahrern“	1930
15. „Das Sternraumschiff“	1932
16. „Die Schwere ist verschwunden“	1933
17. „Das Studium und die Erforschung der Stratosphäre“	1934
18. „Ausgewählte Schriften K. E. Ziolkowskis“	1934

