

Fritz Gehlhar

50 Jahre Raumfahrt – 104 Jahre Raumfahrtwissenschaft

Unser Kolloquium ist dem 50. Jahrestag des Beginns der kosmischen Ära (der Ära der praktischen Raumfahrt) gewidmet. Vor wenigen Jahren (2003) hatten Luft- und Raumfahrt ein Doppeljubiläum: den 100. Jahrestag des ersten Motorflugs der Brüder Orville und Wilbur Wright am 17. Dezember 1903 sowie ein Jahrhundert Raumfahrtwissenschaft. Flogen die Wright-Brüder 852 foot (260 m) weit, so Ziolkowski über die Atmosphäre der Erde und auch die Grenzen des Sonnensystems hinaus – die Wrights allerdings real, Ziolkowski in der Theorie.

Allerdings bedeutet dieses Doppel keine Arbeitsteilung – zumindest nicht für *Ziolkowski*. Luft- und Raumfahrt sind in der Entwicklung seiner Gedankenwelt eng verbunden.

Der Flug in den Kosmos – Mythos und Wissenschaft

Im Mai-Heft 1903 der „Wissenschaftlichen Umschau“ erschien in Sankt Petersburg der Artikel „Die Erforschung der Weltenräume mit Rückstoßgeräten“ (vgl. Bild 1).

Darin erfolgte die wissenschaftliche Begründung der Raumfahrt. K. E. Ziolkowski legte die Grundgedanken der Raketendynamik dar und führte den Nachweis, daß es prinzipiell möglich ist, mittels Raketen kosmische Geschwindigkeiten zu erreichen und damit auch den Aufstieg des Menschen in den kosmischen Raum zu vollziehen.

Die Idee der kosmischen Geschwindigkeit finden wir in I. Newtons Arbeit „Über das Weltsystem“ veranschaulicht (vgl. Bild 2).



Bild 1: Titelblatt der Zeitschrift „Wissenschaftliche Umschau“, Mai 1903

Ein von einem Berg horizontal geworfener Stein fällt nach einer bestimmten Zeit zu Boden. Je größer die Abwurfgeschwindigkeit ist, desto weiter fliegt er. Es gibt nun eine Geschwindigkeit, bei der der Stein nicht mehr auf die Erde zurückfällt. Der geworfene Körper „fällt um die Erde herum“, umkreist sie als Satellit (künstlicher Satellit oder Mond). Besagte Geschwindigkeit ist die „1. kosmische Geschwindigkeit“ (7,9 km/s). Zum Erreichen einer Ellipsenbahn um die Sonne muß ein Körper die „2. kosmische Geschwindigkeit“ (11,2 km/s) und zum Verlassen des Sonnensystems die „3. kosmische Geschwindigkeit“ (16,7 km/s) erhalten.

Phantasien über Ausflüge in himmlische Gefilde gibt es seit alten Zeiten. Denken wir an den sumerischen Mythos von Etana, dem König von Kisch (nahe Bagdad), der sich von einem Adler in den Himmel zur Göttin Ishtar tragen ließ; von dieser erbat er sich das Kraut des Gebärens, damit seine Frau ihm einen Thronfolger schenken konnte. Oder an die Sage von Dädalus und Ikarus. Die beiden wurden vom König Minos auf Kreta festgehalten. Der kunstfertige Dädalus stellte aus Federn, Bindfaden und Wachs Flügel her, mit denen er und sein Sohn sich in die Lüfte erhoben. Ikarus beherzigte nicht die

Mahnungen des Vaters, schwang sich zu weit zur Sonne empor, das Wachs seiner Flügel schmolz, sie lösten sich auf und Ikarus stürzte ins Meer.

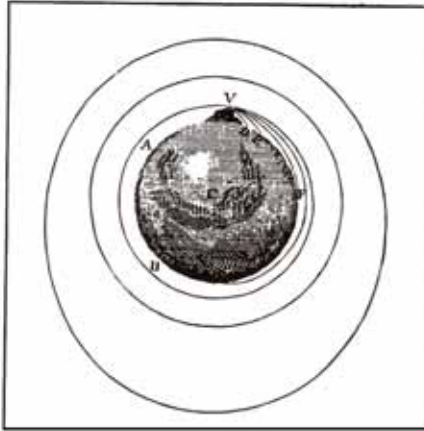


Bild 2: Zeichnung aus Isaac Newtons Arbeit „Über das Weltsystem“, nach „Sir Isaac Newton's Mathematische Prinzipien der Naturlehre“, hrsg. von J. Ph. Wolfers. Berlin 1872, S. 515

Es wären zu nennen die Legende vom chinesischen Mandarin Wang-Hu, der sich mit einem raketenangetriebenen Stuhl (eine Art Thron) in den Himmel erheben wollte (um 1500), Münchhausens Mondfahrt u.v.a.

Die Motive für derartige Erzählungen sind sehr unterschiedlicher Art: der Wunsch, den Göttern näher zu kommen oder dem irdischen Jammertal zu entfliehen; die irdischen Verhältnisse in eine ungewohnte Umgebung zu projizieren und sich auf diese Weise über sie lustig zu machen, den irdischen Verhältnissen eine ideale Gesellschaft gegenüberzustellen usw. „Es wäre“ aber – so D. B. Herrmann – „eine grobe Simplifizierung, wenn wir behaupten wollten, die Mythen von einst wären der geistige Anstoß zu einer mehrtausendjährigen Geschichte zur Realisierung von Raumfahrt gewesen.“¹ Eine derartige Impulswirkung kann man jedoch den phantastischen Erzählungen von J. Verne und anderen utopischen Schriftstellern zuschreiben. Die Raumfahrtspioniere waren von diesen wesentlich beeinflusst, auch Ziolkowski.

Dieser war allerdings später in Verlegenheit, wenn er auszumachen versuchte, wann ihm der Gedanke vom Verlassen der Erde zuerst gekommen war: Es sei „wahrscheinlich falsch, daß die Grundideen und die Liebe zum unablässigen Streben dorthin – zur Sonne, zur Befreiung aus den Banden der

1 D. B. Herrmann: Eroberer des Himmels. Urania-Verlag Leipzig, Jena, Berlin 1986, S. 13

Schwerkraft – beinahe bei der Geburt in mich gelegt wurden. Zumindest erinnere ich mich ausgezeichnet daran, daß mein Lieblingstraum, in der frühesten Kindheit, noch bevor ich Bücher las, in einer verworrenen Vorstellung von einer Welt ohne Schwere bestand, einer Welt, in der man sich frei nach allen Seiten und besser als die Vögel in der Luft bewegen kann. Auf welche Weise diese Wünsche in mir aufkamen, kann ich bis heute noch nicht verstehen. Märchen dieser Art gab es nicht; aber unklar glaubte ich, fühlte ich und wünschte ich mir gerade eine Welt ohne die Fesseln der Schwerkraft“.²

Lange bevor Ziolkowski über begründete Ansichten darüber verfügte, wie der Mensch in den kosmischen Raum gelangen könne, erarbeitete er sich detaillierte Vorstellungen über die Bedingungen des Aufenthalts des Menschen in einer Umlaufbahn um die Erde, auf dem Mond oder im interplanetaren Raum. In Manuskripten aus den Jahren 1878 bis 1883 analysierte er die Fähigkeiten von Organismen, erhöhte Schwerebelastung auszuhalten, sowie Fragen der Bewegung im „freien Raum“, d.h. in der Schwerelosigkeit. Bereits 1876 hatte er in Zentrifugenexperimenten mit Schaben und Küken die Widerstandsfähigkeit von Organismen gegenüber einem Vielfachen der Erdbeschleunigung, wie sie beim Flug von Raumschiffen – gleich welcher Art – auftreten müssen, studiert.

Ziolkowski ging die Fragen, die den Flug in den – und den Aufenthalt des Menschen im Kosmos betreffen, in ganzer Breite und sehr grundsätzlich an. So untersuchte er die Stabilität von Planetenbahnen unter Zugrundelegung des Newtonschen und anderer, von diesem abweichenden Gravitationsgesetzen. Er berechnete die kosmischen Geschwindigkeiten für die verschiedenen Körper im Sonnensystem. Er analysierte die Erscheinungen in der Schwerelosigkeit und bei nicht vorhandenem Luftwiderstand, die Wirkungsweise der mechanischen, physikalischen, chemischen und biotischen Gesetze unter diesen Bedingungen. Ausführlich ging er in den verschiedenen Perioden seines Schaffens auf die Probleme der Lebenserhaltungssysteme in Raumschiffen und außerirdischen Kolonien ein. Diese Überlegungen trieb er bis zur letzten Konsequenz voran, indem er sich vorstellte, daß im Ergebnis der weiteren biotischen Evolution sich Lebewesen herausbilden werden, die frei im kosmischen Raum leben; sie ernähren sich energetisch von der Strahlung der Sterne, vollziehen in ihrem Inneren geschlossene Kreisläufe (analog den Bi-

2 K. E. Ziolkowski: Die Erforschung der Weltenräume mit Rückstoßgeräten (1911–1912), in: Ausgewählte Arbeiten. Akademie-Verlag der UdSSR, 1962 [Russ.], S. 167. Siehe auch „Die Schul- und Volkssternwarte Suhl pflegt das wissenschaftliche Erbe von Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski“, Suhl (o. J.), S. 8

otopen, die wir in verschlossenen Glasballons halten). Sie stellen eine Art Kombination von Tier und Pflanze dar ...

All diese Fragen griff Ziolkowski Zeit seines Leben immer wieder auf und arbeitete sie nach den verschiedensten Richtungen weiter aus. Wenn wir bei ihm Arbeiten finden wie die über Sonnenkraftwerke, Kühlsysteme für Wohnungen in heißen Wüsten, aerodynamische Züge und Luftkissenfahrzeuge u.s.w., so sind sie alle einem einheitlichen Komplex von Fragen untergeordnet – der Ergründung und Schaffung der Bedingungen für die Eroberung des kosmischen Raums durch die Menschen.

Die Rakete – der Durchbruch

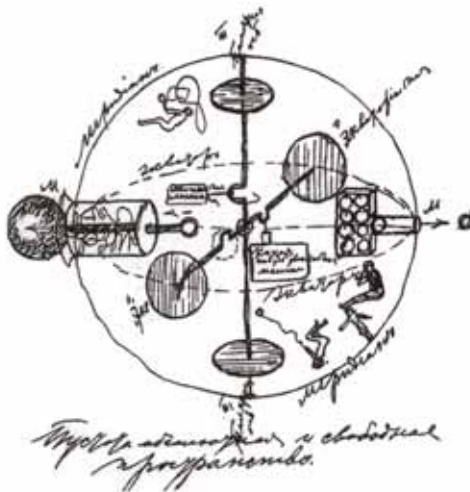


Bild 3: Skizze aus „Der freie Raum“ (1883). *Ausgewählte Arbeiten*, 1962, S. 20

Freilich wäre all dies Fiktion geblieben, hätte man nicht das Transportmittel gefunden, das die Überwindung der Erdanziehung ermöglicht. Für die Bewegung in der Schwerelosigkeit hatte Ziolkowski bereits 1878 den Gedanken der reaktiven Bewegung ins Auge gefaßt. In der Arbeit „Der freie Raum“ von 1883 „wurde endgültig die Schlußfolgerung von der Bewegung der Körper im Kosmos mittels Abgabe von Teilen ihrer Massen formuliert“³

3 T. N. Jelmina: Materialien zur Biographie K. E. Ziolkowskis. In: K. E. Ziolkowski – Forschungen zum wissenschaftlichen Erbe und Materialien zur Biographie [Russ.]. Moskau, Verlag „Nauka“, 1989, S. 126

Wie man aber von der Erde in den Kosmos gelangen könne, das war Ziolkowski lange nicht klar. Er griff zunächst auf bekannte Ideen zurück – so auf Jules Vernes‘ gigantische Kanone. Oder er entwickelte phantastische Vorstellungen: viele Kilometer hohe Gerüste oder Türme, einen sich um den Äquator bewegenden Zug, der auf die erste kosmische Geschwindigkeit gebracht wird ...

Es gehört in das folgerichtige Vorgehen Ziolkowskis, daß er sich Schritt für Schritt mit den Mitteln zur Eroberung des Luftraums beschäftigte. Als einer der ersten schlug er ein Modell eines steuerbaren Ganzmetall-Luftschiffs vor. Das „Luftschiff vom Typ Ziolkowskis“ hatte eine Besonderheit; es sollte eine zusammenlegbare Hülle besitzen. Für diese Idee der zusammenlegbaren Hülle erhielt er in vielen Staaten ein Patent. Er führte ab 1885 einen jahrzehntelangen Kampf um die Realisierung des Projekts.

Als nächstes widmete er sich der Konstruktion eines Ganzmetallflugzeuges.

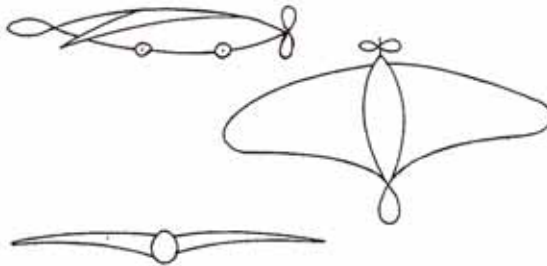


Bild 4. nach Ziolkowski: *Der Aeroplan oder die vogelartige (aviatische) Flugmaschine* (1894). In: *Ders.: Ausgewählte Arbeiten*, 1962, S.33–70; Skizze nach T. N. Jelmina

Um exaktere Vorstellungen über die Flugeigenschaften des von ihm vorgeschlagenen Apparates zu erhalten, überprüfte er experimentell den Druck, den Körper unterschiedlicher Form bei ihrer Bewegung auf ein Medium ausüben. Er widerlegte mit diesen Untersuchungen tradierte Vorstellungen. Ziolkowskis Untersuchungen zum Strömungswiderstand fanden die Anerkennung der Moskauer Akademie der Wissenschaften. Von dieser erhielt er eine gewisse finanzielle Unterstützung für diese Forschungen.

Im Jahre 1896 schlug der russische Erfinder A. P. Fjodorow einen Raketenapparat vor, mit dem die Überwindung der Erdschwere möglich sein sollte.

Seit wann es Raketen gibt, ist umstritten.⁴ Wahrscheinlich kommen sie aus China. Sie kamen verbreitet für Feuerwerk und Illumination zum Einsatz.

Die Chinesen verwandten sie im 12. Jahrhundert auch als Kampfmittel. Indische „Kampfraketen wurden 1799 bei Seringpatam gegen die Engländer eingesetzt ... Die Truppen Tippu-Sahibs demoralisierten die englische Kavallerie restlos.“⁵ Der General W. Congreve führte die Raketen in die englische Armee ein; 1807 verwüsteten seine Truppen mit 25000 Raketen (und Kanonen) Kopenhagen.⁶ In Rußland kam es im 19. Jahrhundert zu einer intensiven Entwicklung von Kampf-Raketen. Der General K. I. Konstantinow begründete die *experimentelle Raketendynamik* und wurde zum Organisator einer modernen *Massenproduktion von Pulverraketen*.⁷

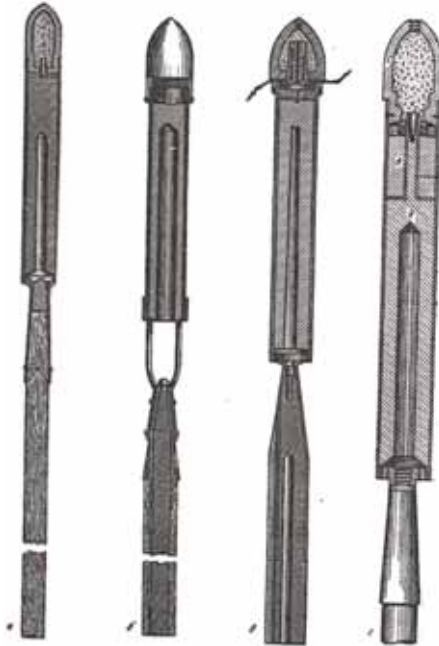


Bild 5: militärische Raketen

- 4 V. N. Sokol'ski: Grundrichtungen der Entwicklung der kosmischen Raketenwissenschaft und Technik. In: Forschungen zur Geschichte und Theorie der Entwicklung der aviatischen und kosmischen Raketenwissenschaft und Technik [Russ.], Moskau, Verlag „Nauka“, 1983
- 5 A. A. Kosmodemjanski: K. E. Ziolkowski. Verlag MIR, Moskau; Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, 1979, S. 71
- 6 Das Bombardement von Kopenhagen. In: Johann Peter Hebel. Aus dem Schatzkästlein des rheinischen Hausfreundes. Verlag der Nation, Berlin, S. 83–87
- 7 A. A. Kosmodemjanski, 1979, S. 76

Im 19. Jahrhundert gab es über 30 Projekte zu reaktiven Fluggeräten.⁸ Zum Beispiel skizzierte *N. I. Kibaltschich*, der wegen seiner Beteiligung am Attentat an Zar Alexander II. zum Tode verurteilt wurde, kurz vor seiner Hinrichtung eine Plattform, die durch Raketen bewegt wird.

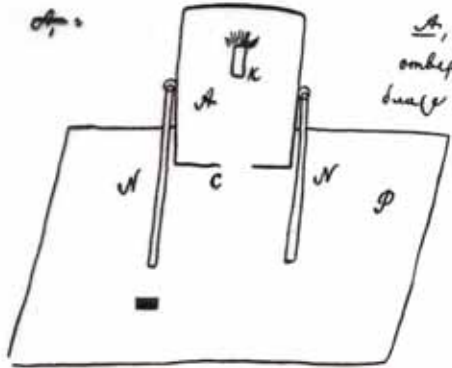


Bild 6: Kibaltschichs raketengetriebene Plattform

Jedoch hatten diese Entwürfe keinen Bezug zur Raumfahrt. Ausnahmen waren Hermann Ganswindt mit seinem „Weltenfahrzeug“ – und natürlich Ziolkowski.

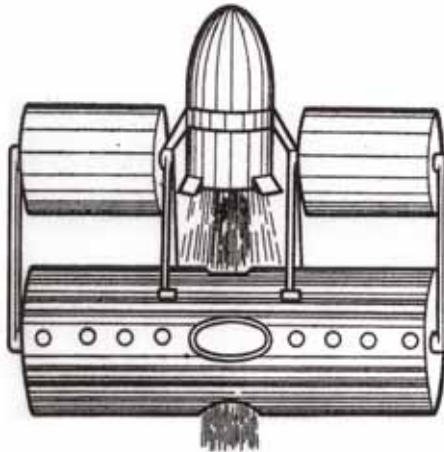


Bild 7: Ganswindts „Weltenfahrzeug“

8 V. N. Sokol'ski: „Grundrichtungen ...“, 1983, S. 159

Grundgedanken, Herangehensweise

Und nun Fjodorow: „Ein neues Prinzip der Luftfahrt, das die Atmosphäre als stützendes Medium ausschließt“ (1896). Ziolkowski fand das Buch unbefriedigend, „weil keinerlei Berechnungen gegeben wurden ... Aber in derartigen Fällen pflege ich die Berechnungen selbst vorzunehmen – von den Anfangsgründen an. Das war der Beginn meiner Forschungen über die Möglichkeit der Anwendung reaktiver Geräte für kosmische Reisen. – Keiner erwähnte vor mir Fjodorows Büchlein. Es gab mir nichts, aber dennoch gab es mir den Anstoß zu ernsthaften Untersuchungen, wie der (vom Baum) gefallene Apfel zur Entdeckung von Newtons Gravitation.“⁹ Ziolkowskis „ernsthafte Untersuchung“ bedeutete die mathematische Behandlung des Problems, deren Ergebnis die Raketengrundgleichung (1897) war. In der Diskussion der Glei-

Исѣлованіе міровыхъ пространствъ реактивными приборами.

Небольшіе аэростаты съ автоматическими наблюдающими приборами, безъ людей, до сихъ поръ поднимались только до высоты, не болѣе 20 верстъ.

Трудность поднятій въ высоту съ помощью воздушныхъ шаровъ возрастаетъ чрезвычайно быстро съ увеличеніемъ этой высоты.

Положимъ, мы хотимъ, чтобы аэростатъ поднялся на высоту 27 километровъ и поднялъ грузъ въ 1 килограммъ (2,4 фунта). Воздухъ на высотѣ 27 килом. имѣетъ плотность около $\frac{1}{10}$ плотности воздуха при обыкновенныхъ условіяхъ (760 мм. давленія и 0° Цельсія). Значитъ шаръ на такой высотѣ долженъ занять объемъ въ 50 разъ болѣе, чѣмъ внизу. У уровня же океана слѣдуетъ впускать въ него не менѣе 2 кубн. метровъ водорода, которые на высотѣ займутъ 100 куб. метровъ. При этомъ шаръ подниметъ грузъ въ 1 килограммъ, т. е. подниметъ автоматическій приборъ, а самъ шаръ будетъ имѣть килограммъ или около того.

Поверхность его оболочка, при діаметрѣ въ 5,8 метра, составитъ не менѣе 108 кв. метровъ. Слѣдовательно каждый квадратный метръ матеріа, считая и пришитую къ ней сѣтку, долженъ вѣсить 10 граммовъ, или квадратъ ширины будетъ вѣсить около 1-го золотника!

Ка. метръ этой пшечей бумаги вѣситъ 100 граммовъ; вѣсъ же кв. метра папирозной бумаги составляетъ граммовъ 50. Такъ что даже папирозная бумага будетъ въ 5 разъ тяжелѣе той матеріа, которая должна быть употреблена на нашъ аэростатъ. Такой матеріа, въ приращеніи къ аэростату, невозможно, потому что оболочка, сдѣланная изъ неж., будетъ рваться и сильно пропускать газъ.

Шары болѣешихъ размѣровъ могутъ имѣть болѣе толстую оболочку. Такъ шаръ съ небывало болѣешихъ діаметромъ въ 58 метровъ

Bild 8: Erste Seite der Arbeit

chung zog er das physikalische, thermo-chemische und technische Wissen der Zeit heran, um herauszubekommen, ob Raketen das Mittel sind, mit denen man kosmische Geschwindigkeiten erreichen kann. 1896 bis 1898 wurden die Grundgedanken ausgearbeitet; andere Arbeiten hielten ihn zunächst von der Publikation ab. 1902 war der erste Teil des Artikels verfaßt, der im Mai 1903 erschienen war.



Bild 9: Titelbild von „Ziolkowski, Ausgewählte Arbeiten“, 1962 (links), mit Raketengrundgleichung; Skizzen Ziolkowskis zu den Raketenschemata von 1903, 1911, 1913, 1914 (rechts)



Schem der Rakete im Artikel 1903; wurde nicht mitgedruckt. – Flüssiger Sauerstoff und flüssiger Wasserstoff sind durch eine Wand getrennt. In der Spitze der Rakete ist der Platz für „Passagier“. A – Ort der Mischung der Gase und ihrer Verbrennung. B – Ansatz stark entspannter und abgekühlter Dämpfe. Das Rohr A-B ist mit einer Hülle versehen, durch die ein flüssiges Metall schnell zirkuliert.



Рис. 1. Схема реактивного прибора К. Э. Циолковского, 1911 г.

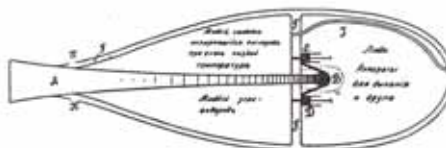
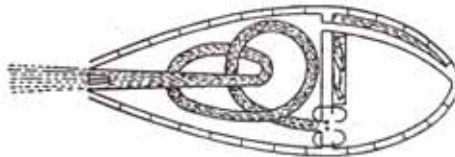


Рис. 2. Схема реактивного межкамерного аппарата «Ракета» К. Э. Циолковского, 1913 г.



Das Transportgerät ist also die Rakete; der Treibstoff soll aus Flüssigwasserstoff und -sauerstoff bestehen. Die Steuerung könne über Strahlruder erfolgen; das Triebwerk ließe sich durch die Treibstoffkomponenten kühlen ...

Im folgenden einige charakteristische Formulierungen, Grundideen und Punkte, die Ziolkowskis Herangehen demonstrieren:

„Allein die gewaltige Zunahme der Schwere ist übrigens völlig ausreichend, um von der Idee der Anwendung der Kanone in unserer Angelegenheit Abstand zu nehmen.

An ihrer Stelle oder anstelle des Aerostaten schlage ich als Erforscher der Atmosphäre ein Rückstoßgerät vor, d.h. eine Art Rakete, aber eine grandiose Rakete von besonderer Konstruktion. Die Idee ist nicht neu, doch ergeben die auf sie bezogenen Berechnungen derart bemerkenswerte Resultate, daß es ein großes Vergehen wäre, sie zu verschweigen.

Diese meine Arbeit betrachtet bei weitem nicht alle Seiten der Sache und bringt schon gar nicht Lösungen unter praktischem Aspekt – hinsichtlich der Durchführbarkeit; doch in ferner Zukunft sind durch den Nebel Perspektiven zu erblicken – derart verführerisch und bedeutend, daß von ihnen heute schwerlich jemand zu träumen wagt.“¹⁰

Als Vorteile der Rakete führt er z.B. an:¹¹ a) Die Rakete ist im Vergleich zur gigantischen Kanone federleicht; b) sie ist relativ billig und relativ leicht zu realisieren; c) Die Größe der „relativen Schwere“ (Andruck) ist durch die Stärke der Explosion regulierbar, womit – im Gegensatz zum Kanonengeschuß – Meßgeräte und Menschen befördert werden können; d) durch Regulierung des Brennprozesses ist die Erzeugung einer gewünschten Geschwindigkeit, damit auch eine sichere Landung auf einem Planeten möglich.

Ziolkowskis Herangehen:

1. Anfangen mit dem Grundsätzlichen, d.h. auch mit relativ einfachen, durchschaubaren Zusammenhängen, die der mathematischen Behandlung zugänglich sind: Raketendynamik ohne Berücksichtigung von Gravitation und Atmosphäre (Raketengrundgleichung)
2. Schrittweises Hinzuziehen weiterer Aspekte – in einer auf das Prinzipielle vereinfachten Weise: Erdanziehung mit konstantem g bis über die Atmosphäre hinaus, konstanter aerodynamischer Widerstand der Atmosphäre; hierdurch eine Abschätzung „nach oben“, d.h. tatsächliche Verhältnisse

10 Ziolkowski: Die Erforschung der Weltenräume mit Rückstoßgeräten (1903), in Ziolkowski, 1962, S. 139 f

11 A. a. O., S. 142 f.

sind günstiger. Wenn also bei seinen Idealisierungen die Sache klappen muß, dann noch mehr unter realistischen Voraussetzungen.

3. Bei jedem Punkt Abhandlung des ganzen Spektrums der Probleme, so daß sich folgendes Bild ergibt: Die Antwort auf das Grundproblem ist positiv gegeben; andererseits existiert eine Vielzahl von Problemen, die er deutlich sieht, für die er aber keine Lösung hat, zumindest keine endgültige; dafür aber eine Reihe von Vorschlägen, Vermutungen, Spekulationen ... *Um die Rakete zu realisieren, bedürfe es noch des Hundertfachen von dem, was er selbst habe leisten können.*

Beispiel für Punkt 3:

„Man braucht automatische Geräte, die die Bewegung der Rakete (so werden wir manchmal unser Gerät nennen) und die Stärke der Explosion nach einem zuvor festgelegten Plan steuern.

Wenn die resultierende Kraft der Explosion nicht exakt durch den Schwerpunkt des Geschosses geht, wird das Geschöß sich drehen und damit zu nichts taugen. Mathematische Genauigkeit für eine derartige Übereinstimmung zu erreichen ist jedoch völlig unmöglich, weil sowohl der Schwerpunkt infolge der Bewegung der im Geschöß befindlichen Gegenstände schwanken muß, und auch weil die Richtung der resultierenden Kräfte des Gasdrucks in der Kanone¹² nicht im Sinne mathematischer Strenge unveränderlich sein kann. In der Luft ist es noch möglich, das Geschöß mit einem Ruder – wie bei einem Vogel – zu steuern, aber was macht man im luftleeren Raum, in dem der Äther schwerlich irgendeine merkliche Stütze abgibt?

Die Sache ist die, daß bei einer möglicherweise nahe am Schwerpunkt des Geschosses verlaufenden Resultante die Drehung des Geschosses relativ langsam verläuft. Doch sobald sie beginnt, verschieben wir irgendeine Masse innerhalb des Geschosses so lange, bis die dadurch ausgelöste Verlagerung des Schwerpunkts das Geschöß zu einer Abweichung nach der entgegengesetzten Richtung veranlaßt. Indem wir also die Bewegung des Geschosses verfolgen und in seinem Innern eine kleine Masse verschieben, erreichen wir die Schwenkung des Geschosses mal in die eine, mal in die andere Richtung; insgesamt jedoch wird sich die Richtung der Wirkung der Explosionsstoffe und der Bewegung des Geschosses nicht ändern.

12 Ziolkowski benutzt das Wort „Kanone“ häufig zur Bezeichnung von Brennröhr oder Rakete.

Es kann sein, daß sich die Handsteuerung des Geschosses nicht nur als schwierig, sondern als praktisch geradezu unmöglich erweist. In diesem Falle muß man zur automatischen Steuerung übergehen.

Die Gründe hierfür sind nach dem Gesagten klar.

Die Erdanziehung kann hier nicht als Grundlage für die Regulierung dienen, da im Geschoß nur die relative Schwere mit der Beschleunigung W auftritt; deren Richtung fällt mit der relativen Richtung der ausgestoßenen Explosionsstoffe zusammen, d.h. sie ist der Richtung der Resultante ihres Drucks direkt entgegengesetzt. Da sich diese aber mit der Richtungsänderung von Geschoß und Kanone (Rakete) verändert, ist diese Schwere als Orientierung für einen Regulator nicht geeignet.

Vielleicht könnte man für dieses Ziel eine Magnethöhle oder die Kraft der Sonnenstrahlen, die mit Hilfe eines bikonvexen Glases fokussiert werden, verwenden. Bei jeder Drehung des Geschosses und der Kanone verändert die kleine und helle Abbildung der Sonne ihre relative Lage im Geschoß, was zur Erregung einer Gasexpansion, von Druck, elektrischem Strom und einer Massebewegung führen kann; hierdurch wird eine bestimmte Richtung der Kanone wiederhergestellt; mit dieser kommt der helle Fleck in eine neutrale, sozusagen ‚unempfindlichen Stelle‘ des Mechanismus.

Es muß zwei automatisch bewegte Massen geben.

Als Grundlage für die Richtungsregulierung des Geschosses kann auch eine nicht sehr große Kammer mit zwei in verschiedenen Ebenen schnell rotierenden Scheiben dienen. Die Kammer ist so aufgehängt, daß ihre Lage oder – genauer – ihre Richtung nicht von der Ausrichtung der Kanone (Rakete) abhängt. Wohin sich die Kanone auch dreht, die Kammer behält kraft der Trägheit – bei Vernachlässigung der Reibung – die frühere absolute Richtung (relativ zu den Sternen) bei; diese Eigenschaft äußert sich in höchstem Maße bei schneller Rotation der Kammerscheiben.

An der Kammer angebrachte feine Federn verändern bei einer Richtungsänderung der Kanone (Rakete) ihre relative Lage; dies kann einen Zug hervorrufen und der Verschiebung der regulierenden Massen dienen.

Schließlich kann das Schwenken der Rohrmündung als Mittel zur Erhaltung einer bestimmten Richtung des Geschosses dienen.“¹³

Ein anderes bemerkenswertes Beispiel betrifft den Treibstofftyp und die Erhöhung der Ausstoßgeschwindigkeit.¹⁴ Je kleiner die Atomgewichte, desto größer ist die bei der chemischen Verbindung frei gesetzte Energie und damit

13 Ziolkowski, 1962, S. 141 f.

die Geschwindigkeit der ausgestoßenen Gase. Ziolkowkis Spekulation: Wenn sich erweisen sollte, daß die Atome aus elementarerer Bausteinen bestehen, dann hätten diese natürlich ein noch geringeres Gewicht. Wenn obige Feststellung auch hier gilt, müßte bei der Vereinigung zu Atomen eine noch größere Energiemenge abgegeben werden. Das ist eine spekulative Vermutung zur Fusionsenergie. – Es geht hier nicht um die Richtigkeit des Herankehrens, sondern um die Art und Weise Ziolkowskischer Überlegungen.

Ziolkowski beschließt die Arbeit mit den folgenden Worten: „Wir könnten noch zahlreiche Betrachtungen anstellen: über die Arbeit der Schwerkraft, den Widerstand der Atmosphäre; wir haben auch nichts darüber gesagt, wie der Forscher über längere, ja sogar unbestimmt lange Zeit in einem Medium ohne Sauerstoff verbleiben kann; wir sprachen nicht über die Erwärmung des Geschosses beim kurzzeitigen Flug in der Luft; wir vermittelten kein allgemeines Bild des Fluges und der ihn begleitenden (theoretisch) hochinteressanten Erscheinungen; wir haben fast nichts gesagt über die großen Perspektiven im Falle der Realisierung unserer Sache, die sich uns noch nicht transparent darstellt, und letztlich hätten wir noch die kosmischen Bewegungsbahnen der Rakete im Himmelsraum darstellen können.“¹⁵

Nun – über die meisten dieser Themen hat sich Ziolkowski in den folgenden 30 Jahren (z. T. auch schon vor 1903) ausgiebig geäußert.

Weiterführende Ideen

Relativ spät arbeitete Ziolkowski die Idee der Mehrstufenrakete aus. Andere – wie Hermann Oberth – propagierten diese viel früher. Ziolkowski äußerte sich erstmalig in einer Publikation von 1926 hierzu. 1929 erschienen dann die „Kosmischen Raketenzüge“, in denen er die Grundlagen der mathematischen Behandlung der Mehrstufenrakete darstellt. Hierzu äußert sich W. v. Braun: „Durch ihn haben wir das mathematische Rüstzeug zum Bau mehrstufiger Trägerraketen erhalten.“¹⁶

14 Ziolkowski: Die Erforschung der Weltenräume mit Rückstoßgeräten (1903), in: Ziolkowski 1962, S. 148

15 Ebd., S. 166 f.

16 W. von Braun: „Die Ergebnisse seiner Pionierleistungen liegen für alle, die sich heute mit Raumfahrt beschäftigen, klar auf der Hand. Durch ihn haben wir das mathematische Rüstzeug zum Bau mehrstufiger Trägerraketen erhalten ...“. Zit. nach D. B. Herrmann: K. E. Ciolkovskij im Spiegel westeuropäischer Raumfahrtliteratur. Berlin-Treptow 1981 (Archenhold-Sternwarte / Mitteilungen; 125), S. 14

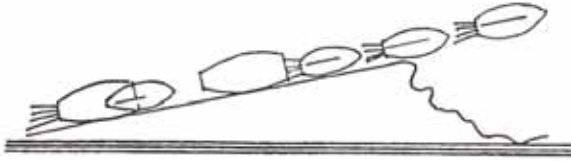


Bild 10: Skizze nach T. N. Jelmina

In den zwanziger Jahren entwickelte er ebenfalls das Konzept vom Raketenflugzeug, dem Stratoplan (Stratosphärenflugzeug) und einem von dem Stratoplan in die Stratosphäre beförderten „Sternenflugzeug“, also einem Raumgleiter.

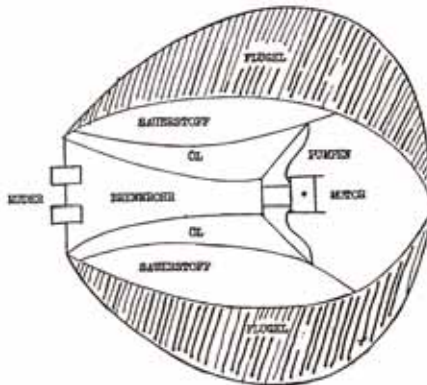


Bild 11: Ziolkowski, „Das Sternenflugzeug“ (1932). In: *Ausgewählte Arbeiten*, 1962, S. 424–425. „Das Sternenflugzeug und die ihm vorangehenden Maschinen“ (1933). In: *Ausgewählte Arbeiten*, 1962, S. 426–434

Ziolkowski war zutiefst davon überzeugt, daß die jüngeren seiner Zeitgenossen noch den Beginn der kosmischen Ära erleben würden – und daß der erste Mensch im Kosmos ein Sowjetbürger sein würde.