

Die Entwicklung der Weltraumtransportmittel

Was will der Mensch im Weltraum?

0. Vorbemerkung

Dieser Aufsatz ist nicht von einem Techniker verfaßt und nimmt auch nicht für sich in Anspruch, vollständige technische Informationen zu vermitteln. Im Gegenteil, die meisten der hier vorgestellten technischen und technikgeschichtlichen Daten sind allgemein zugänglich und lassen sich in jedem größeren Konversationslexikon nachschlagen. Belege werden daher nur dort aufgeführt, wo die allgemeine Zugänglichkeit nicht vorausgesetzt werden kann. Es ist auch nicht beabsichtigt – und der Verfasser ist dazu auch gar nicht in der Lage –, die Entwicklung der Weltraumtransporttechnik bis in alle Verästelungen hinein zu verfolgen und darzustellen. Vielmehr soll anhand der groben Entwicklungslinien, die auch dem Laien erkennbar sind, untersucht werden, ob die Entwicklung Strukturmerkmale biologischer Evolutionsvorgänge beinhaltet und welche Schlüsse gegebenenfalls daraus zu ziehen wären.

1. Evolutionäre Sicht

1.1. Problem und Ausgangspunkt

Weltraumtransportmittel wurden entwickelt, um Lasten in den Weltraum transportieren zu können, d.h. in eine Erdumlaufbahn oder aber zu anderen Objekten im All. Damit war vorgegeben, daß ein solches Transportmittel mindestens die Orbitalgeschwindigkeit (1. Kosmische Geschwindigkeit = 7.900 m/sec) oder aber die Fluchtgeschwindigkeit (2. Kosmische Geschwindigkeit = 11.200 m/sec) erreichen können muß. Der einzige Antrieb, der die Erreichung sehr hoher Geschwindigkeiten erlaubt und der zugleich auch außerhalb der irdischen Lufthülle funktioniert, ist der Raketenantrieb.

Die erste funktionsfähige Großrakete war das deutsche Aggregat 4 – auch V2 genannt (V für Vergeltungswaffe) –, das 1942 in Peenemünde erfolgreich

startete und von Wernher v. Braun konstruiert war. Die Rakete war 14 m lang und hatte einen Durchmesser von 1,85 m. Sie trug eine Nutzlast von 1 Tonne Sprengstoff bei einem Startgewicht von 12,8 Tonnen. Bei Brennschluß in 36 km Höhe wog sie noch 4 Tonnen. Das Massenverhältnis (Masse beim Start : Masse bei Brennschluß) betrug 3,2, die Strahlgeschwindigkeit 2.000 m/sec. Die Brenndauer betrug 70 sec, während dieser Zeit wurden 8.750 kg flüssiger Treibstoff verbrannt. Sie erreichte Höhen um 185 km und hatte eine Reichweite von 350 km. Ihre Endgeschwindigkeit betrug 5.400 km/h = 1.500 m/sec. Sie war mithin ein ballistischer Flugkörper und daher auch wie ein Geschöß geformt. Zur Stabilisierung während des Fluges war sie mit vier Heckflossen ausgerüstet, an denen sowohl Lufruder als auch zusätzlich in den Gasstrahl hineinragende Strahlruder angebracht waren. Obwohl sie noch keine der Kosmischen Geschwindigkeiten erreichte, gilt sie aber als die Urmutter aller späteren Weltraumraketen: Sowohl die USA als auch die Sowjetunion haben am Ende des 2. Weltkrieges alles mitgenommen und ausgewertet, was ihnen an deutschen Raketen, Raketen-teilen, Unterlagen usw. in die Hände fiel, und auch zahlreiche deutsche Techniker, Ingenieure, Konstrukteure und Wissenschaftler stellten sich mehr oder weniger freiwillig in den Dienst dieser zukünftigen Weltraumnationen (vgl. Kurowski, F. 1982).

1.2. Die Evolution der Weltraumtransportmittel

In der anschließenden kurzen Evolution der Weltraumtransportmittel, die jetzt gerade ein halbes Jahrhundert andauert, fällt zunächst eine rasante Größenzunahme auf: Die amerikanische Mondrakete Saturn-V bringt es immerhin auf über 110 Meter Länge bei einem Basisdurchmesser von 10 Metern! Der Größenzuwachs ist allerdings rein funktional bedingt. Es ist derzeit nicht möglich, mit einer einfachen Rakete von der Erde aus auch nur die Orbitalgeschwindigkeit zu erreichen und dabei auch noch eine Nutzlast mitzunehmen. Daher greift man zu einem Trick. Er besteht darin, daß mehrere Raketen quasi übereinandergestapelt werden, so daß eine Stufenrakete entsteht. Die unterste Stufe ist die mächtigste, denn sie muß das ganze Gebäude hochheben. Nach dem Verbrennen des Treibstoffes ist ihre leere Hülle überflüssiger Ballast und wird abgeworfen. Dann zündet die nächste Stufe. Sie startet mit der Endgeschwindigkeit der unteren Stufe, so daß sich bei ihrem Brennschluß beide Endgeschwindigkeiten addieren. Die Stufenrakete ist also der Schlüssel zum Weltraumtransport. Heute wird die unterste Stufe oft noch durch die seitliche oder ringförmige Anbringung sehr schubstarker Feststoffraketen, sogenannte Booster, verstärkt. Auch sie werden, nachdem sie ausgebrannt sind, abgeworfen. Obwohl diese Feststoffraketen ein sehr gutes Massenverhältnis aufweisen, weil sie im Gegen-

satz zu den Flüssigraketen keine Tanks, Pumpen, Pumpenantriebe und zugehörige Energiequellen benötigen, und obwohl sie auch relativ hohe Strahlgeschwindigkeiten erreichen (bis 3.000 m/sec), werden sie doch kaum als Trägerraketen verwendet, sondern eben nur als deren Starthilfe. Der Grund liegt darin, daß man sie nach dem Zünden nicht mehr abschalten kann, d.h. man kann sie auch nicht mehrfach zünden, und außerdem sind Schubstärke und Schubrichtung nicht so leicht zu regulieren wie bei Flüssigraketen. Die Saturn-V ist eine Dreistufenrakete, die immerhin 113 Tonnen Nutzlast in eine Orbitalbahn in 185 km Höhe oder 43 Tonnen in eine Fluchtbahn bringen kann. Sie verbrennt dafür in allen drei Stufen zusammen 2.034.900 kg + 426.800 kg + 103.420 kg = 2.565.120 kg Treibstoff, also mehr als Zweitausend Tonnen! Das sind 22,7 Tonnen bzw. 59,65 Tonnen Treibstoff pro Tonne Nutzlast.

1.2.1. Kurzer geschichtlicher Abriß der Weltraumfahrt

Die Anfänge der wirklichen Raumfahrt waren weitaus bescheidener. Bis zum 4. Oktober 1957 gab es nur ballistische Flugkörper. Dann startete in Rußland eine Rakete, die den ersten künstlichen Satelliten in den Himmel trug: Eine Kugel von 58 cm Durchmesser und 83,6 kg Gewicht umrundete die Erde in einer elliptischen Orbitalbahn zwischen 227 und 946 km Höhe. Diesem Sputnik I folgte am 3. November desselben Jahres Sputnik II, eine halbe Tonne schwer und mit einer Hündin (Laika) als Passagier. Die Amerikaner zogen nach und konnten am 31. Januar 1958 ihren nur 14 kg leichten Explorer I mit einer Jupiter-C-Rakete in eine Umlaufbahn bringen. Am 17. März folgte der mit nur 1.360 g – nicht einmal 1 Kilo! – noch erheblich leichtere Vanguard I und zwei Wochen später Explorer III. Seitdem ging es Schlag auf Schlag. Am 24. Januar 1961 gelang wiederum den Russen der erste bemannte Raumflug: Juri Gagarin umkreiste in einer Raumkapsel einmal die Erde. Die Amerikaner verfügten zu diesem Zeitpunkt immer noch nicht über entsprechend schubstarke Raketen, deshalb gelang ihnen am 5. Mai und 21. Juli 1961 auch zunächst nur zwei ballistische bemannte Flüge. Am 6. August desselben Jahres schickten die Russen ihren Astronauten German Titow für 24 Stunden auf 17 Erdumkreisungen. Erst am 20. Februar 1962 konnte Amerika aufholen: John Glenn umrundete mit einer Mercury-Kapsel dreimal die Erde. Die Sowjets begannen im selben Jahr, Gruppenflüge zu üben, und zwei Jahre später schickten sie eine 5,5 Tonnen schwere Kapsel (Woschod I) mit drei Mann Besatzung in den Orbit. Amerika rüstete derzeit gerade eine Rakete für den Abschluß der mit zwei Astronauten besetzten Gemini-Kapsel aus. Die mit diesen Raumfahrzeugen später durchgeführten Andockmanöver an einen eigens dazu im Orbit platzierten Zielflugkörper dienten bereits der Vorbereitung auf das Apollo-Programm,

auf den Mondflug also. Am 16. Juli 1969 war es dann soweit: Eine Saturn-V startete mit der Mondlandefähre und der Apollo-Kapsel mit den drei Astronauten Neil Armstrong, Michael Collins und Edwin Aldrin an Bord zum Mond. Am 19. Juli ist eine Mondumlaufbahn erreicht. Am 20. Juli kriechen Armstrong und Aldrin in die Landefähre und beginnen den durch keine Atmosphäre, sondern durch die eigenen Raketen gebremsten Abstieg. Dann setzt die Landefähre weich auf, und einen Tag später betritt der erste Mensch den Mond. Am selben Tag noch startet das Aufstiegsstück der Mondfähre zurück in die Mondumlaufbahn zur wartenden Raumkapsel, dockt an, die Astronauten kriechen zum wartenden Collins zurück, koppeln ab, beginnen den Rückflug. Vier Tage später wassert die Kapsel wohlbehalten im Pazifik. Danach starteten die Amerikaner noch fünfmal erfolgreich zum Mond, zum letzten Mal am 7. Dezember 1972. Die Sowjets waren inzwischen nicht untätig. Sie starteten am 12. September 1970 die drei Tonnen schwere unbemannte Mondsonde Luna 16, die Bodenproben erbohrte und am 20. September zurückkehrte. Kurz darauf hob Luna 17 ab. Sie setzte am 17. November ein Fahrzeug von einer Tonne Gewicht ab, das bis in den März 1973 hinein auf dem Mond herumfuhr und Daten zur Erde funkte. Es folgte noch eine rückkehrfähige Sonde, dann wurde es still um den Mond. Stattdessen konzentrierten sich beide Weltraumkontrahenten nunmehr auf die Installation von Weltraumlabor im Orbit und auf den dafür notwendigen Pendelverkehr. Während die Russen weiterhin konventionell gestartete Weltraumkapseln hierfür einsetzen, entwickelten die USA das sogenannte Space-Shuttle, ein wiederverwendbares Raumfahrzeug, das wie eine Rakete senkrecht startet und wie ein Flugzeug auf einem Fahrwerk landet. Auch in Europa existiert übrigens ein Weltraumprogramm, das am Heiligen Abend 1979 mit dem ersten erfolgreichen Start der Ariane 1 eingeläutet wurde und inzwischen zur Entwicklung einer ganzen Raketen-Familie geführt hat, deren letzter Sproß die Ariane 5 ist. Konnte die Ariane 1 gerade 1 3/4 Tonnen Nutzlast in den Orbit transportieren, schafft die Ariane 4 je nach Konfiguration zwischen 1900 und 4400 kg. Die neue Ariane 5 soll zwischen 7 und 23 Tonnen in den Orbit schießen und auch die Fluchtgeschwindigkeit erreichen können. Sie soll darüber hinaus in der Lage sein, an ihrer Spitze ein wiederverwendbares Raumfahrzeug zu tragen (Illustrierte Wissenschaft, 1994).

1.2.2. Formen und Funktionen

Nach diesem ebenso kurzen wie notwendigen Streifzug durch die Geschichte der Weltraumfahrt ist es jetzt an der Zeit, auf die eigentliche Evolution der Transportmittel einzugehen. Außer der schon erwähnten Größenzunahme und der Vervielfältigung der Organe – sprich: Stufen und

Motoren – in Form ihrer Aufeinandertürmung und auch Bündelung fällt äußerlich zwischen der deutschen Stammform (Aggregat 4) und den amerikanischen Jupiter, Thor, Atlas, Titan, Saturn und wie sie alle heißen, den europäischen Ariane- oder den russischen Transportraketen kaum eine Veränderung auf. Lediglich die Stabilisierungsflossen und Strahlruder fehlen häufig, weil die Steuerung und Stabilisierung der Flüssigraketen über bewegliche Raketenmotoren effektiver ist – hier könnte man von einer Funktionserweiterung der Raketenmotoren sprechen – und obere Stufen auch manchmal durch einen Drall stabilisiert werden, den sie bei Abtrennung der unteren Stufe erhalten. Die Drallstabilisierung könnte durch Rekombination mit der Idee des Geschosses erfunden worden sein, der die Rakete auch ihre Form verdankt. Die grundsätzliche Beibehaltung dieser Form läßt sich leicht mit den sehr strengen Selektionsbedingungen erklären: Die Rakete muß ja den Luftwiderstand überwinden und entsprechend strömungsgünstig sein, d.h. sie soll möglichst wenig Treibstoff hierfür aufwenden. Auch das völlige Fehlen jeglicher Luxusstrukturen und rudimentärer Organe läßt sich aus den Selektionsbedingungen herleiten: Sowohl aus Kosten- wie Gewichtsgründen gilt es jedes überflüssige Gramm zu vermeiden. Deshalb verdrängte die Stabilisierung durch Schwenkdüsen bzw. Drall die von den Pfeilgeschossen entlehnten Stabilisierungsflächen mitsamt ihren aus der Schiffssteuerung und Luftfahrt althekannt in der Strömung schwenkbaren Rudern, ohne Spuren zu hinterlassen. Die Raketen sind sozusagen ausschließlich auf höchste Funktionalität gezüchtet – und diese läßt eigentlich nur Entwicklungen im Bereich der bei der Fertigung verwendeten Materialien, der Steuerungstechnik und der Antriebsmittel zu, die das Gerät noch weiter optimieren. Selbst die Aufspaltung der deutschen Urpopulation in einen amerikanischen und einen russischen Zweig, die sogar extrem voneinander isoliert waren – besonders die Sowjets übten sich jahrelang in strengster Geheimhaltung! –, führte nicht zu total divergenten Entwicklungslinien im Bereich der Raketentechnik.

Nun sind allerdings die von der Erde startenden Raketen nicht die einzigen Weltraumtransportmittel. Mit dem Transport von Menschen in den Welt- raum stellte sich das Problem der Rückkehr auf die Erde. Zunächst war ja die Form der in der Nutzlastspitze transportierten unbemannten Satelliten und Raumsonden gleichgültig, da es im Weltraum keinen Luftwiderstand zu überwinden gab. Ihre Form war allein von ihrer Funktion und von der Form bzw. der Größe der Nutzlastspitze abhängig, in die der Satellit – evtl. zusammengeklappt – hineinpassen mußte. Als Passagierkapsel wurde die Nutzlastspitze jetzt aber selbst zu einem eigenständigen Weltraumtransportmittel: Die Menschen wollten ja zurück zur Erde, und deshalb mußte

die Kapsel nunmehr rückkehrfähig sein. Da sie – wie jede andere Nutzlast auch – notwendig an der Raketenspitze in den Weltraum transportiert wird – alles andere ist ja für den Antrieb reserviert – muß ihre Form ebenfalls strömungsgünstig sein. Man könnte auch von einer fraktalen Selbstähnlichkeit von Raumkapsel und Trägerrakete sprechen. Um die Kapsel bei einem Startunfall absprengen zu können, wird sie nicht in einer Nutzlastspitze untergebracht, sondern stellt selbst die Raketenspitze dar. Für den Start wird sie mit einem kleinen Hitzeschild versehen, denn obwohl die unteren, dichteren Luftschichten noch mit relativ geringen Geschwindigkeiten durchstoßen werden, entstehen Temperaturen von etwa 650°C. Beim Wiedereintritt der Kapsel in die Erdatmosphäre nach Beendigung der Mission treten dagegen Temperaturen bis 2800°C auf. Diese ungeheure Reibungshitze macht es erforderlich, die Rückseite der Passagierkabine, die beim Wiedereintritt der Erde zugewandt ist, als besonderen Hitzeschild auszubilden, der verglüht und abschmilzt. In der Atmosphäre wird die Kapsel schließlich so weit abgebremst, daß sie an einem Fallschirm landen bzw. wassern kann. Insbesondere für die Landung auf dem Erdboden können auch noch zusätzliche Bremsraketen angebracht sein. Da auch die Raumkapseln auf höchste Funktionalität gezüchtet sind, wird man zumindest vordergründig weder Luxusstrukturen noch rudimentäre Organe finden, und auch die Bandbreite möglicher Formvarianz ist äußerst schmal.

Für die Landung auf dem Mond konnte die für die Rückkehr zur Erde vorgesehene Kapsel nicht verwendet werden, da sie weder über die für die Mondlandung notwendigen Steuerungs- und Bremseinrichtungen verfügte noch überhaupt vom Mond aus wieder hätte starten können. So wurde eine spezielle Landefähre konstruiert, die aus einem Abstiegssteil und einem darauf befestigten Aufstiegssteil bestand. Wegen der auf dem Mond fehlenden Atmosphäre hing die Form der Landefähre allein von den Abmessungen des dafür vorgesehenen Stauraumes unterhalb der Raumkapsel und ihres Versorgungsteils ab, und natürlich von funktionellen Einflüssen wie bei Satelliten und Raumsonden auch. Die Landefähre landete komplett auf der Mondoberfläche. Beim Start blieb dann das Abstiegssteil stehen, und nur das Aufstiegssteil kehrte mit den Astronauten zur Raumkapsel zurück. Sowohl das Abstiegssteil wie das Aufstiegssteil waren vollwertige Raketen. Während das Abstiegssteil lediglich für die weiche Landung zu sorgen hatte, die Landefähre also nur kontrolliert abzusenken hatte, mußte das Aufstiegssteil immerhin mit seiner Nutzlast in eine Mondumlaufbahn zurückkehren. Die Orbitalgeschwindigkeit beträgt hier etwa 1.700 m/sec. (Die Apollo-Kapsel, in die die Mondfahrer dann umsteigen mußten, führte in ihrem Versorgungsteil einen Raketenmotor mit sich, der sie auf die für die Rückkehr zur Erde

erforderliche Fluchtgeschwindigkeit von 2.400 m/sec beschleunigte. Das Aufstiegsteil wurde in der Mondumlaufbahn zurückgelassen.) Da aber keine Atmosphäre und nur eine geringe Gravitation zu überwinden waren, reichte eine relativ kleine einstufige Rakete, die zudem keiner Stromlinienform bedurfte. Abstiegs- und Aufstiegsteil stammen daher durchaus von erdstarrenden Raketen ab, haben jedoch wegen der andersartigen Anforderungen zur Konzipierung völlig anderer Formen geführt, und zwar ohne irgendwelche zwischengeschalteten Übergangsformen.

Das Space-Shuttle als weiteres Weltraumtransportmittel scheint durch die Rekombination der Raketen-Idee mit der Idee des Flugzeugs entstanden zu sein. Es wurde am 12. August 1977 erstmals im Freiflug getestet. Es besteht aus dem eigentlichen wiederverwendbaren Raumtransporter, der mit drei Raketenmotoren für den Aufstieg, mit Bremsraketen für die Landung und einem Hitzeschild am Bug ausgerüstet ist sowie über Tragflächen mit Lufrudern, ein Seitenleitwerk und ein ausfahrbares Landefahrwerk verfügt. Zum Senkrechtstart wird an der Bauchseite ein riesiger abwerfbarer Treibstofftank montiert, der von zwei gewaltigen Boostern flankiert ist. 80 % des Startschubs wird von diesen Feststoffraketen erzeugt, während die Motoren des Shuttle lediglich 20 % beisteuern (Deissinger, E. 1987, 45). Gelandet wird wie ein Flugzeug, allerdings im antriebslosen Gleitflug.

Das Prinzip der Stufenrakete ist hier erstmals verlassen, allerdings nur scheinbar. Denn in dieser gebündelten Konfiguration werden ebenfalls nach und nach alle nicht mehr benötigten Komponenten abgetrennt, bis am Ende nur noch das „nackte“ rückkehrfähige Shuttle übrig ist. Es gab zwar zuvor schon eine ganze Reihe von Raketenflugzeugen, militärische Projekte wie das Jagdflugzeug Me 163 „Komet“ in Deutschland oder nach dem Krieg in Amerika etliche Versuchs- und Rekordflugzeuge, aber sie waren keineswegs als Weltraumtransportmittel konzipiert, sondern als reine Flugzeuge, nur eben mit Raketenantrieb. Allein vom amerikanischen Erprobungsflugzeug X-15 kann behauptet werden, daß es direkt der Vorbereitung des bemannten Raumflugs diene, denn es erreichte am 22. August 1963 immerhin eine Gipfelhöhe von über 100 Kilometern (Heimann, E. 1969, 183). Der unmittelbaren Entwicklung der Shuttle-Technik dienten demgegenüber die Versuche mit den sogenannten Auftriebskörpern. In ihnen sah die amerikanische Raumfahrtbehörde NASA den Prototyp des zukünftigen Raumgleiters (a.a.O., 187). Auftriebskörper besaßen keine Tragflächen, sondern der Rumpf war so geformt, daß er selbst in der Atmosphäre soviel Auftrieb erzeugte, daß das Gerät kontrolliert gelandet werden konnte. Lediglich für die Lenkung waren an der Hinterkante des Rumpfes und an kleinen Seitenleitwerken Lufruder angebracht. Beim Space-Shuttle ent-

schied man sich später dann doch für eine konventionelle Konfiguration mit kleinen Tragflächen in Deltaform. In einem weiteren Punkt unterscheidet sich die Raumfähre sowohl von der Rakete als auch vom Flugzeug – hier scheint noch eine weitere Idee zugemischt zu sein: die Idee des Pappkartons! Während Raketen ihre Nutzlast in oder an der Spitze transportieren, wird sie beim Space-Shuttle in den Rumpf geladen, fast wie beim Flugzeug, aber doch nicht genau so. Flugzeuge werden durch seitliche, nach oben zu öffnende Ladeluken beladen, die gerade so groß sind, daß die im Luftfrachtverkehr üblichen Container waagrecht hineingeschoben werden können. Spezielle Frachtflugzeuge können auch durch eine hochklappbare bzw. seitlich aufklappbare oder ganz wegschwenkbare Bugspitze oder das aufklappbare Heck über den vollen Rumpfquerschnitt und die gesamte Rumpflänge beladen werden. Die Raumfähre dagegen wird – eben wie ein Pappkarton – oben nach rechts und links über die ganze Laderaumlänge und -breite aufgeklappt. Auf der Erde kann daher die Last nicht wie beim Flugzeug einfach hineingeschoben werden, sondern sie muß mittels eines Kranes hineingehoben werden. Das ist zwar umständlicher, in der Schwerelosigkeit kann man sie dafür aber mit einfachen Bordmitteln problemlos entladen.

1.2.3. Der Stammbaum der heute existierenden Weltraumtransportmittel
Man kann relativ schnell eine Systematik der Weltraumtransportmittel entwerfen. Dabei kann zunächst unterschieden werden zwischen Raketen und Raumkapseln. Die Raketen lassen sich wieder einteilen in die reinen mehrstufigen Nutzlastraketen – evtl. mit und ohne Booster –, die wiederverwendbaren bemannten Raumfähren und die Mondfähren. Das ist schon alles. Die Systematik hat zwar etwas mit der Verwandtschaft zu tun, ist aber eher eine Begriffshierarchie als eine Abstammungshierarchie. Letztere müßte nämlich die historische Entwicklung abbilden. Wenn man wie üblich mit dem deutschen Aggregat 4 beginnt, dann wären als nächstes die frühen Entwicklungen, wie die amerikanische Redstone, die Vanguard u.a.m. zu nennen, und dann die späteren Großraketen, wie Saturn-V und schließlich die ganz modernen Ariane 5 und die russischen Energija (Deissinger, E. 1987). Als Rakete stammt auch die Mondfähre vom Aggregat 4 ab, und zwar ohne jedes Zwischenglied als absolute Mutante.

Das Space-Shuttle, das auch eine Rakete ist, stammt aber eher vom Flugzeug und vielleicht auch vom Auftriebskörper ab und ist eigentlich nur in seiner Startkonfiguration mit dem Aggregat 4 verwandt. Hinsichtlich der Beschaffenheit des Laderaums existiert darüber hinaus auch noch eine Verwandtschaft mit dem Pappkarton. Für das Aggregat 4 und die Raketenflugzeuge läßt sich eine gemeinsame Abstammungslinie noch weiter zurückverfolgen; sie enthält ballistische Raketen aller Art (vgl. auch Rauers, Fr. 1963, 496 ff.):

- Feuerwerkskörper (1040 in China bezeugt)
- Raketenwaffen (seit 1232 ebenfalls in China, über die Araber nach Europa gelangt, Erwähnung in kriegstechnischen Handbüchern des 15. Jahrhunderts, im 19. Jahrhundert fast überall in Europa bekannt und gebräuchlich)
- Signal- und Rettungsmittel (ab der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts, als die Raketen waffentechnisch durch die Entwicklung der Artilleriegeschütze überholt wurden).

Die Raumkapsel schließlich ist überhaupt keine Rakete, sondern nur die bemannte Spitze einer solchen, und stammt eher von den sonst transportierten Satelliten ab. Und genaugenommen stimmt auch das alles nur zum Teil, weil die Abstammungslinien eigentlich noch viel weiter zurückreichen und nur von daher verstehbar sind.

2. Warum der Evolutionsbegriff vielleicht doch nicht angemessen ist

2.1. Menschliche Interessen als Motor der Geschichte

Wenn wir wirklich die Geschichte zurückverfolgen, und das muß man, wenn man Abstammung und Entwicklung verstehen will, dann müssen wir fragen: Was stand denn nun tatsächlich am Anfang der Weltraumtransportmittel? Die Antwort wird vielleicht überraschen. Es war nicht das ballistische Aggregat 4, es waren auch nicht chinesische Feuerwerkskörper, sondern es waren Menschen, besessen von der Idee, fremde Welten zu erreichen! Von keinem geringeren als Wernher v. Braun stammen die folgenden Sätze, verfaßt unmittelbar nach der ersten Mondlandung: „Ein bedeutungsvoller, spannungsgeladener, historischer Moment stand uns im Sommer der siebenten Dekade des zwanzigsten Jahrhunderts bevor. Der uralte Traum der Menschheit, der Flug zu einem anderen Himmelskörper, sollte Wirklichkeit werden.“ (in: Pichler, H. J. 1969, 7) Und: „Die Landung des Menschen auf dem Mond ist das bedeutendste Geschehnis in der Evolution und Geschichte der Menschheit, seit das Leben die Meere verließ und auf dem Festland eine Heimstatt fand. ... Der Homo sapiens des 20. Jahrhunderts hat die Ketten gesprengt, die ihn bisher an den Boden seines Heimatplaneten fesselten. Er hat den ersten Brückenkopf auf einer anderen Welt errichtet und das Tor zum Weltraum aufgestoßen.“ (in: Büdeler, 1969, 5). Damit zeigt sich, daß kulturelle und technische Entwicklungen möglicherweise doch etwas ganz anderes sind als biologisch-evolutionäre. Der Mond als unser nächster Himmelskörper war es, der es den Menschen schon immer irgendwie angetan hatte. Nicht nur, daß er sich hervorragend zur Zeitmessung eignete oder als

weibliche Gottheit Verehrung genoß. Schon Plutarch (45–127 n. Chr.) nahm an, der Mond sei so etwas wie eine zweite Erde, und Lukian aus Samosata (120–180 n. Chr.) beschrieb in seiner Satire „Ikaromenippos oder Die Luftreise“ eine Mondreise mit einem von Geier- und Adlerflügeln angetriebenen Schiff. Das Schiff beherrschte als Mittel zur Überwindung des Luftmeeres jahrhundertlang die Phantasie der Menschen, und deshalb lag es nahe, es auch als geeignetes Transportmittel für die Reise zum Mond anzusehen, denn es war ja durchaus nicht klar, daß die Lufthülle irgendwo zu Ende wäre.

Von dieser frühen Idee hat das Weltraumtransportmittel seinen heutigen Namen: Raumschiff und – im Falle des Pendelverkehrs – Raumfähre. Nach Lukian war es dann 1630 Kepler, der das Thema in seinem Roman „Somnium“ (erst 1643, 13 Jahre nach seinem Tod veröffentlicht) wieder aufgriff; es folgte 1638 Francis Godwin mit „Der Mann im Mond oder Die wunderliche Reise des spanischen Abenteurers Domingo Gonzales“, 1640 John Wilkins mit „Die Entdeckung von Menschen auf dem Mond“, 1657 und 1662 Cyrano de Bergerac mit „Kosmische Geschichten der Staaten und Reiche des Mondes und der Sonne“ und viele andere, darunter Bernard de Fontenelle und Voltaire. Das berühmteste Buch, das eine Mondreise beschreibt, stammt wohl von Jules Verne (1865) und trägt den Titel „Von der Erde zum Mond“. Er läßt seine Helden mittels eines Geschosses dorthin gelangen, das von Florida aus mittels einer gigantischen Kanone abgeschossen wird und später im Ozean wassert. Die Idee, daß eine Weltraumkapsel wie ein Geschöß aussehen müßte, hat wohl hier ihren Ursprung. 26 Jahre nach dieser Vision hält der Berliner Hermann Ganswindt einen Vortrag, in dem er die Möglichkeit entwirft, eines Tages andere Himmelskörper erreichen zu können, wozu man allerdings erst noch einen Flugapparat konstruieren müsse, der durch die explosionsartige Verbrennung mitgeführter Chemikalien angetrieben würde. Von 1710 – also mehr als 150 Jahre vor Jules Verne und Hermann Ganswindt – datiert ein Kupferstich, der „Auffahrt zum Mond“ betitelt ist und eine von etlichen Raketen angetriebene Ballon-Gondel zeigt, in der ein Mensch stehend gen Himmel befördert wird (Büdeler, W. 1969, 14). Die Raketen scheinen Feuerwerksraketen zu sein. Diese sahen freilich nicht aus wie Geschosse, sondern so wie Feuerwerksraketen auch heute noch.

Es sind Pulverraketen, die durch einen langen, seitlich angesetzten Stab, der vom Gasstrahl angeströmt wird, stabilisiert werden (Rutenstabilisierung). Auf dem Kupferstich weisen die Ruten allerdings nach oben statt nach unten. Mit ihrer Hilfe scheinen die Raketen die Gondel zu schieben.

Bis in unser Jahrhundert hinein gab es zunächst nur einstufige Feststoffraketen, und deren Verbrennung ist nicht weiter zu beeinflussen. Für die

Raumfahrt schien es daher günstiger, flüssige Treibstoffe zu verwenden. Auch benötigt man – egal ob fest oder flüssig – Chemikalien, die ohne Zufuhr von Sauerstoff aus der Luft miteinander reagieren, d.h. man muß den Oxydator mitführen, weil sonst die Verbrennung mit Verlassen der Lufthülle aufhört. Als erster machte sich der Russe Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857–1935) ernsthafte Gedanken um für die Raumfahrt brauchbare Antriebe und veröffentlichte 1903 seine Ergebnisse unter dem Titel „Die Erforschung des interplanetaren Raums mit Hilfe von Strahltriebwerken“. In Amerika war es Robert Hutchins Goddard (1882–1945), dem ab 1926 einige Starts von Flüssigraketen gelangen. In Deutschland theoretisierte Hermann Oberth, ohne von Goddard zu wissen, aber aufbauend auf Ziolkowskis Arbeiten, über „Wege zur Raumschiffahrt“. Das Mehrstufenprinzip ist seine Erfindung, und sein früherer Mitarbeiter Wernher v. Braun baute die erste Großrakete, die zugleich die erste zufriedenstellend funktionierende Flüssigrakete war: das Aggregat 4. Er hatte dazu die Forschungsanstalt in Peenemünde mit ihren Mitarbeitern zur Verfügung, weil in der Rakete die geeignete Vergeltungswaffe für das alliierte Bombardement deutscher Städte mittels strategischer Bomberflotten gesehen wurde. Sie sollte das Kriegsglück noch in letzter Minute zu Gunsten Deutschlands wenden. Dies tat sie nicht, aber sie wurde – und damit kehren wir zu unserem Ausgangspunkt zurück – eben nicht nur die Urmutter aller modernen Raketenwaffen, sondern auch aller Weltraumraketen.

2.2. Variation, Selektion und was der Mensch im Weltraum will

Bei der Entwicklung der Weltraumtransportmittel hat eine Produktion zahlreicher Varianten stattgefunden, die dann teils schon in der Planungsphase, teils erst im Gebrauch einer strengen Selektion unterlagen. Es ist leicht zu erkennen, daß die isolierte Betrachtung der Artefakte, d.h. der Raketen, Raumkapseln und Raumfähren, auch tatsächlich Entwicklungslinien und „Entwicklungsgesetze“ offenbart, wie B. Rensch (1970, 122ff.) sie für kulturelle Entwicklungen geltend macht, etwa eine „Höherentwicklung“, die schließlich in einem „weitgehend stabilen Zustand“ endet (a.a.O., 127), „Parallelbildungen“ (a.a.O., 125) zwischen sowjetischen und amerikanischen Entwicklungen oder auch „Bastardisierungen“ (a.a.O., 128), wie am Beispiel des Shuttle gezeigt. Auch Riedls „evolutionäre Ordnungsmuster“ der Norm, Hierarchie, Interdependenz und Tradierung (Riedl, R. 1975 u. 1994) lassen sich gewiß ohne großen Aufwand nachweisen. Was sich jedoch aus leicht einzusehenden Gründen nicht findet, sind die von O. Koenig (1975, 154ff., vgl. auch Liedtke, M. 1994, 12ff.) gefundenen „evolutionären Tendenzen“ (Luxurierung, Dekor- und Ornamentbildung usw.). Sie treten nämlich überhaupt nur in Erscheinung,

wenn „der Funktionsdruck absinkt“ (Koenig, O. 1975, 154), und das kann man bei den Raumtransportern nun wirklich nicht behaupten!

Am Beispiel der Weltraumtransportmittel läßt sich aber auch zeigen, daß bei aller Übereinstimmung in formalen Verläufen und Prinzipien die Entwicklung auf gänzlich anderen Mechanismen beruht als die biologische Evolution. Die oben verwendeten Begriffe „Abstammung“, „Mutation“ und „Rekombination“ scheinen irgendwie nicht ganz passend zu sein, dasselbe gilt für den Evolutionsbegriff überhaupt. Die biologische Evolution kann als ein materieller Prozeß der Selbstentfaltung verstanden werden: Die DNS ist Materie, und sie wird ganz konkret bei der sexuellen Fortpflanzung neu kombiniert und bewirkt in dieser Komposition die Entwicklung eines materiellen Organismus allein aus einer einzigen befruchteten Eizelle (Zygote), in der sie selbst das steuernde Element darstellt. Der Organismus sondert wiederum Fortpflanzungszellen ab, die die DNS enthalten. So wird die DNS in einem immerwährenden materiellen Prozeß durch Tausende von Generationen als materielle Struktur und ohne irgendeine zwischengeschaltete Instanz hindurchgereicht. Entlang dieser Keimbahn (vgl. Rensch, B. 1970, 14 ff.) geschieht die biologische Evolution, indem einzelne Kompositionen von DNS aufgrund der Bedingungen, die die aus dieser Komposition erwachsenen Organismen zufällig antreffen, größere Vermehrungsraten aufweisen als andere. Bei der Befruchtung als materiellem Vorgang – väterliche DNS verbindet sich mit mütterlicher DNS – hat Rekombination einen Sinn und Abstammung als materielle Verbundenheit mit den Vorfahren auch.

Bezüglich der sogenannten kulturellen Evolution wird nun vielfach versucht, das Prinzip von Variation und Selektion auf irgendeine Entsprechung der Erbsubstanz anzuwenden. Es sind hier Begriffe wie „Kultur-Gen“ (Cloak, F. T. 1975) oder „Mem“ (Dawkins, R. 1978) im Gebrauch: „Beispiele eines Mems sind Melodien, Gedanken, Schlagworte, Kleidermode, die Art Töpfe zu machen oder Bögen zu bauen. So wie Gene sich im Genpool vermehren, indem sie sich mit Hilfe von Spermien oder Eiern von Körper zu Körper fortbewegen, so verbreiten sich Meme im Mempool, indem sie von Gehirn zu Gehirn überspringen mit Hilfe eines Prozesses, den man in einem allgemeinen Sinn als Imitation bezeichnen kann.“ (Dawkins, R. 1978, 227). Der kulturelle Evolutionsprozeß soll dann analog zum biologischen aus Memmutation, Rekombination und Selektion bestehen (als jüngstes Beispiel siehe Hilgers, U. 1994!).

Diese Sichtweise könnte sich als schlicht falsch herausstellen. Nicht daß gewisse Analogien abzustreiten wären, die gibt es sicher: In Konstruktionsbüros werden verschiedene Pläne geprüft und einige verworfen, aus dem Warenangebot verschwinden Produkte, weil keiner sie kauft, man kann

Gegenstände verzieren und dadurch gefragt machen, man kann funktionslos gewordene Teile umfunktionieren, man kann durch mehr oder weniger spielerisches Probieren, Variieren, Aneinanderfügen usw. zu neuen Formen und Funktionen kommen, durch einfache Wahrnehmung sowie durch Lesen und Diskutieren kommt man mit den Ideen anderer Menschen in Berührung und kann sie anschließend selbst verwenden usw. Nur, und genau das macht den Unterschied, nirgendwo existieren freischwebende, irgendwie isolierbare materielle Meme, die mutieren und sich rekombinieren könnten usw. Es sind immer nur individuelle Gedanken in individuellen Köpfen, die über die von diesen Köpfen gesteuerten Hände zu Artefakten gerinnen, an denen man dann die kulturelle Evolution ablesen kann. Wir ziehen daher die Bezeichnung „Mentifakt“ (Lumsden, Ch. J. /Wilson, E. O. 1981) dem Membegriff vor, denn Mentifakt besagt, daß es sich um ein immaterielles Produkt eines menschlichen Gehirns handelt, das allerdings kommunikabel ist. Kommunikation heißt aber immer auch Interpretation, und allein schon deshalb kann es sich überhaupt nicht fortpflanzen wie materielle DNS etwa.

Die DNS entfaltet zwar in einem Vorgang der Epigenese das menschliche Gehirn als materielle Struktur, und was in diesem Gehirn passiert, gehorcht mit Sicherheit physikalischen Gesetzen. Das, was wir denken, das, was uns antreibt, das, was unsere Interessen und unser Empfinden und unser Handeln steuert, hängt auch gewiß mit ihnen zusammen. Aber die Art, wie wir uns selbst und die Welt um uns wahrnehmen und erleben, ist daraus nicht abzuleiten. In diesem Sinne gelten die möglichen Bewußtseinsinhalte und damit auch die Mentifakte als immateriell. Wenn auch, wie beim chinesischen Feuerwerk, zufällige Entdeckungen den Ausgangsstoff für spätere technische Entwicklungen abgeben mögen, stehen doch Mentifakte, also Ideen, Pläne usw. am Anfang der sich daraus ergebenden menschlichen kulturellen und technischen Produkte, der Artefakte mithin. Initiiert, flankiert und verstärkt werden sie aber sicherlich auch noch von unbewußten organismischen Interessen, in Form von Antrieben etwa, von ästhetischen Empfindungen und dergleichen. Die Entstehung von Artefakten ist daher nur als ein vielfach innerzerebral und extrazerebral vernetzter Prozeß zu verstehen, in dem je nach Aufgabenstellung nicht nur individuelles Wissen und Können, sondern auch organismisch-menschliche Interessen und ästhetisches Empfinden eine Rolle spielen. Wenn also im Laufe der Geschichte irgendwelche artifiziellen Strukturen etwa luxurieren, dann sagt das nichts über die Gegenstände und auch nichts über Memmutationen, sondern allein etwas über den Menschen, der solchen Zierrat mag, ihn vielleicht sogar mit einer besonderen Bedeutung belegt und ihn deshalb entweder hervorbringt oder erwirbt und damit zugleich auch die Selektionsbedingungen am Markt definiert.

Mit technischem Gerät, das funktionell sein muß, verhält es sich ganz ähnlich. Am Anfang der Weltraumfahrt stand der Wunsch des Menschen, den Mond zu besuchen. Eine Spezies, die sich vermehrt, benötigt Raum. Deshalb wurde aus den romantischen Träumen sehr bald die Hoffnung, den Mond und eines Tages auch andere Himmelskörper nicht nur zu besuchen, sondern zu besiedeln, mindestens aber die dort vermuteten Ressourcen auszu-beuten. Die „Eroberung des Weltraums“ war als Schlagwort geboren. Zugleich begann das „Wettrüsten im All“, weil sehr schnell begriffen wurde, daß vom erdnahen Raum aus jeder Punkt der Erde überwacht und bedroht werden konnte. Das Interesse am Territorialgewinn fand seinen augenfälligen Ausdruck darin, daß der erste Amerikaner auf dem Mond dort ganz selbstverständlich das Sternenbanner entrollte und nach alter Manier den Himmelskörper augenscheinlich für sein Land in Besitz nahm. Dies war natürlich nur ein symbolischer Akt, aber angesichts der Alternative „UNO-Flagge oder Stars-And-Stripes“ hat der Amerikanische Kongreß sich doch lieber für die eigene Fahne entschieden (Pichler, H. J. 1969, 40 f.). Daß tatsächlich die Inbesitznahme im Namen der ganzen Menschheit geschah, wurde stattdessen durch die Mitnahme der Fähnchen aus 136 Ländern – darunter auch jeder einzelne amerikanische Bundesstaat! – symbolisiert, die nach der Rückkehr den einzelnen Staatsoberhäuptern überreicht wurden. Noch weitere interessante Markierungen wurden auf dem Mond gesetzt: fünf Bronzemedailien mit den Bildnissen verunglückter sowjetischer und amerikanischer Astronauten (Kommentar Pichler, H. J. [1969, 41]: „Die Opfer der so jungen Weltraumfahrt sollten auf dem eroberten Mond durch ein Monument geehrt werden.“), ein Mikrofilm mit 153 teilweise handschriftlich verfaßten Botschaften, einschließlich einer von Papst Paul VI. (Pichler, H. J. 1969, 41), und an einem Bein der Landefähre eine Metallplakette mit der Abbildung der Erde, den Unterschriften der drei Mondfahrer und des Präsidenten Nixon sowie der Aufschrift „HERE MEN FROM THE PLANET EARTH FIRST SET FOOT UPON THE MOON. JULY 1969, A. D. WE CAME IN PEACE FOR ALL MANKIND“ (Büdeler, W. 1969, 169). Die „feierliche Enthüllung“ dieser Plakette auf dem Mond beschreibt Pichler so: „Armstrong liest den Text vor, und der Sprecher in Houston wiederholt ihn laut und deutlich.“ (Pichler, H. J. 1969, 39). Es wurde praktisch kein bekanntes und unter den gegebenen Bedingungen anwendbares Territorial-Ritual ausgelassen! Auch das Interesse an gegenseitigem Imponiergehabe wurde in der Raumfahrt befriedigt und nicht nur in einen „Wettlauf zum Mond“ umgesetzt, sondern eben auch ganz konkret in militärische Weltraumprojekte. Inzwischen werden aber auch immer mehr rein kommerzielle Satelliten ins All geschossen, für Vermessung, Kommunikation usw. Die Anbieter von Transportkapazitäten scheinen sich hier einen gnadenlosen Konkurrenz-

kampf zu liefern (Deissinger, E. 1987, Illustrierte Wissenschaft, 1994). Da die notwendigen Transportmittel enorm teuer sind, werden sie unter streng funktionellen Aspekten konstruiert und laufend im Hinblick auf das Preis-Leistungs-Verhältnis verbessert. Auch hier definiert allein der Mensch mit seinen Wünschen und Interessen, was überhaupt begonnen wird.

Die Ausgangslage ist also eine ganz andere als in der biologischen Evolution, und die Mechanismen sind es auch. Die Produktion von Artefakten ist nicht dasselbe wie die epigenetische Ausfaltung von Organismen aus der Zygote, und deshalb haben Amerikaner und Russen am Ende des letzten Krieges aus Deutschland nicht nur Artefakte (fertige Raketen, Raketenteile, Fertigungsapparaturen, Pläne, Zeichnungen usw.) mitgenommen, sondern auch gleich die Köpfe, in denen die entsprechenden Mentifakte sich befanden. Und diese Mentifakte sind in den Köpfen nicht wie materielle Gene organisiert, sondern einmalig, individuell mit anderen tausendfach verknüpft und individuell interpretiert, abhängig von früheren Erfahrungen, von Interessen, von Denkgewohnheiten usw. Mentifakte werden auch nicht durch Imitation vererbt, sondern gar nicht. Gene werden als materielle Strukturen weitergegeben: entweder man hat sie oder man hat sie nicht, und wenn man sie hat, dann hat man sie so, wie sie sind, und ihre Wirkung gehorcht physikalischen Gesetzen. Mentifakte dagegen hat man nur als angeeignete, interpretierte und assimilierte, und deshalb hat sie jeder auf seine Weise. Mentifakte bringen auch nicht in Form epigenetischer Vorgänge Artefakte hervor, sondern wiederum überhaupt nicht. Artefakte werden immer von ganzen Menschen produziert, allein oder im Team. Deshalb unterliegen Mentifakte auch keiner Selektion, die der natürlichen vergleichbar wäre – sie sterben mit dem Kopf, der sie enthält, aber sie befinden sich in vielen Köpfen, sich niemals völlig gleich und immer eingewoben in die Individualität ihres „Besitzers“ sind. Auf der Basis seiner Mentifakte und nach seinen Wünschen, Bedürfnissen und Fähigkeiten produziert der Mensch Artefakte. Sie werden dann wohl selektiert – aber auch nur danach, ob sie den Ansprüchen der Menschen genügen oder nicht. Die Selektion von Artefakten nach Nützlichkeit und Funktionalität ist immer eine, die genau wie schon die Produktion allein von den Interessen, Absichten und Zwecken des Menschen bestimmt wird, ob diese nun immer bewußt sind oder nicht. Es mag noch eine zweite geben, nämlich die Selektion nach Gefallen, nach Schönheit. Beide zeigen eine gewisse Übereinstimmung mit einer besonderen Variante der natürlichen Auslese: der sexuellen Selektion. Denn nur bei dieser sind es lebende Organismen, die durch ihr Wahlverhalten bzw. die Form ihrer Selbstdarstellung bestimmte Merkmale bzw. Merkmalsausprägungen bevorzugt zur Vermehrung zulassen. Hier entscheiden Subjekte

nach evolutionär festgelegten Kriterien, was evolutionär Bestand haben soll. Vielleicht bestimmen solche Kriterien auch die Wünsche und Träume der Menschheit, und möglicherweise sind sie für das Verständnis kultureller und technischer Entwicklungen ebenso bedeutsam wie augenfällige Übereinstimmungen mit allgemeinen Evolutionsprinzipien. Die entscheidende Frage „Warum arbeiten einzelne Menschen so unbeirrt und manchmal geradezu verbissen an ihrer gezielten Verwirklichung?“ kommt bei der Suche nach strukturellen Übereinstimmungen zwischen biologischer Evolution und technischen Entwicklungen gar nicht erst in den Blick. Ihre Beantwortung könnte sich aber eines Tages als der wichtigste Schlüssel für das Verständnis technischer Entwicklungsvorgänge erweisen.

Literatur

- BÜDELER, Werner (1969): Projekt Apollo, Gütersloh.
- CLOAK, F. T. (1975): Is a Cultural Ethology Possible? *Human Ecology* 3/3, 161–182.
- DAWKINS, Richard (1978): *Das egoistische Gen*, Berlin/Heidelberg/New York.
- DEISSINGER, Ernst (1987): Die neue sowjetische Riesenrakete, P.M. 12/87, 40–48.
- HEIMANN, Erich H. (1969): *Um die Wette mit dem Schall. Die schnellsten Flugzeuge und ihre Geschichte*, Düsseldorf.
- HILGERS, Uwe (1994): Die Evolution der Holzblasinstrumente – Ein Vergleich zwischen biologischer und kultureller Evolution, *MNU* 47/4, 195–201.
- ILLUSTRIERTE Wissenschaft (1994): Erfolgreicher Kurs in den Orbit, *Illustrierte Wissenschaft* 3/11, 28–33.
- KOENIG, Otto (1975): *Urmotiv Auge. Neuentdeckte Grundzüge menschlichen Verhaltens*, München.
- KUROWSKI, Franz (1982): *Alliierte Jagd auf deutsche Wissenschaftler. Das Unternehmen Paperclip*, München.
- LIEDTKE, Max (1994): *Kulturethologie. Entstehung und Funktion einer neuen wissenschaftlichen Disziplin*, in: Liedtke, Max (Hrsg.): *Kulturethologie. Über die Grundlagen kultureller Entwicklungen*, München, 1994, 8–16.
- LUMSDEN, Charles J./WILSON, Edward O. (1981): *Genes, Mind and Culture. The Coevolutionary Process*, Cambridge.
- PICHLER, Herbert J. (1969): *Die Mondlandung. Der Menschheit größtes Abenteuer*. Wien/München/Zürich.
- RAUERS, Friedrich (1963): *Vom Wilden zum Weltraumfahrer. Die Geschichte des Verkehrs von den Anfängen bis zur Gegenwart*, Bad Godesberg.
- RENSCH, Bernhard (1970): *Homo sapiens. Vom Tier zum Halbgott*, Göttingen (3. Auflage).
- RIEDL, Rupert (1975): *Die Ordnung des Lebendigen. Systembedingungen der Evolution*, Hamburg/Berlin.
- RIEDL, Rupert (1994): *Ordnungsmuster der Evolution*, in: Liedtke, Max (Hrsg.): *Kulturethologie. Über die Grundlagen kultureller Entwicklungen*, München, 1994, 18–25.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Matreier Gespräche - Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Wilheminenberg](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [1996a](#)

Autor(en)/Author(s): Promp Detlef W.

Artikel/Article: [Die Entwicklung der Weltraumtransportmittel. Was will der Mensch im Weltraum? 299-314](#)