

Raumfahrt- wohin & wozu ?

Inhalt

Teil I:

Wohin ?

Mittel & Ziele; Besiedlung & Terraforming des Planetensystems, kstl. Habitate & Ökosphären, allgemein unsere kosmische Zukunft und die unserer Nachfahren

- Allgemein Raumfahrt
 - Raumstationen im erdnahen und geolunaren Raum
 - die irdische Energiesituation und wie Raumfahrt sie verbessern kann
 - LichtSpiegelTechnik und Energiesatelliten
 - Soletta, Lunetta, SSPS
- Geoengineering & Terraforming
 - allgemeines über Terraforming
 - Paraterraforming
 - Geoengineering
- Pantropie & Human Engineering
- Mond
 - Missionen, lunare Astronomie, Rohstoff- und Energiegewinnung, Besiedlung usw.
- Venusterraforming
 - Impakte
 - Solarschilde
 - Ballonstädte

- Mars
 - Missionen,
 - Rohstoff-und Energiegewinnung,
 - Besiedlung & Terraforming
 - Weltraumspiegel
 - Impakte
 - Phobos & Deimos
- Weltraumkolonien - Städte im All
- Planetoiden
- Kometen
- Die Gasplanetensysteme
- Kolonien um Schwarze Löcher
 - Energiegewinnung
 - Wechselwirkungen zwischen Schwarzen Löchern und Wurmlochern
- Raumfahrt, KI & die Zukunft der Menschheit
- die technologische Singularität
 - Nanotechnologie, KI, Gentechnologie
- Katastrophen
 - Impakte
 - Sonne als Roter Riese
 - Nemesis
 - Galaxienverschmelzung
 - Tod des Universums

- geschlossenes Universum
- offenes Universum

Teil II:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

- Multigenerationenschiffe, Kryogenik, Pantropie bzw. H.E.,
- Antriebsformen für Raumflugkörper
 - Treibstoffmitnahme
 - thermochemischer Antrieb
 - Kernspaltantriebe
 - thermische Nuklearrakete
 - nuklearelektrische Antriebe, Ionenantrieb
 - nukleare Pulsantriebe
 - Projekt ORION
 - EPPP-Raumschiffe
 - Projekt PROMETHEUS
 - Kernfusionsantrieb
 - Bussard-Antrieb
 - Projekt LONGSHOT
 - Projekt DAEDALUS
 - Zerstrahlungsantrieb, Photonenrakete
 - relativistische Raumfahrt, interstellarer Flug
 - Dilatation, Farbveränderungen,

- Aberration
 - Alternativen zur Photonenrakete
 - Mikrosonden
 - schwarze Mikrolöcher
 - negative Schwerkraft
 - Trägheitslosigkeit
- ohne Treibstoffe
 - die Himmelsleiter
 - Himmelshaken, Raumleinen
 - die elektrodynamische Massenschleuder
 - Solar-u. Lasersegel
 - solarelektrische u.-thermische Antriebe
 - Materiesegel
 - "Lichtkraft"
 - Magnetsegel
- FTL-Antriebe, Designer-Raumzeiten & Zeitmaschinen
 - Problem Lichtmauer, Zwillingsparadoxon usw.
 - Teleportation
 - Space Drives
 - das Differentialsegel
 - das Diodensegel
 - das Induktionssegel
 - das diametrische Segel
 - Pitch Drive
 - Bias Drive
 - Disjunction Drive
- VSL & kosmische Strings
- Einstein-Rosen-Brücke, Kerr-Newman-Tunnel
- SEKOs

- Wurmloch
- Warpantrieb

Teil III:

SETI usw., Typ I-VII,

- Exoleben
 - Leben ohne Chemie
 - Radioben
 - Plasmoden
 - auf Neutronensternen
- Typ I bis III (bis VII)

Teil IV:

Warum ?

oder wie Raumfahrt auf uns zurückwirkt:

- utilitäre und transutilitäre Raumfahrt
- Raumfahrt & Negentropie
- Raumfahrt als kulturelle Komponente
- Raumfahrt als Evolutionssprung

Vorwort

Stellen Sie sich vor, Sie fahren mit einem Fahrstuhl in 100 Meter Höhe und steigen in eine 3000 t schwere Rakete, die Sie in wenigen Stunden weit weg von der Erde bringt - zum Mond. Einer komplett anderen Welt, auf der noch nie jemand vor ihnen war. Sie sind der erste. Sie werden eine Welt betreten, auf der es keine Luft, kein Wasser, kein Leben gibt - auch wenn Ihnen Ihre Erfahrung und Ihre Fantasie Ihnen etwas anderes suggerieren - Sie sind allein. Dort wo es hell ist, beträgt die Temperatur 150°C, in der Dunkelheit, die wie mit der Schere ausgeschnitten zu sein scheint, sind es -120°C. So angestrengt Sie auch lauschen, sie hören nichts weiter außer sich selbst, den eigenen Herzschlag, das eigene Atmen...und hoch über sich sehen sie Ihre Heimat - die blaue Erde, mit all ihren Menschen, all ihrem Leben; sie ist größer als der Vollmond auf der Erde, genauer viermal so groß.

Von 1969 bis 1972 landeten 12 Menschen auf dem Mond, führten Experimente durch und stellten Meßgeräte auf; was aber noch wichtiger ist, sie waren für einige Tage auf einer Welt, die sich extrem von ihrer bisherigen Heimat unterschied: keine Luft, keine Wolken, keinen blauen Himmel, keine Pflanzen, keine Tiere, keine bunten Farben; sie *erlebten* den Mond und er wirkte auf sie zurück: still, lautlos, trocken, staubig.

Wie geht es weiter?

In den nächsten Jahrzehnten werden Menschen sehr wahrscheinlich nicht nur zum Mond zurückkehren, sondern auch auf dem Roten Planeten landen und sich wahrscheinlich dauerhaft auf diesen Welten niederlassen und Kolonien gründen, sie also besiedeln. Dann, in 100 oder 1000 Jahren wird diese zukünftige Menschheit zu einer interplanetaren Spezies.

Noch weiterreichende Extrapolationen gehen sogar von interstellaren Flügen aus; vielleicht von Komet zu Komet, vielleicht auch von Stern zu Stern - auf vielfältige Weise: in Multigenerationenschiffen, in

relativistischen Photonenraketen oder als Emulationen.

Wenn es unseren Nachfahren bzw. intelligenten technischen Lebensformen gelingt, interstellare und möglicherweise intergalaktische Räume zu kolonisieren, wie wird es dann auf das Universum einwirken? Könnte Bewußtsein sogar zum kosmologischen Faktor werden und die weitere Entwicklung des Weltalls steuern?

Zumindest die physikalischen Gesetze scheinen nicht dagegen zu sprechen...

Wetter-und Klimabeeinflussung durch Lichtspiegeltechnik also Weltraumspiegel und SSPS, lunares Helium-3, Photonentriebwerke, Von-Neumann-Sonden, Neutronium, Endsingularität, , ISRU, chemophysikalische Terraforming-Teilprozesse, Ballonstädte, Solarschilde, Geoengineering, Pantropie, Nanotechnologie, Computer-Gehirn-Schnittstellen, VR und Emulationen, Kunstsonnen, Artefakte, KENE uvam. stehen für eine spekulative Thematik, die manchmal vielleicht eschatologisch jedoch keinesfalls esoterisch ist, sondern sich innerhalb eines physikalischen Rahmens mit zugegebenermaßen wissenschaftlich-technischen "Ultra"-Extrapolationen bewegt .

Dieses Buch versucht Anregungen zu geben, Möglichkeiten anzudeuten; kurz: es wagt Visionen. Aufgrund der Komplexität dieses Themas kann es nur anreißen, andeuten; denn bis das hier Geschilderte real wird bzw. werden könnte, werden Jahrhunderte und Jahrtausende vergehen.

Es sei denn, unsere Technologie, vor allem so genannte Scheitelpunkttechnologien wie Computertechnik und KI-Forschung, Gentechnik und Nanotechnologie entwickeln sich weiterhin exponentiell - dann könnten wir in 30 bis 50 Jahren die technologische Singularität erreichen. Und ab da könnte (fast) alles wahr werden - alle Raumfahrtprojekte wie etwa die Besiedlung des Mondes und des Mars, des Sonnensystems, der Milchstraße usw. könnten posthumane Exe angehen; vielleicht erleben Sie und ich es noch; unsere Kinder und Enkel werden mit großer Wahrscheinlichkeit ein Teil davon werden - von der

Postscheitelpunkt-Ära mit technologischen Möglichkeiten jenseits der menschlichen Vorstellungskraft, die für uns hier und heute an Zauberei grenzen - wie jede fortgeschrittene Technologie; wobei dieses Buch wie erwähnt, trotzdem versucht, einen Ausblick in diese mögliche Zukunft zu geben.

In diesem Buch geht es darum, ob und wie uns Raumfahrt unser langfristiges Überleben sichern kann, wie es um die Energiesituation der Menschheit steht und daß Raumfahrt sie hauptsächlich durch Nutzung der Sonne lösen kann; weiterhin geht es um den Erdborbit, den Mond, den geolunaren Raum sowie die Planetoiden und Kometen als Siedlungsräume und als Rohstoff- und Energiequellen. Es werden Missionen zu Mond, Mars u.a. Planeten behandelt und das Geoengineering und das Terraforming z.B. von Mond, Venus, Mars angerissen. In ihr geht weiterhin um künstliche Weltraumhabitate und Ökosphären also um die Errichtung künstlicher Welten als Alternative zu planetaren und lunaren Kolonien, denn aufgrund der Endlichkeit einer Planetenoberfläche - siehe auch Überbevölkerung, Klimaveränderungen, Abwärmeprobleme usw. - ist eine Zivilisation zur Statik verdammt, bleibt sie nur auf einer Welt. Die Industrialisierung, Besiedlung usw. z.B. des geolunaren Raums läßt sich leichter von einem Weltraumhabitat angehen. Schließlich ist mit deren Bau die solare Ökosphäre nicht mehr nur auf die Erdumlaufbahn begrenzt, sondern kann extrem ausgedehnt werden - was auch Folgen für die "Drake-Gleichung" / "SETI-Formel" hat: die Anzahl lebentragender "Welten" kann durch die Errichtung künstlicher Welten extrem steigen. Des weiteren: wie läßt es sich in ihnen leben ? welche Folgen haben sie für unsere Nachfahren?

„Gasplaneten als Kunstsonnen“: Gelingt die Synthese von großen Mengen Anti-Wasserstoff, z.B. über die Paarerzeugung aus Laserlicht, ließen sich Antimaterie-Kunstsonnen im GSO o. in EML4 und EML5 errichten, um das Erdklima im Falle von z.B. Eiszeiten zu stabilisieren. Antimaterie-Kunstsonnen sind auch sinnvoll, wenn die Sonne zu einem

Weißer Zwerg geworden ist. Jupiter, Saturn usw. lassen sich entweder als Rohstoffquellen für Antimaterie-Kunstsonnen verwenden o. selbst durch sukzessive Annihilation in Kunstsonnen verwandeln, wodurch im Jupitersystem die Gallileischen Monde aufschmelzen würden und besiedelt werden könnten, da dann eine flüssige Hydrosphäre entsteht.

Das Kapitel „Kolonien um Schwarze Löcher und die Energiegewinnung aus ihnen“ handelt u.a. von den Möglichkeiten, wie sich Energie aus ihnen gewinnen läßt, indem z.B. ihre Rotationsenergie angezapft wird oder die Energie akkretiert wird, die beim Verdampfen freigesetzt wird. Viel Energie wird auch frei, wenn man sie fusioniert oder sie als Materie-Energie-Wandler verwendet. Welche Möglichkeiten ergeben sich weiterhin, wenn sie mit Wurmlöchern wechselwirken?

Sogenannte "Scheitelpunkttechnologien" wie die Nanotechnologie, die Gentechnologie, die Computertechnologie und die VR-Forschung, die auch für die Raumfahrt essentiell sind, werden zur technologische Singularität führen; da sich TEchnologie exponentiell entwickelt, wir aber linear denken, trennt uns eine Mauer technologischer Innovationen von der Zukunft; egal wie wir uns heute bemühen, werden wir uns nie glaubhaft vorstellen können, was jenseits dieser Mauer liegt. Die technologische Singularität wird alle Spielregeln verändern, sie wird unsere Zukunftsfantasien u.-ängste gegenstandslos machen.

Solange die Bevölkerung - und damit der Energie-u. Rohstoffverbrauch konstant zunehmen, muß die Zunahmegeschwindigkeit der "Siedlungssphäre" immer größer werden - doch bei der Lichtgeschwindigkeit c ist Schluß, es sei denn, unsere Nachfahren können die Raumzeit manipulieren und Wurmlöcher, Warpkorridore oder Krasnikov-Röhren herstellen; als weiteren Effekt lassen sich mit solchen Designerraumzeiten auch Zeitreisen durchführen - wobei man jedoch wohl in anderen Uninversen herauskommt?

x

Werden potenzielle natürliche und künstliche Katastrophen für eine zukünftige Menschheit zur Gefahr oder können unsere Nachfahren Impakte, Supervulkane, Megaerdbeben, Supernovae, vorbeiziehende Planeten, Sterne und dichte interstellare Wolken zwischen Erde und Sonne, die Umwandlung der Sonne zu einem Roten Riesen, Galaktischen Kannibalismus, den Tod des gesamten baryonischen Universums, falsches Vakuum usw. verhindern bzw. wie werden sie damit umgehen? Von Kriegen ganz zu schweigen, denn eine absolut sichere Technologie wird es wohl auch in Zukunft nicht geben: Nanotechnologie könnte zu einer "Grauschleimkatastrophe" führen; o. man stelle sich ein kosmisches "Tschernobyl" vor...

Diese Arbeit ist als positiver und langfristiger Zukunftsentwurf zugegebenermaßen spekulativ, doch in Zeiten, in denen "Deutschland sich abschafft", erscheint sie durchaus angebracht zu sein, denn sie befaßt sich mit den langfristigen Perspektiven und Möglichkeiten, die sich der Menschheit durch die Raumfahrt potenziell ergeben. Diese sind außerdem ein Indiz dafür, daß unser Bewußtsein zu einem kosmologischem Faktor werden kann, der letztlich die weitere Entwicklung des Alls steuern kann - und nach meiner Auffassung haben wir dieses Potenzial. Zusammenfassend also darum, ob (unser) Bewußtsein zu einem kosmologischem Faktor werden kann, der die weitere Entwicklung des Alls steuern kann - und nach meiner Auffassung haben wir das Potenzial.

Thomas Ahrendt
Winsen/A.
Dezember 2010

Teil I Raumfahrt allgemein

Erde, Mond & der geolunare Raum

Eine Frage der Energie

Von den 1,56 Trillionen kWh, die von der Sonne auf die Erde kommen, strahlt diese etwa 64 % als Wärme wieder ab; erzeugen wir zusätzlich Energie, steigt die Erdtemperatur. Erlauben wir uns einen Anstieg um 1°C, dürfen wir maximal 13 Billionen kWh zusätzliche Wärme erzeugen. Sollte sich die Weltbevölkerung im Jahr 2100 bei 8,5 Milliarden stabilisieren, ergäbe sich ein Primärbedarf von 745 Billionen kWh (thermisch). Würde man den Weltenergiebedarf elektrisch decken, würde sich dieser Bedarf auf 510 Billionen kWh(elektrisch) verringern, weil sich elektrische Energie fast verlustfrei verwenden läßt. Würde man 15% der Sonneneinstrahlung in elektrische Energie umwandeln, könnte eine Fläche von 530 x 530 km für diese Leistung ausreichen.

Mit schnellen Brutreaktoren ließe sich die verfügbare Nuklearenergie von 900 Billionen kWh auf 450.000 Billionen kWh ver fünfhundertfachen. Die Deuterium-Tritium-Fusion könnte wegen der begrenzten Lithium-Vorräte nur 150.000 Billionen kWh liefern, d.h. nur 200 Jahre lang den Bedarf decken. Erst durch die schwierigere D-D-Fusion ließe sich eine praktisch unerschöpfliche Energiequelle anzapfen. Die irdische Energieproduktion muß stark ansteigen, um den Entwicklungsländern einen mit den Industrieländern vergleichbar hohen Lebensstandard zu ermöglichen. Lokalen thermischen Belastungen muß durch sorgfältige Verteilung der Kraftwerke vorgebeugt werden. Energie muß noch mehr und besser ausgenutzt und eingespart werden, etwa durch erhöhte

Wirkungsgrade. Die Kernkraft als sicherste und sauberste bekannte Energiequelle muß so lange wie möglich verwendet werden, auch wegen der Umweltverschmutzung durch fossile Brennstoffe und weil Erdölprodukte für den Verkehr und die chemische Industrie als Rohstoff unverzichtbar sind. Falls jemand überhaupt nuklear geschädigt wurde, sterben sehr viel mehr Menschen durch Luftverschmutzungen. Weiterhin wäre es unverantwortlich gegenüber der Zukunft, die Fusionsforschung nicht voranzutreiben, auch wenn der kommerzielle Einsatz noch mehrere Jahrzehnte dauern sollte.

Im Jahr 2000 betrug die überschüssige Wärme, die von Kraftwerken, Gebäuden usw. abgegeben wurde, nur 10^{-3} der Wärme, die die Erde von der Sonne erreicht; doch in weiteren 100 Jahren könnte sich die Temperatur der Erde zusätzlich zum Treibhauseffekt noch durch die Abwärme merklich erhöhen. Somit ist auf der Erde im Gegensatz zum Weltraum als unendliche Wärmesenke keine unbegrenzte Energiezunahme mehr möglich. Infolgedessen müssen Industrie und Kraftwerke in den Weltraum verlagert werden; weiterhin muß der irdische Energieverbrauch wegen Abwärme und Treibhauseffekt "gedeckelt" werden - und damit ist auch der Bevölkerungszahl der Erde eine Obergrenze gesetzt, also nicht nur aus Platzmangel. Selbst wenn sich eine unerschöpfliche Energiequelle finden ließe, wäre ein unbegrenzter Energieverbrauch wegen der Abwärme nicht zu realisieren - jedenfalls nicht auf der Erde, allenfalls im Weltraum (verdammte Thermodynamik, verdammte Entropie). Das hypsithermale Limit, die planetarische Hitzetoleranz, beträgt für die Erde zwischen 100 und 1000 kW pro

Person, abhängig vom Treibhauseffekt und der Sonneneinstrahlung. Seit Anfang der 1980er verdoppelt sich der Energieverbrauch etwa alle 10a - doch selbst mit einer unerschöpflichen Energiequelle wäre sehr schnell ein Stadium erreicht, in dem mehr Abwärme in die Atmosphäre gelangt als in den Weltraum abgestrahlt werden könnte. Sollte sich der Energieverbrauch auch in Zukunft alle 10 Jahre verdoppeln, würde man um 2080 herum 1024 mal ($=2^{10}$) soviel Energie verbraucht haben wie 2000 und um 2100 wäre die Erde ein heißer, eisfreier Planet. Doch damit die Erdtemperatur im Gleichgewicht bleibt, muß genausoviel Wärme in den Weltraum abgestrahlt werden wie wir umsetzen. Eine zeitlang ließe sich die Albedo erhöhen; weiße Polarkappen sind zur Zeit die wirksamsten Abstrahlflächen. Denkbar wären zwar große weiße Flächen auf den Ozeanen, doch früher oder später wird eine Grenze erreicht. Aus Platzmangel, Treibhauseffekt, Abwärme usw. ergeben sich Wachstumsgrenzen für planetare Zivilisationen, die nur durch eine Auswanderung in das Weltall überwunden werden kann.

Läßt das Bevölkerungswachstum etwa durch Aussiedlung nach, stabilisiert sich der Energieverbrauch. Ein zweiter Ausweg wären Energiequellen, die den Treibhauseffekt nicht verstärken und auch keine Abwärme abgeben: fossile Brennstoffe machen beides und Atomkraftwerke geben immer noch Abwärme frei. Auf und außerhalb der Erde gibt es viele, auf Sonnenwärme basierende Energiesysteme: das Sonnenlicht, die Fotosynthese, Wind und Wellen, sowie Gezeiten und geothermische Energie, bei deren Nutzung keine Zusatzwärme frei wird. Diese drei Hauptquellen der "freien Energie", sind Energiequellen, die

sich immer wieder selbst erneuern und werden deshalb auch als "invariante Energiesysteme" bezeichnet. Die Gezeiten in den Ozeanen entstehen aus der kinetischen und potenziellen Energie des Erde-Mond-Systems, also aus der Schwerkraft und machen 0,002% des gesamten Erdenergiepotenzials aus. Die geothermische Energie aus dem heißen Erdinneren, die bei heißen Quellen und Vulkanen frei wird, trägt zu 0,02% zur irdischen Gesamtenergie bei. Über die Sonneneinstrahlung werden $1,73 \times 10^{17} \text{W}$ von der Erde aufgefangen; das sind über 99,98% des gesamten Erdenergiepotenzials. Von den $1,73 \times 10^{17} \text{W}$ werden 30% als Kurzwellen in den Weltraum reflektiert, 47% von den Ozeanen, den Landmassen und der Atmosphäre absorbiert und in Wärme umgewandelt, die die Erde auf ziemlich konstante Temperatur hält. Die restliche Energie wird bei der Wasserverdunstung verbraucht sowie für Winde, Wellen, Strömungen und die pflanzliche Fotosynthese. Sterben Pflanzen ab, wird die für die Fotosynthese aufgenommene Energie wieder frei; ein Bruchteil davon als fossile Brennstoffe. Gezeiten und geothermische Energie sind nur lokal relevant; sie reichen nicht aus, um den menschlichen Energiebedarf zu decken. Die Summe der Gezeitenenergie würde den Energiemangel nur mildern, während die ökologischen Schäden wie z.B. Lebensraumvernichtung etwa durch entsprechende Umbauten ungleich höher wären. Die geothermische Energie ist nur vereinzelt nutzbar und Vulkanausbrüche würden entsprechende KWs zerstören. Außerdem verursacht der hohe Mineralgehalt von Wasser aus unterirdischen Quellen Korrosionsprobleme. Alkohol als Ersatz für fossile Brennstoffe hat den Nachteil, daß diese Pflanzen zwar Treibstoff

produzieren, aber nicht mehr als Nahrung bereitstehen. Es wäre besser, Sonnenenergie aus unfruchtbaren Gebieten wie Wüsten, Ozeanen oder den Polkappen zu beziehen, idealerweise aus Gebieten bis zu 30° oberhalb und unterhalb des Äquators, weil die Sonneneinstrahlung dort nahezu senkrecht ist. Weiterhin ließe sich der Wirkungsgrad durch technologische Fortschritte von 14% auf 25% und mehr hochschrauben. Die Sonnenenergie heizt oberflächennahes Meerwasser auf; die Wärmedifferenz zwischen hohen und tiefen Schichten¹ ließe sich zur Energiegewinnung nutzen. Meeresströmungen wie z.B. der Golfstrom, die ebenfalls von der Sonne angetrieben werden, könnte man durch Unterwasserturbinen anzapfen. Selbst der Wasserkreislauf wird in Form von Stauseen zur hydroelektrischen Energiequelle. Allgemein ist das Problem regenerativer Energiequellen ihre Großflächigkeit oder anders formuliert ihre mangelnde Konzentration. Für ein 1 GW-Sonnenkraftwerk wären z.B. 20 bis 70 km² Fläche nötig. Sonnenenergie läßt sich über Solarzellen, also Halbleiterchips oder über Dampfturbinen in elektrische Energie umwandeln. Bei der Dampfturbine lenkt ein Hohlspiegel das Sonnenlicht auf einen Wärmekollektor, der dadurch sehr heiß wird. Sonnenenergie wird hauptsächlich aus politischen Gründen noch nicht in großem Maßstab genutzt ("Desertec"). Schwankungen bei invarianten Energiesystemen müssen durch

¹ O.a. formuliert: der Temperaturunterschied, auch als ΔT , Delta-T bezeichnet

Energiespeichersysteme ausgeglichen werden.

Um nun die Biosphäre zu erhalten, müssen regenerative Energiequellen bzw. "invariante Energiesysteme" sparsam genutzt und/oder die Schwerindustrie in den Weltraum verlagert werden. Der Weltenergiebedarf an Primärleistung für elektrischen Strom, Wärme, Verkehr usw. beträgt gegenwärtig rund 12 TW; dieser wird mit der zunehmenden Industrialisierung der "3.Welt" und Zunahme der Weltbevölkerung in den nächsten Jahrzehnten noch steigen. 85% des Energiebedarfs werden durch fossile Brennstoffe gedeckt, die dabei freigesetzten Treibhausgasemissionen schädigen das Klima. Außerdem sind in den nächsten 100 bis 200 Jahren die Vorräte an Kohle, Gas und Öl mit hoher Wahrscheinlichkeit erschöpft.

Die Nutzung langfristiger irdischer Alternativen wie z.B. regenerative Energien, also Sonne, Wind, Wasser, Biomasse und Geothermie ist von wirtschaftlich-politischen Faktoren abhängig und bis zur kontrollierten und wirtschaftlichen Kernfusion wird es noch einige Jahrzehnte dauern. Prinzipiell könnte die ganze Erde durch einen geeigneten Energiemix nachhaltig und zeitlich unbegrenzt versorgt werden. Die technischen Herausforderungen bestehen in der effektiven Energieumwandlung - hauptsächlich in Strom und in ihrer Speicherung, etwa in kühlfreien supraleitenden Spulen und auch in Wasserstoff über die Elektrolyse von Wasser.

Die Sonne liefert rund 10^5 TW Energie auf der Tagessseite der Erde - das ist 10.000 mal mehr, als unsere Zivilisation benötigt. Etwa 10^3 TW gehen in die globale Windzirkulation und 6 TW in den weltweiten

Wasserkreislauf.

Ein weiteres hochtechnologisches Projekt zur Energiegewinnung wäre folgendes: das Abschmelzen der 2 bis 3 km hohen Grönlandeisdecken könnte hydroelektrische Anlagen mit rund 200 GW möglich machen, was 200 großen Atomkraftwerken entspräche. Außerdem ließe sich das Gletschereis als Material für Dämme und Kanäle benutzen.

Nach einem anderen ehrgeizigen Vorschlag würde der Niger durch die Sahara unter dem Mittelmeer hindurch über die Alpen nach Deutschland umgelenkt, wo das warme Wasser nutzbringend verwendet wird.

Probleme der Energieerzeugung hängen eng mit Problemen der Energieübertragung zusammen, denn wird diese ineffizient verteilt, etwa durch hohe Übertragungsverluste, nützt auch die beste Energiequelle nicht viel. Werden große Mengen elektrischer Energie in der australischen Wüste oder im Golfstrom erzeugt, braucht man effiziente Methoden einer internationalen Energieverteilung, z.B. eine kabellose Übertragung mittels Laser oder Höchstfrequenz oder die Energie müßte gespeichert werden und in chemischer Form - etwa als Wasserstoff- transportiert werden. Der Bau globaler und orbitaler Energienetze ist sowohl von Konzernen und Banken, aber auch von Ingenieuren abhängig, jedenfalls bis es ausgereifte Nanotechnologie gibt.

Astronautik ist bereits und wird zukünftig noch mehr unverzichtbares Werkzeug oder sogar Selbstzweck für die Zukunftsbewältigung.

Die Entsorgung hochradioaktiven Mülls, 2m³ und 3t pro Jahr, könnte durch ein Raumfahrzeug erfolgen, daß von einem Raumtransporter in

eine LEO² gebracht wird. Die hochradioaktiven Abfälle heizen Wasserstoff auf, der durch Raketendüsen ausströmt - wie bei einem nuklearthermischen TW. Während es von der Erde wegspiralt, hat es nach einem Jahr Fluchtgeschwindigkeit erreicht. Nach dem der Wasserstoff verbraucht und alle überflüssige Masse abgeworfen ist, entfaltet sich ein Sonnensegel und der Flugkörper spiralt mitsamt der radioaktiven Abfälle in die Sonne. (Als Nebeneffekt würde die Sonne ein abnormes Spektrum bekommen, wodurch ETIsse auf uns aufmerksam werden könnten, damit hätten wir 2 Fliegen mit einer Klappe geschlagen: SETI und Entsorgung. Selbst wenn der gesamte Weltenergiebedarf von 500 Billionen kWh (thermisch) pro Jahr im Jahr 2070 völlig durch Fissionsreaktoren gedeckt werden würde - tatsächlich vielleicht zu 50 %, 33 % durch Energiesatelliten und der Rest durch Methanhydrat und regenerative Energien - ließe sich das mit 2 Flügen pro Tag erledigen, wenn der Transporter 500t befördert. Und wenn wir bis dahin den Weltraumlift haben...

Mit ausreichend sicheren Raketen scheint die Beseitigung hochradioaktiver Abfälle in die Sonne oder aus dem Sonnensystem hinaus oder in eine hohe Erdumlaufbahn wirtschaftlich attraktiv zu sein. Durch die hohe Flugrate, mindestens einmal pro Tag, wird die Wirtschaftlichkeit enorm erhöht und rechtfertigt sogar die Entwicklung von Spezialraketen. Sollte man sich dazu entschließen,

² LEO = Low Earth Orbit, niedriger Erdbit

die Abfälle in einem großen mittelorbitalen Depot zu lagern (1500 - 2500 km, äquaturnahe Kreisbahn; eine noch höhere Bahn würde die Flugkosten schnell erhöhen), wäre es permanent zugänglich, falls man es doch noch mal bräuchte, etwa zur Energieversorgung einer Raumstation oder Mondbasis usw.

Raumfahrt hat das Potenzial, die irdische Energiekrise zu entschärfen oder sogar gänzlich zu lösen, etwa mittels Umlenkspiegeln, also LST³ und Energiesatelliten, diese evtl. in Verbindung mit der Wasserstofftechnik (und Brennstoffzellen) oder Kohlenwasserstoffen, wie z.B. (submarines) Methanhydrat (und Verbrennungsmotoren) oder Zimmertemperatur-Supraleitern. Im Weltraum bringt das Solar-Kraftwerk ca. die 5fache Leistung und, falls es schattenfrei bleibt, ein fast konstantes Energieangebot. Sind die Fragen des Transports, der Montage und seiner Wartung wie die der Energielieferung zur Erde geklärt, steht seiner Verwirklichung nichts mehr im Wege. Das Satellitenkraftwerk würde sich in einer geostationären Position über dem Erdäquator befinden und die elektrische Energie über Mikrowellen übertragen. Entweder verwendet das Kraftwerk Spiegel-Verdampfer- und Turbinen-Generator-Systeme oder Fotozellen. Wenn es 10 Millionen kW(e) Ausgangsleistung hat - also 86,25 Milliarden kW(elektrisch) pro Jahr - ist die Spiegelanlage 7 x 7km, ihre Sendeantenne 1,1 x 1,1 km, der Strahlungskühler für den

³ LST: Lichtspiegeltechnik, also das Sonnenlicht umlenkende Spiegel

geschlossenen thermodynamischen Kreislauf 1,8 x 1,8 km groß. Das Arbeitsgas hat eine Temperatur zwischen 1130 °C und 440 °C und die Anlage hat 150 Kilotonnen Masse. Die jährliche Versorgung umfaßt 1,1 und beinhaltet Reparaturen, Lageregelung und Positionshaltung; für beides besteht ein Geschwindigkeitsbedarf von 200 m/s durch ein Ionentriebwerk mit 100 km/s Strahlgeschwindigkeit.

Die Photozellenanlage wäre 10,5 x 10,5 km groß, deren Lichtempfänger würden zu einer Hälfte aus Spiegeln und zur anderen aus Fotozellen bestehen. Sie hätte 180 Kilotonnen Masse, zu der zusätzlich 1,3 Kilotonnen zu ihrer jährlichen Versorgung dazukommen würden. Der Erdempfänger, der je nach geografischer Länge und Breite elliptisch und direkt unter ihm kreisförmig wäre, wäre bei einer Energiedichte von 100 W/m² 11 x 11 km groß und bei 10 W/m² 35 x 35 km. Gegebenenfalls läßt sich das Land unter der Empfangsantennenfarm landwirtschaftlich nutzen. Der prognostizierte Weltenergiebedarf von 10 TW (elektrisch)⁴ würde 32 x 32 km Fläche verbrauchen, außerdem das zehnfache an Gewinnung und Endlagerung der Betriebsstoffe, also 100 x 100 km; unterm Strich beträgt der Flächenbedarf das 2,5 bis 25fache von konventionellen Kraftwerken. Das Gewicht des Energiesatelliten usw. muß wegen des Transports ins All minimal sein, aber der Ultraleichtbau macht die Sache teuer; also muß einen Kompromiß finden.

⁴ =10 Milliarden kW

Angenommen, er wird komplett auf der Erde vorgebaut, also nicht im Weltall von einer Raumkolonie gefertigt, bringt eine zweistufige (beide Stufen mit Wasserstoff und Sauerstoff), 100 mal wiederverwendbare Lastenrakete mit 200 t Nutzlast und mit einem Startgewicht von 5 Kilotonnen die Teile in eine 700 km hohe Kreisbahn, wo 100 Menschen an dem Zusammenbau beteiligt sind, die in einer 350 t-Raumstation leben und in 20er Gruppen alle 3 Monate ausgetauscht werden. Die solaren 10 Kilotonnen-Module werden in der 700-km-Bahn mit einer - inklusive Wartung - 10mal wiederverwendbaren ionenelektrischen Fähre verbunden und liefern die elektrische Energie, um sich selbst und 500 t Nutzlast in 50 Tagen zur Endposition zu transportieren. In der geostationären Endposition befindet sich eine 25köpfige Mannschaft in einer 125 t-Raumstation, die in 5er-Gruppen ausgetauscht wird. Sie entladen das 10 t-Modul und die 500t-NL aus der Fähre, bereiten sie auf den 120 tägigen Rückflug vor und leiten ihn ein. Und sie bauen die Module zum großen Satelliten zusammen.

In verbesserten Raumtransportern fliegen 25 Personen pro Flug zur 700 km-Bahn und zurück; in 100fach wiederverwendbaren chemischen Interorbitalraketen, die ein Anfangsgewicht von 50 t haben, fliegen 5 Personen in weniger als 6 Stunden zur 24-Stunden-Bahn, auch als GSO, als geostationärer Orbit bzw. Umlaufbahn bekannt. Täglich starten Transportraketen mit 200 t Nutzlast zur 700 km Bahn, pro Jahr fliegt der Raumtransporter zur 700 km Bahn und im gleichen Zeitraum finden 5 Flüge der elektrischen Fähre statt, sowie 20 Flüge der

chemischen Interorbitalrakete. In 3 Jahren würde ein geostationärer Energiesatellit fertig montiert sein - bei zehnfacher Flugzahl also 3 Energiesatelliten pro Jahr. Für einen Satelliten alle 3 Jahre besteht die Flotte aus 10 x 200 t -Trägern, 1 Raumtransporter, 3 elektrischen Fähren und 1 chemische Interorbitalrakete - aber alles ohne Reserven. Fotozellen könnten in Massenproduktion viel billiger werden, Entwicklungskosten fallen beim 2. Energiesatelliten nicht mehr an und auch dessen Fertigungszeit ist kürzer und damit billiger. Werden sie durch Roboter hergestellt und teilweise durch Robonauten im All montiert - also Menschen und Teleroboter, könnten sie ebenfalls billiger werden.

Teilweise wird er im Erdschatten, auch im Mondschatten liegen, die zu Abkühlungen und damit auch zu gewissen Strukturproblemen führen könnten. Inklusiv Wartungs- und Schaltzeiten ergeben sich um die 130 Stunden Betriebsstilllegung. Auch wenn Energiesatelliten nicht viel wirtschaftlicher als Schnelle Brüter sein sollten, wären sie doch sicherer als diese und in Zeiten der vor allem deutschen Anti-Kernkraftstimmung (Hauptsache Strom kommt aus der Steckdose) sollten sie auf jeden Fall eine Alternative sein - die Kosten wären durch einen Ölkrieg weniger schnell rausgeholt. 10 Energiesatelliten liefern bei je 30jähriger Arbeitszeit 10 bis 32 mal mehr Energie, als zu ihrer Entwicklung und zu ihrem Betrieb nötig sind. Statt die Einzelteile mit Raketen hochzuschießen, könnte man sie auch mit einem Lift oder rotierenden Seil hochbefördern...es wird sowieso längst Zeit, eine Alternative zu entwickeln. Die Energieübertragung per Mikrowellen ist

Lasern überlegen, da große Verluste bei der Umwandlung von elektrischer Energie in Laserenergie auftreten und Laserstrahlen wetterabhängig sind. Um ihren Bau noch einfacher und damit billiger zu machen, könnten "Trägererzeuger" verwendet werden, die Metall- oder Verbundwerkstoffschienen für die Gitterstrukturen aus dem einfacher zu transportierendem Rohmaterial direkt im Weltraum herstellen⁵.

Statt oder zusätzlich zur Sonnenenergie könnte man auch von einer anderen Primärenergie ausgehen. Man müsste dann aber diese Anlage erst ins All verlegen, könnte aber etwa im Fall nuklearer Primärenergie die irdische Bedrohung beseitigen. Sollte man aber ein Schwarzes Miniloch oder WIMPS und Anti-WIMPS finden...

Energier reflektoren bzw. Umlenkspiegel⁶ könnten große irdische Kraftwerke in abgelegenen Gegenden, wo Umweltbelastung unkritisch ist, mit Energie versorgen, die den Strom ihrerseits ohne hohe Verluste über transkontinentale Entfernungen hinweg evtl. drahtlos über Mikrowellen transferieren. Deren Kosten wären vergleichbar mit denen von Solar-Kraftwerken.

Man könnte einen Sonnenenergiesatelliten auch auf eine polnahe, ewige Sonnenbahn bringen, bräuchte dann aber einen oder mehrere

⁵ Sie sollten schon 1982/83 mit dem Shuttle im Orbit getestet werden - aber was draus geworden ist ??

⁶ siehe Oberths Weltraumspiegel, allgemein Lichtspiegeltechnik

geostationäre Energiereflektoren.

Soletta ist ein glatter optischer Spiegel auf geostationärer Bahn, der Sonnenschein immer an die gleiche Stelle auf der Erde reflektiert, an der ein dauernd arbeitsfähiges Solar-Kraftwerk gebaut wird. Der von Soletta erzeugte minimale Lichtfleck hat 320 km Durchmesser.

Lunetta ließe sich einsetzen, um Städte, Schifffahrtswege usw. in der Nacht zu beleuchten. Es wäre ein nur 500 m x 300 m großer Lichtspiegel in geostationärer Bahn; sein 320 km großer Lichtfleck würde auf der Erde Vollmondbedingungen schaffen.

Soletta und Lunetta wurden von Oberth erdacht und von Krafft Ehrlicke verbessert. Wenn der Weltraumfahrtstuhl gebaut wird, wird nicht nur der Bau der Energiesatelliten viel billiger, sondern er kann die Satellitenergie in Hohl-oder Supraleitern zur Erde bringen; mit ihr ließen sich auch die Fahrstühle antreiben. Hat die Weltraumindustrialisierung dereinst große Dimensionen erreicht, könnte diesen Anlagen die Energie von Solarenergiesatelliten geliefert werden; die Erde wäre von den Zuleitungsproblemen entlastet. Raumschiffe und vielleicht hochfliegende Flugzeuge könnten ihre Energie zukünftig von Satelliten-Kraftwerkens evtl. per Laser beziehen und würden dadurch einfacher, billiger und leistungsfähiger.

Solarpaneele oder auch "Solar Power Satellites" -SPS (Solarkraft-Satelliten) in der GSO erzeugen aus dem Sonnenlicht mittels Fotovoltaik Elektrizität und strahlen diese über Mikrowellen zur Erde, da der Umwandlungsgrad von Mikrowellen in Strom recht hoch ist und

dadurch pro Flächeneinheit 2 bis 4mal mehr Energie "erzeugt"⁷ wird als bei der Umwandlung von Tageslicht in Strom. Um auf der Erde Strom im GW-Bereich zu erhalten, werden derartige Strukturen über 10 km² groß sein. Außerdem umfassen sie Systeme zur verlustarmen oder-freien Umwandlung der erzeugten GW (el)-Leistung und eine gut 1 km große Mikrowellenantenne mit einigen 10⁵ phasenkorrelierten Magnetrons. Die "Rectenna", die Empfangsantenne wird mit vielen Dipolen bestückt sein und gut 100 km² groß sein; die Strahlungsenergiedichte wird aus Sicherheit und Gesundheitsgründen maximal 200W/m² betragen.

Sollten Entwicklung, Bau, Transport und Betrieb der Solarenergiesatelliten unter 1000 Euro pro kg fallen, was mit Robotern und erst recht mit Nanotechnologie und dem Weltraumlift machbar sein sollte, würden sie konkurrenzfähig zu irdischen Energieträgern, da diese jedoch zukünftig immer knapper werden, könnten SPS schon früher relevant werden und auch mit regenerativen Energieträgern mithalten oder diese überholen, denn Wind und Wasser sind schwach konzentriert, entsprechende Kollektoren müssen zahlreich über eine große Fläche verteilt sein. Also bleiben für die nächsten Jahrzehnte Kohle, Öl und Atom, bald darauf submarines Methanhydrat usw. Allerdings bleibt es wünschenswert, könnte diese Übergangsfrist verringert werden - durch Forschung, neue Technologien usw.

⁷ Energie im eigentlichen Sinne läßt sich nicht erzeugen, sondern nur von einer Form in die andere - mit Verlusten - umwandeln

Nun sieht die Sache schon besser aus, wenn SPS auf dem Mond oder auf ENAs statt auf der Erde hergestellt werden und von dort in den GSO, den Geostationären Orbit, also die 24-Stunden-Bahn in 36.000 km Höhe über dem Erdäquator gebracht werden. Oder aber die Anlagen verbleiben auf Mond und/oder ENAs und nur die Energie wird von dort zur Erde gestrahlt.

Wenn sich erstmal die Kosten stark verringert haben - etwa durch einen Himmelsaufzug - wird sich auch der Weltraumtourismus etablieren, zunächst im erdnahen Weltraum und später dann im geolunaren Raum und auf anderen Welten des Sonnensystems. Parallel zum Weltraumtourismus wird der Weltraum aber auch im Zuge seiner Industrialisierung zum Arbeitsplatz; dabei werden sich KI und Roboter, also KL⁸ und Menschen sinnvoll, beinahe symbiotisch ergänzen, wie etwa beim Bau von Weltraum-Solar-Kraftwerken, Raumbasen, lunaren und planetaren Stationen und zukünftig Kolonien...

Als eine Alternative zu irdischen Sonnen-Kraftwerken bieten sich satellitengestützte Sonnen-Kraftwerke an. Auf der Erde nehmen Sonnen-Kraftwerke viel Platz ein, da die Sonnenenergie nicht sehr konzentriert ist; im Weltraum dagegen sind Kollektoren niemandem im Weg. Ein weiterer Vorteil ist der, daß sie nachts nicht abgeschaltet werden müssen und die Sonnenstrahlung in voller Stärke und in einem breiten Bereich des elektromagnetischen Spektrums genutzt werden

⁸ „KI“ steht für Künstliche Intelligenz; „KL“ für Künstliches Leben

kann. Orbitale, satellitengestützte Solar-Kraftwerke befinden sich im GSO; und bestehen z.B. aus zwei etwa 5 x 10 km große Kollektoren und einer Zentralkabine. Es hätte eine Leistung von 5 GW. Durch die Schwerelosigkeit wird die Trägerstruktur nicht belastet - außer durch die Eigenmasse, die aber vernachlässigbar klein ist - und somit nicht zusammenbrechen kann. Solarsatelliten strahlen die erzeugte elektrische Energie über stark gebündelte Mikrowellen zu Erdsammelantennen von gut 10 x 13 km Größe und wandeln diese zu 80% zurück in elektrische Energie, wobei die Atmosphäre etwas Energie absorbiert und in Wärme umsetzt. Die Mikrowellen sind schon in der Atmosphäre soweit divergiert, daß eine Brand-bzw. Verletzungsgefahr ausgeschlossen ist. Weiterhin läßt ein Sicherheitssystem den Strahl zerstreuen, falls er nicht mehr auf die Antenne ausgerichtet ist. Findet der Energietransfer mit einem Laser statt, ist die Bündelung noch besser und die Anlage wird leichter und damit billiger.

Nach einem Plan von 1968 sollten 60 Solarstationen von je 5 km x 10 km x 0,5 km Größe in den GSO, den geostationären Orbit, gebracht werden und die von dort aus gesammelte Energie als Mikrowellen zu einer irdischen Empfangsstation übertragen. Mehrere 100 Astronauten wären über Jahrzehnte mit deren Transport und Montage beschäftigt gewesen. Durch modulare Bauweise können die Einzelkomponenten in kostengünstiger Massenproduktion hergestellt werden, außerdem können die Module schon während ihrer Montage, die größtenteils durch Roboter erfolgt, Energie liefern und sich bezahlt machen. Fallen die Transportkosten der Bauteile usw. in den GSO von zur Zeit 40.000

US-Dollar pro kg auf 500 US-Dollar pro kg, wären weltraumgestützte Sonnen-Kraftwerke konkurrenzfähig.

Das "Solar Tower"-Konzept sieht z.B. einen zentralen 15 km langen Mast vor, an dem 120 quadratische Solarsegel mit je 150 m Kantenlänge paarweise befestigt sind; jedes Paar erzeugt 7,4 MW Strom, den ein supraleitendes Kabel im Zentralmast zur Mikrowellenantenne leitet. Die 1 km große Antenne besteht aus 400.000 Magnetrans von etwa 1 kW Leistung; damit sie sich nicht gegenseitig neutralisieren, müssen sie in Phase schwingen. 450 MW elektrischer Strom könnten damit produziert werden, von denen nach Umwandlungsverlusten noch 275 MW genutzt werden können. Mit 1870 solcher Kraftwerk-Satelliten und 103 Empfangsstationen ließe sich der auf 515 GW geschätzte Strombedarf Europas 2020 komplett aus dem All decken.

Erfolgt die drahtlose Energieübertragung mit Laser statt mit Mikrowellen, verringert sich die ins All zu transportierende Masse erheblich, da die Antennen 50mal kleiner werden, jedoch sinkt der Wirkungsgrad bei der Umwandlung.

Schon 1968 gab es die Idee, den Weltenergiebedarf durch Sonnenenergie aus dem erdnahen Weltraum zu decken: Satelliten im GSO fangen Sonnenlicht ein, wandeln sie in Mikrowellen um und strahlen sie zu irdischen Empfangsstationen ab. 1989 wurde vorgeschlagen, daß Solarsatelliten im Erdorbit unnötig seien; stattdessen sollte die Sonnenenergie direkt von lunaren Solarrezeptoren auf der Mondoberfläche aufgefangen, umgewandelt und über Mikrowellen zur

Erde gestrahlt werden.

Gut möglich, daß der Mond längerfristig für die Versorgung der Erde mit elektrischer Energie eine wichtige Rolle spielt⁹.

Irgendwann wird sich die Mondbasis zu einer kleinen Stadt mit eigener Bevölkerung und einem relativ großen Anteil von künstlichen Lebensformen entwickeln, mit Erdtourismus, Krankenaufenthalt und Alterssitz; allgemein mit einem Energie- und Rohstoffhandel und dem Bau von SSPS, kstl. Habitaten usw. Damit wird er wohl eine bedeutende Rolle bei der Erforschung der anderen Planeten und Monde spielen, z.B. als Zwischenstation zum Mars. Die Entwicklung einer Mondbasis-Infrastruktur wäre unabdingbare Voraussetzung für die Marsreise; die Mondbasis wäre auch Ausbildungsstätte für Mars Expeditionen und vielleicht liefert sie auch LOX¹⁰ als Treibstoff, falls der Marsflug mit chemischen Triebwerken stattfindet. Vielleicht starten sogar die ersten Marsschiffe vom Mond oder aus einem Mondorbit. Dann könnte die große Reihenfolge so sein: von der Erde zur LEO-Raumstation zum Mond oder in den Mondorbit direkt zum Mars oder erst zu den Marsmonden und von dort aus zum Mars.

Vielleicht erfolgt die globale Elektrizitätsversorgung aber auch ausschließlich mit irdischen solar-Kraftwerkens ? Die Sonne strahlt gut

⁹ wie auch der Mond „Praxis“ für die Klingonen; siehe ST VI

¹⁰ LOX: flüssiger Sauerstoff

8000 mal soviel Energie auf die Erde, wie wir sie zur Zeit verbrauchen; 7 große solarthermische Kraftwerke am Äquator (siehe "Desertec") könnten 23.000 TWh auf 4,7 % der Wüstenflächen oder fast 0,05% der gesamten irdischen Landmasse erzeugen. Ein 82.000 km langes Gleichstrom-Hochspannungsnetz würde den Strom für 0,29 US-Dollar pro kWh zu den Verbrauchern liefern.

Die Zukunft wird zeigen, ob Weltraum-Kraftwerke und Kernenergie in Form von schnellen Brütern und Kernfusion für die Erd-Energieversorgung gebraucht werden...umweltschonender und politisch leichter zu realisieren wäre es, wenn z.B. lunare Rohstoffe verbraucht werden, deren Herstellung und Betrieb sicherer sind und wodurch irdische Rohstoffe gespart werden und die Umwelt geschont und nicht verunstaltet wird.

Allgemein setzen jedoch hochtechnologische Zukunftsentwürfe eine weit friedlichere und kooperationswilligere Welt voraus, als sie es gegenwärtig ist.¹¹

Mit der Nutzung der solaren Strahlungsenergie im erdnahen Weltraum mittels SSPS (Solar Satellit Power Station), der Zuführung zusätzlichen Sonnenlichts mit Weltraumspiegeln und Speicherung der Sonnenenergie in Form von Antimaterie ließe sich das gigantische Energiefaß Sonne

¹¹ Etwa vom Zivilisationstyp I; siehe Teil 3

noch von anderen Stellen anzapfen als nur vom Erdboden aus¹².

Was die Antimaterie angeht, wäre Merkur ein vorzüglicher Ort für Antimateriefabriken da dieser atmosphärelose Planet nur 0,3 AE von der Sonne entfernt ist und seine Solarkonstante mit 9123 W/m^2 gut 6,7 mal höher als die der Erde ist. Intelligente Automaten, sogenannte VNS¹³, die sich reproduzieren und komplexe technische Aufgaben erledigen können, würden dort großflächige Solarfarmen oder kombinierte Energiewandlersysteme errichten, aus deren Elektroenergie die Antimaterie erzeugt werden würde. Menschen würden diese Anlagen entweder auf telematischem Wege kontrollieren und überwachen oder sich aufgrund der Lichtmauer als Emulationen in virtuellen Realitäten auf Merkur befinden und sich bei Bedarf "materialisieren", d.h. replizieren; das wäre dann nicht einfach nur Telematik, also Fernsteuerung sondern verschiedene Realitäten würden in einer Hyperrealität kulminieren.

Um die Antimaterie vor normaler Materie zu schützen, würde der schließlich in Eisform erhaltene Antiwasserstoff in Magnetfelder

¹² Mit 1g Antimaterie läßt sich eine Region mit 165 Millionen Bewohnern 1h lang beleuchten.

¹³ VNS: Von-Neumann-Sonden

gepackt und z.B. in den EMLs¹⁴ 4 und 5 gelagert. Antimaterie ließe sich vielfältig nutzen, etwa als Treibstoff für Photonenraketen, für die Erschaffung von Kunstsonnen und überhaupt zur Energiespeicherung. Die Leuchtstärke der Kunstsonnen, also deren Intensität der Energiefreisetzung ließe sich über den Materiebeschuß regeln; die Antimaterie befindet sich dann natürlich nicht mehr in magnetischen Speichern...

Kunstsonnen im GSO oder im geolunaren Raum wären neben der LST selbstverständlich eine weitere Möglichkeit, um Eiszeiten zu verhindern.

Falls unsere Nachfahren ab dem Jahr 999.999 damit beginnen, bis zum 5. Gigajahr auch nur den 10^{-15} . Teil der solaren Strahlungsenergie als Antimaterie zu speichern, könnten Antimaterie-Kunstsonnen 170 Kilojahre lang strahlen, wenn sie sich in EML4 und 5 befinden, und 17 Megajahre, wenn sie im GSO "stehen". Wird die Auffangfläche auf Merkur vergrößert und werden weitere sonnennahe und damit energiedichte Standorte genutzt, ließe sich diese Überlebenszeit um kosmische Epochen verlängern. Mit Riesenschwärmen von Beschattungs- und zugleich Energiesatelliten für die Antimateriesynthese könnte das irdische Leben vor der Hitze der zum Roten Riesen expandierten Sonne geschützt werden.

Auch wenn die Sonne zum weißen Zwerg geworden ist, muß das Leben

¹⁴ Das sind die Erde-Mond-Librationspunkte.

auf der Erde nicht aussterben, denn durch die Herstellung künstlicher Sonnen wird eine energieautarke Umwelt möglich und als weitere Möglichkeit verbleibt die Umsiedlung zu anderen Sternen und deren erdartige Exoplaneten, Monden usw. die sich gegebenenfalls terraformen ließen. Kunstsonnen und interstellare Raumfahrt werden in spätestens in einigen Megajahren, wenn nicht schon viel früher, wie es die technologische Singularität postuliert, möglich werden, da keine Naturgesetze dagegen sprechen. Für beides ist die Erschaffung von Antimaterie Hauptvoraussetzung, denn nur sie hat die maximale Energiedichte wie sie Kunstsonnen und Raumantriebe brauchen. Weiterhin ergibt sich mit ihrer Synthese die Möglichkeit, verlorengelassene Sonnenenergie teilweise zu speichern - für schwere Zeiten.

Die Weltraum-Exploration ist eine auf die wissenschaftliche Forschung aber auch auf langfristige Nutzung und dauerhafte Präsenz der Menschheit im Weltall ausgerichtete Aktivität mit dem Ziel, den gegenwärtig begrenzten Zugang zum Sonnensystem mit Robotern und Menschen zu erweitern und nach neuen Fragen, Anwendungen und Möglichkeiten des Kommerziells zu suchen, Weltraumressourcen zu erschließen und dem Tourismus neue Möglichkeiten zu erschließen.

Die Vision für eine wissenschaftliche Erkundung des Weltraums im 21. Jahrhundert sieht die Entwicklung einer logischen, systematischen und evolutionären Architektur vor, die bemannte und robotische Systeme nutzt, durch die eine permanente Erkundung des Sonnensystems

möglich wird, die als globale Unternehmung konzipiert ist und nicht als Plan oder Produkt einer Raumfahrtagentur, also eine Nation. In der Raumfahrt werden zukünftig erst Ziele definiert werden und dann die Zielorte; d.h., warum eine Gesellschaft solche Unternehmungen fördern sollte und dann, welche Ziele den Imperativen genügen. Davon wird das "wie" und "wo" abgeleitet, um diese Ziele zu verwirklichen. Roboter sollten dann überall genutzt werden, wo es möglich ist; Astronauten dagegen, wo diese nötig sind.

In der ersten Phase der Industrialisierung des Weltraums machen Vakuum und Schwerelosigkeit vielversprechende neuartige Produktionsverfahren möglich. Das Vakuum etwa ermöglicht die Herstellung ultrareiner Materialien. Die Schwerelosigkeit im Erdorbit sind bei genauer Betrachtung kleinste Gravitationswirkungen von typischerweise 10^{-5} Erd-g, die sich in kleinen Bereichen von etwa 1 m noch um das 100fache verringern lassen. Durch diese zwei Umweltfaktoren werden Produktionsverfahren möglich, die auf der Erde nicht vorhandene Chancen erschließen. Eine Raumstation ist nötig, um Weltraumproduktionsanlagen dauernd betreiben zu können. Sie ist ein bemannter (Erd)Satellit, der regelmäßig von der Erde angefliegen wird (ein Mars-oder Venussatellit würde regelmäßig vom Mars oder von der Venus angefliegen werden), um Nachschub zu bringen, Mannschaften, Verbrauchsmaterial und Geräte auszutauschen. Der Flug von der Erde zur Raumstation ist energiemäßig aufwendiger als von der Raumstation zum Mond oder zu den Planeten- das sogenannte "1. astronautische Paradoxon". Weiterhin benötigt der Start von der Erde eine höhere

Schubbeschleunigung als der Flug im All. Somit funktioniert die Raumstation auch als Umsteigebahnhof für Fernreisen, deren Bahn am besten über dem Erdäquator liegt; um die Erde zu beobachten empfiehlt sich eine polnahe Raumstation Die Bahnhöhe der Bahnhofstation sollte möglichst niedrig sein - etwa 450 km; ein gelegentliches Hochschieben durch Raketen oder das Erdmagnetfeld gleicht die Nachteile aus.

LEO-Raumstationen eignen sich für eine Vielzahl von Zwecken: als wissenschaftlicher Stützpunkt für das Erdstudium, als schwereloses Labor für Experimente und zur Materialforschung, als Zwischenstation für die Treibstoffversorgung und die Wartung und Reparatur von Satelliten und anderen Raumfahrzeugen und zukünftig auch als Werft für riesige Raumschiffe, die unter Umständen wesentlich größer sind als die Raumstation selbst, die beim außerirdischen Besiedlungsprogramm inklusive der lunaren Vorhaben eingesetzt werden sollen. Eine frühere Mondstrategie der NASA beruhte darauf, daß alle bei den lunaren Missionen verwendeten Raumfahrzeuge im LEO nahe der Raumstation gebaut, betankt und gewartet werden, um die Kosten für die Starts von der Erde zu sparen. Dazu wollte sie eine HLLV (Heavy Lift Launch Vehicle), eine neue Schwerlastfähre mit einer LEO-Nutzlast von gut 100 t entwickeln, weiterhin OMVs (Orbital Maneuvering Vehicle), Transporter für den Bereich der Raumstation und OTVs (Orbital Transfer Vehicle), Transferfahrzeuge, die Nutzlasten zwischen LEO und dem Mond befördern. Alle diese Raumfahrzeuge hätten chemische Triebwerke.

Mit der Saturn V oder der Energija-Rakete ließen sich allerdings ENAs

oder sogar der Mars erreichen, ohne daß man auf einer Raumstation ein interplanetares Raumschiff zusammenbauen muß; vielleicht bietet sie doch keine idealen Bedingungen für wissenschaftliche Forschung. Aber sie ist mindestens eine gute Möglichkeit, Erfahrungen zum langfristigen Aufenthalt im All zu sammeln und mit ihr werden die Beziehungen zwischen den Raumfahrtnationen gefestigt. Letztlich ist die Entsendung von Menschen (und Robonauten) zu ENAs, zum Mars und darüber hinaus ihr einziger nachvollziehbarer Zweck.

Für die nächsten 50 Jahre wird sich die bemannte Raumfahrt voraussichtlich auf folgende Zielorte konzentrieren: SEL2¹⁵, den Mond, ENOs, Mars - inklusive Phobos und Deimos, EML1-5. SEL1&2 werden zukünftige Wegstationen bzw. Stufungsorte zum Wechsel von Raumschiffen sein. Nahe SEL1 und 2 sind bis 2020 mindestens 8 neue Weltraumteleskope vorgesehen, unter anderem Herschel, Planck, Gaia, Darwin - sie alle sollen das Sonnensystem und das Universum in allen Spektralbereichen und Bildungsprozesse von Galaxien und Planeten erforschen, nach Exoplaneten und nach Lebensanzeichen in deren Spektren suchen. möglicherweise ergeben sich daraus auch Rückschlüsse auf nichttechnische ETIs... Um all das und noch mehr umzusetzen, sind GEVs, Geospace Exploration Vehicle, nötig, die zwischen LEO - etwa von der ISS - und SEL2 pendeln. Sie können entweder von der LEO oder direkt von der Erde zum SEL2 auf

¹⁵ „SEL“ sind die Librationspunkte im Sonne-Erde-System.

sogenannten "Halo-Orbits" fliegen. Halo-Orbits sind Umlaufbahnen um Librationspunkte herum; durch gravitationsunterstützte Manöver von Erde und Mond sind sie auch Ausgangsorbis für energieeffiziente interplanetare Reisen auf Hohmann-Bahnen. Die Erfahrungen mit dem HST zeigen, daß bemannte Missionen zur Wartung bzw. Rettung von sehr teuren Observatorien sinnvoll sind, wenn sie schon bei der Konzeption der Instrumente eingeplant werden. Auch wenn für Mondmissionen ein direkter Einschuss in einen niedrigen Mondorbit energetisch am günstigsten ist, hat dieses Szenario jedoch mehrere Nachteile im Vergleich zu EML1 als Ziel: für die schnelle Rückkehr von Astronauten und dem Eingreifen bei Not-oder Reparaturmaßnahmen, für den Transport von großen Modulen zur Mondoberfläche oder anderen Zielen im translunaren Raum, für die Einrichtung eines Umschlagplatzes für Monoberflächenmissionen und zu ferneren Zielen wie die Erde-Mond-Librationspunkte EML1-5, NEOs (erdnahe Objekte, z.B. ENAs, erdnahe Asteroiden), den Asteroidengürtel und Mars - unter Ausnutzung energetisch günstiger weil gravitationsunterstützter Bahnmanöver - solange bis Antriebe mit größerem Delta-V verfügbar sind, die auf Hyperbeln zu ihren Zielen fliegen. Für all das eignet sich EML1 bei einem etwas höheren Delta-V-Bedarf besser als das Apollotransportscenario - eben der direkte Einschuss in einen niedrigen Mondorbit. Also eine Raumstation in EML1 würde geolunare bzw. cislunare und translunare Explorationsmissionen und die Monderforschung unterstützen und stark erweitern; speziell im

Zusammenhang mit einem GEV kann sie nachhaltig und effizient betrieben werden und als Stufungsplattform für robotische und bemannte Missionen dienen.

Als Zwillingplanet und engster Erdnachbar bietet sich der Mond mit seinen Ressourcen als natürlicher Raumflughafen und als Weltraumstützpunkt für Forschungsstationen und später Kolonien an. Auf ihm lassen sich Mondproben analysieren, Weltraumstrahlung untersuchen, das Leben bei $1/6g$ erforschen und astronomische Beobachtungen im IR und Submillimeter-Bereich in schattigen und kalten polaren Gebieten betreiben. Auf der Mondrückseite Radioteleskope für ultralange Radiostrahlung. Auf dem Erdtrabanten lassen sich weiterhin viele Technologien für die bemannte Marsexpedition testen.

MOND - Missionen und Besiedlung usw.

Reisen und andere Transporte zwischen Erde und Mond sind an keine Startfenster gebunden; im Raum zwischen Erde und Mond gibt es himmelsmechanisch ausgezeichnete Punkte, die relativ leicht vom Mond aus zu erreichen sind. Der Transportaufwand für Materialien vom Mond zu einer Erdaußenstation wäre wesentlich geringer als der Aufwand für den Transport zur Erdoberfläche.

Die Vorteile einer Mondbasis wären den Mond als Sauerstoffquelle zu haben, wobei der Sauerstoff zum Atmen und als chemischer Raketentreibstoff verwendet würde. Die Versorgung einer Mondbasis und einer Raumfahrzeugflotte mit Erdsauerstoff wäre weit teurer als die Herstellung auf dem Mond und der Weitertransport ins All, da nur 1/6g zu überwinden ist. Der in anderen Substanzen gebundene Sauerstoff macht etwa 40 Gewichtsprozent aus und kann mit relativ einfachen Abbau und Aufbereitungstechniken gewonnen werden. Außerdem läßt sich Titan, Aluminium, Eisen und Magnesium auf dem Mond abbauen. Da der Mond praktisch ohne Atmosphäre ist, wird der Blick ins All weder durch Wolken behindert, noch durch Luftturbulenzen verzerrt, was auch günstig für die Astronomie ist, für die Erforschung des Universums. Durch die niedrige Mondschwerkraft und geologisch sehr stabile Oberfläche - typische Mondbeben liegen beim 10^{-8} fachen vergleichbarer Erdbeben und entsprechende Bodenbewegungen bei 10^{-9} m - wird der Bau großer Beobachtungsinstrumente möglich; z.B. 16m große optische Teleskope und 500m große schwenkbare Radioteleskope. Zusätzlich lassen sich Teleskope zusammenschalten,

wodurch die Auflösung die von einem Einzelteleskop von mehreren km Durchmesser erreicht. LOUISA (Lunar Optical-UV-IR-Synthesis-Array) ist ein Teleskoppark aus 2 konzentrischen Ringen mit 1,5m-Teleskopen, mit dem man auf der Erde noch 5 Cent-Stücke große Strukturen auflösen könnte. Mit LOUISA lassen sich erdähnliche Planeten in der galaktischen Nachbarschaft finden. Ähnliche Anordnungen wären auch mit Radioteleskopen mit vergleichbaren Leistungen möglich. Er wäre auch ein möglicher Standort für kosmologische Beobachtungen etwa für die Suche nach Gravitationswellen und kosmischen Strings (über spezielle Gravitationslinsen).

Im Gegensatz zum Erdorbit ist die Mondumgebung frei von Raumschrott und damit ist die Kollisionsgefahr sehr gering.

Auch wenn die Gewinnung von Rohstoffen für Vorhaben auf dem Mond und in Erdumlaufbahnen und der Betrieb von Observatorien zum Großteil automatisch durch Roboter geschehen kann, die zunehmend komplexere Handlungen ausführen können, macht die Errichtung der Mondbasis selbst eine Beteiligung von Menschen nötig.

Das anfängliche Mondleben wird dem in einem Atom-U-Boot ähneln; die ersten Mondbasen werden zum Schutz vor Sonnenstrahlung und Flares wohl aus miteinander verbundenen Zylindermodulen und einer 2 m hohen Deckschicht aus Mondmaterial bestehen. Solarkollektoren und kleine Kernreaktoren liefern Strom für die Basis, da eine Mondnacht zwei Erdwochen entspricht. Mit dem Wachsen der Mondbasis wird der Betrieb zur Routine. Besatzungen, die aus Astronomen, Geologen, Physikern und andere Wissenschaftlern bestehen, verbleiben 0,5 bis 1

Jahre in der Basis.

O₂-Gewinnungsanlagen¹⁶ werden z.B. Einrichtungen im Erdorbit beliefern; He-3¹⁷, das mit dem Sonnenwind auf den Mond gelangt, wird als Brennstoff für Fusionsreaktoren Verwendung finden - all diese Aktivitäten setzen eine ausgedehnte außerirdische Infrastruktur voraus. Ganze Flotten von Transferfahrzeugen werden einen regelmäßigen Fährverkehr zwischen dem LEO und dem Mond und zurück aufrechterhalten. Lunare Ressourcen lassen sich auch dazu verwenden, um größere Raumstationen mit komplexeren Einsatzmöglichkeiten und ein dichtes Netz von energierzeugenden Satelliten zu bauen.

Wäre es nach dem Constellation Programm der NASA von 2006 gegangen, sollten 2019 Menschen zum Mond und 2037 zum Mars und danach zu noch weiter entfernten Zielen fliegen; zwischen 2020 und 2024 wäre eine ständig besetzte Mondbasis errichtet worden. Aber das Constellation-Programm sollte noch weiter gehen - es stellte den NASA-Fahrplan zur Erkundung und Erforschung des Sonnensystems mit neuen Sonden, Raumschiffen und Trägerraketen dar und umfaßte und andere Versorgungsflüge zu Raumstationen und Mondlandungen. Das in diesem Programm enthaltene bemannte Raumschiff "Orion"

¹⁶ O ist im PSE, dem Periodensystem der Elemente das Symbol für Sauerstoff

¹⁷ He-3 ist ein Helium-Isotop und besteht aus 2 Protonen und einem Neutron

basierte auf den Apollo-Kapseln. Zusammen mit den Trägerraketen "Ares I" und "A. V" sollte es das Space Shuttle ersetzen. Mit der Altair-Landefähre hätte man dann auf dem Mond landen können, dieses Mondlandemodul wäre mit einer Ares-V-Rakete in die Umlaufbahn gebracht worden, um dort mit dem Orion-Raumschiff zusammenzukoppeln, das seinerseits mit einer Ares-I in den LEO transportiert worden wäre. Ähnlich wie beim Apollo-Programm wäre der Komplex zum Mond geflogen. Die Altair-Mondlandefähre war 2teilig konzipiert: eine Abstiegsstufe hätte den Großteil des Treibstoffs, des Sauerstoffs und der Stromversorgung enthalten und die Aufstiegsstufe die Astronauten, die Lebenserhaltungssysteme und Treibstoff für den Aufstieg. Mit der Altair hätten 4 Astronauten eine Mondmission durchführen können; das Orion-Raumschiff hätte unbemannt in einer Mondumlaufbahn verbleiben können.

Eine Mondstation könnte als Zwischenstation für weiter entfernte Raumfahrtziele Treibstoff und Material bereitstellen. Der Mond hätte als Basis für zukünftige interplanetare Missionen die treibstoffsparenden Vorteile einer geringen Fluchtgeschwindigkeit und fehlender Atmosphäre. Auf ihm ließen sich Erfahrungen für Marsmissionen und andere Kolonisationsprojekte sammeln und Technologien testen.

Er wäre ein ideales Forschungs- und Testgebiet, da viele Projekte und Experimente eine sterile, luftleere oder schwerkraftarme Umwelt benötigen, z.B. nanotechnologische oder zoologische Forschungsprojekte.

Da eine Mondkolonie ständiger solarer und kosmischer Strahlung und Mikrometeoriten ausgesetzt wäre, würde sie vor allem unter der Mondoberfläche gebaut werden, entweder in natürlichen Höhlen oder die Basis wird zwar an der Oberfläche errichtet, aber anschließend unter mehreren Metern Mondstaub vergraben. Eine zukünftige Mondkolonie könnte sich vielleicht sogar mit künstlichen Magnetfeldern vor solarer und kosmischer Strahlung schützen...

Der Standort einer Mondstation richtet sich nach guten Transportmöglichkeiten, natürlichen Ressourcen und wissenschaftlich relevanten und erforschenswerten Objekten in nicht allzu großer Entfernung.

Die Polregionen haben als möglich Standorte die Vorteile, daß sie sich fast ständig im Sonnenlicht befinden. Dadurch ließe sich die Sonne als Energiequelle nutzen. Mit mehreren Solar-Kraftwerk-Stationen wäre eine dauernde Energieversorgung gegeben und über ein Verteilernetz ließen sich auch Stützpunkte versorgen, die nicht ständigem Sonnenlicht ausgesetzt sind.

Am Malarpert-Krater am Südpol ließe sich durch 2 Solarparks ständig Strom erzeugen und er könnte als Nachrichten-und Energie-Relaisstation für den Shackleton-Krater dienen, der sich seinerseits für astronomische Beobachtungen anbietet, da er sehr kalt ist und die Kraterwände die irdische Radiostrahlung abschirmen. In nahen Kratern könnte Wasserstoff vorkommen. Das Südpol-Aitken-Becken ist einer der größten Impaktkrater im Planetensystem und könnte Rückschlüsse auf seinen Aufbau ermöglichen.

Teil I Raumfahrt allgemein MOND - Missionen und Besiedlung

Der Peary-Krater am Nordpol wird fast ständig beschienen und in nahen Kratern wird Wasserstoff vermutet.

Am Mondäquator könnte es mehr He-3 geben, da der Sonnenwind steiler auftrifft.

Im Oceanus Procellarum lassen Untersuchungen auf O-reiches Gestein schließen und die He-3-Konzentration dürfte noch viel stärker sein als auf der erdzugewandten Seite, da diese den Mond z.T. vor dem Sonnenwind schützt.

Der Transport von und zur Oberfläche könnte außer mit Raketen auch mit einem Weltraumlift erfolgen; für den Transport von Material und Personen zwischen den Kolonien, Lagerstätten, Kosmodromen usw. würde sich eine Magnetschwebbahn anbieten, da ihre Geschwindigkeit nicht durch atmosphärische Reibung begrenzt wird.

Mit elektrodynamischen Massebeschleunigern bzw. Massentreibern lassen sich Objekte elektromagnetisch bis jenseits der lunaren Fluchtgeschwindigkeit beschleunigen. Je nach Ausrichtung der Masseschleudern können die Ladungen abgefangen werden oder auf der Erde landen. Werden die lunaren Rohstoffe auch auf dem Mond weiterverarbeitet, und fügt man die geringen Transportkosten dazu, würden Energiesatelliten, Raumschiffe, Raumkolonien usw. erheblich billiger, als wenn man sie auf der Erde herstellen und hochschießen müßte.

Materialien vom Mond aus zu einer Erdaußenstation zu transportieren wäre wesentlich einfacher als ihr Transport auf die Erde. Da flüchtige

Teil I Raumfahrt allgemein MOND - Missionen und Besiedlung

Elemente auf dem Mond kaum vorhanden sind, müßten sie von der Erde importiert werden. Metalle und He-3 wären wichtige Mondressourcen.

Die ^3He -D-Fusion erzeugt He-4, Protonen und 18,3 MeV; sie erfordert wesentlich höhere Werte der Plasmaparameter und die Abstoßkräfte sind höher als z.B. bei der D-D o- D-T-Fusion. Dadurch wird sie zu einer komplexeren Technologie der 2. oder erst 3. Generation von Fusions-Kraftwerken. Aber bei ihr wird die freiwerdende Energie über Protonen statt über Neutronen abtransportiert, die über Wechselwirkungen mit Magnetfeldern direkt und problemlos in MHD-Kraftwerkens in Elektrizität umgewandelt werden kann. Diese spezielle Fusionsart wird auch für Raumschiffantriebe hochinteressant.

Für 1 kg He-3 müssen 10^5 bis 10^6 m³ Regolith transportiert , auf 10^3 °C erhitzt und die freiwerdenden Gase über anspruchsvolle Destillations- und Separationsprozeße erarbeitet werden. Dafür fallen als Nebenprodukte tonnenweise Wasserstoffund andere Gase an. Existiert eine entsprechende Fusionstechnologie und sind die Herstellungs-und Transportkosten entsprechend gering, könnte der ökonomische Wert von 1kg He-3 bei rund 10^6 Euro liegen, wenn daraus 10^8 kWh(thermisch) oder nach Umwandlung etwa 10^7 kWh(elektrisch) erzeugt werden und 1 kWh(elektrisch) bei 0,1 Euro liegt.

Marsmissionen

Wäre der Mars der Erde so nahe wie der Mond hätten wir längst nicht so gezögert, dorthin zu fliegen. Wäre der etwa marsgroße Protoplanet Theia vor ca. 4 GJ nicht auf der Erde eingeschlagen, wodurch der Mond entstanden ist, sondern von ihr nur eingefangen worden - wer weiß...

Da Erde und Mars ihre Stellung - auch in der Ekliptik - zueinander verändern, öffnet sich nur etwa alle 2a für wenige Wochen ein Startfenster zum Mars. Man kann ihn auf einer 500-Tage-Hohmannbahn oder auf einer 1000-Tage-Hohmannbahn erreichen; die 1000-Tage-Mission setzt sich aus 200 bis 300 d für den Hin- und Rückflug sowie 350 bis 550 Tage Wartezeit auf dem Mars zusammen, da beim Rückflug auf ein energiegünstiges Startfenster zur Erde gewartet werden muß, der mit relativ wenig Treibstoff auskommt. Weiterhin sind Hin- und Rückflug der 1000-Tage-Mission auf den Raum zwischen Erd- und Marsumlaufbahn begrenzt.

Dagegen sind die Missionsprofile der 500-Tage-Missionen Flugbahnen mit teilweise sehr hohem Energiebedarf und führen bei Rückkehr zur Erde über die Venus und damit in große Sonnennähe, was einen entsprechenden Schutz gegen Wärme, Strahlung usw. notwendig macht. Schon 1947/48 plante Wernher v. Braun eine Marsflotte aus 10 Raumschiffen, die innerhalb von 8 Monaten in einer Erdumlaufbahn zusammengebaut werden sollten. 46 wiederverwendbare Raumfähren sollten die Bauteile in 950 Flügen in den Orbit bringen. Eine 70köpfige Besatzung wäre 8 Monate unterwegs. 50 Astronauten würden in einem Raumschiff auf Kufen auf einem der Pole landen, sich von dort aus zum

Äquator begeben, um dort Landebahnen für 2 weitere Raumschiffe zu bauen, die gleich nach der Landung für den Notfall aufgerichtet werden sollen. Die restlichen Astronauten sollten auf einer Umlaufbahn in den Raumschiffen verbleiben. Nach 400 Tagen wäre der Rückflug erfolgt. 5 Jahre vor Gagarins Flug verringerte v. Braun seine Mission auf 12 Astronauten in 2 Raumschiffen. Auch in diesem Plan wären die Schiffe vorrangig für den Notstart vorbereitet worden, erst danach hätten sie den Planeten erforscht.

Anfang der 1960er befand sich die Raumfahrt mit ähnlichen Projekten in Aufbruchsstimmung, da mit der Freisetzung der Kernenergie, Computern und der Überwindung der Erdanziehungskraft alles möglich schien.

In einem 1962er Szenario sollten 5 Astronauten 1971 am Mars vorbeifliegen, 4 Jahre später sollten 5 Astronauten in seine Umlaufbahn eintreten, um ihn zu erkunden. 1977 sollten sich 8 Astronauten 30 Tage auf seiner Oberfläche aufhalten; für künstliche Schwerkraft und zur Lagestabilisierung sollten alle diese Raumschiffe über kreisförmige, rotierende Unterkünfte verfügen.

Ebenfalls in den 1960ern gab es Pläne, die Apollo-Maschinerie für Marsflüge auszubauen, die aber wegen des Vietnamkrieges nicht realisiert werden konnten, da dieser 100 Milliarden Dollar pro Jahr verschlang, während die Raumfahrt damals gut 5 Milliarden brauchte, um innerhalb von 6 bis Jahren Nutzlasten in der Größenordnung von Saturn V-Raketen zu entwickeln.

Ein weiteres Startdatum war der 3. Mai 1971, die Rückkehr war für den

24. Januar 1974 vorgesehen. Bei diesem Projekt war der Marsgleiter mit sehr großen Deltaflügeln ausgestattet, da die Marsatmosphäre nur 8% des irdischen Drucks hat.

Kurz nach Apollo 11 schlug v. Braun eine aus der Apollo-Technik weiterentwickelte Marsmission vor: in 6 bis 7 Flügen mit umgebauten Saturn V-Raketen sollte das Marsschiff für ein kleines Team im LEO montiert werden. Für interplanetare Missionen sollte ihre 3. Stufe mit Atomkraft verstärkt werden. 1982 sollten die Astronauten auf dem 4. Planeten landen.

Während man das Startgewicht der Marsraketen durch eine optimale Flugbahn und bessere Treibstoffe verringern kann, läßt sich noch mehr Treibstoff durch das "Aerobreaking" sparen, dazu werden die Marsraumschiffe durch die Reibungskräfte der Marsatmosphäre abgebremst.

Zwar öffnete Apollo die Tür zum Weltraum, doch die finanzielle Kraft fehlte, um weiterzumachen. 1972 wurde die Raumfähre das Apollo-Nachfolgeprojekt, doch noch ein Jahr zuvor wurde eine Studie angefertigt, nach der eine wiederverwendbare Raumfähre die einzelnen Module des Marsraumschiffs in den Orbit bringen sollte, wo es dann zusammengebaut würde. Da der Laderaum der Raumfähre nur 5m Durchmesser hatte, wäre es nötig gewesen, das Raumschiff in 30 Module aufzuteilen.

Stattdessen sollte nur das Antriebsaggregat der Raumfähre dazu verwendet werden, um Module mit 8m Durchmesser mit einer Saturn-Oberstufe halb in den Orbit zu transportieren, von wo aus die Fracht

mithilfe einer weiteren Oberstufe in die vorgesehene Umlaufbahn weiterfliegt, während das Raumfährenaggregat zum Startplatz zurückkehrt. Dadurch wären nur 6 Flüge für den Transport der Einzelteile nötig, während die Oberstufen zum Antrieb des Marsraumschiffs verwendet worden wären. Dessen Betankung mit 1,5 Kilotonnen Treibstoff sollte in 65 Flügen stattfinden.

Vom Start aus der Erdumlaufbahn bis zur Rückkehr wären 570 d vergangen. Die Raumschiffe hätten unterwegs mit $1/6 g$, also Mondscherkraft, rotiert. Nachdem die Besatzung den Planeten erreicht hätte, wäre sie 15 Tage im Orbit verblieben, um ihn zu studieren und Landevorbereitungen zu treffen. 3 Astronauten hätten dann 45 d lang die Oberfläche erkundet und die anderen 2 wären im Orbit geblieben. 2 Rover hätten den Aktionsradius auf bis zu 240 km erweitert. Forschungsschwerpunkt wäre Die Suche nach Marsleben und schon während des Rückflugs sollten die Proben untersucht werden. Bei der Rückkehr fliegt das Raumschiff an der Venus vorbei, um durch deren Schwerkraft so abgebremst zu werden, daß das Delta-v relativ zur Erde nicht zu hoch ist, da die Treibstoffmengen für eine direkte Abbremsung zu groß wären.

Wählt man statt dieser schnellen Hohmannbahn eine energieärmere, auf der die Raumschiffgeschwindigkeit geringer ist, ergibt sich zwar eine Verweilzeit von 360 bis 560 d auf dem Mars und es läßt sich eine sehr komplexe Mission durchführen. Diese erfordert aber mehr Ausrüstung, deren Kosten wie auch deren Betreuung durch die Wissenschaftler von der Erde aus die Treibstoffersparnisse wohl überschreiten würde.

Ein Plan von 1987 bezog eine permanent besetzte Raumstation mit ein, die als Montagebasis und der Erforschung von Langzeitaufenthalten im All dienen sollte. Schnelle bemannte Missionen im ersten Jahrzehnt des 21. Jahrhunderts sollten anschließend an unbemannte Sonden geeignete Orte für Marsstationen suchen und Erfahrungen mit interplanetaren Flügen sammeln. Schon ab 2010 sollte eine ständig bemannte Marsbasis aufgebaut werden. Allerdings ging dieser Plan nicht von internationaler Kooperation aus, sondern versprach ein großes nationales (ja genau, die USA) Abenteuer mit dem sie sich für ein nachhaltiges Ziel verpflichtete und das eine zugrunde liegende Wissenschaft, Technik und Infrastruktur erfordert hätte. Allerdings muß man berücksichtigen, daß sich die Welt 1987 noch im kalten Krieg befand und Europa keine ernsthafte Konkurrenz darstellte.

1988 sah ein anderes Konzept den Transport eines unbetankten Marsraumschiffs in einem Stück in die NEU, die niedrige Erdumlaufbahn vor. Automatische Mondfabriken sollten chemischen Treibstoff, also Wasserstoff und Sauerstoff herstellen, der von der Mondoberfläche mit automatischen Frachtschiffen zu einem Depot zwischen Erde und Mond gebracht wird. Dieser Studie lag die Idee zugrunde, stückweise eine Struktur zu errichten, durch die die Erkundung des Sonnensystems und andere Weltraumaktivitäten möglich wird.

Vielleicht wird also die erste Marsmission nur eine Umkreisung, vielleicht eine "schnelle" Mission mit Landung und mit kurzer Wartezeit oder langer Wartezeit ? Gut möglich, daß sie einen

Ionenantrieb verwenden, zumindest für den Transfer vom Erdorbit zum Marsorbit; Starts und Landungen von und auf den Welten müßten weiterhin chemisch durchgeführt werden. Diese Übergangsbahnen wären dann keine Hohmannbahnen mehr, sondern eher Parabeln oder sogar Hyperbeln mit erheblich verkürzter Reisezeit.

Ein solches elektrisches Marschiff hätte mindestens 200 t Masse, einen Schub von 150 kN und bräuchte eine Energiequelle von 5 MW, wahrscheinlich einen speziellen Kernreaktor, der um 3 Größenordnungen, also 1.000 mal kleiner wäre als irdisches Atomkraftwerk.

Noch immer muß die eigentliche Marsfähre in einer LEO zusammengebaut werden, von wo aus sie mit mindestens 130 t Masse in Richtung Mars aufbricht. Das Space Shuttle (was es nicht mehr lange gibt) oder die Ariane 5 können nur etwa 20 t Nutzlast transportieren und müßten für den kompletten Zusammenbau bis zu 50 mal eingesetzt werden.

Sollte der erste bemannte Marsflug schon 2020 stattfinden, wird er wahrscheinlich konventionell, also mit chemischem Antrieb durchgeführt werden. Wird später eine dauerhafte Station auf unserer Nachbarwelt errichtet oder diese sogar kolonisiert, wären nuklearelektrische Raumfähren billiger, die ständig im Pendelverkehr zwischen Erd und Marsorbit unterwegs wären. Sie könnten an irdischen Raumstationen anlegen, dort Nachschubgüter und Marsreisende aufnehmen und Treibstoff nachtanken. IN der Marsumlaufbahn bzw. dem marsnahen Raum würden sie Landegeräte absetzen und Rückkehrer

aus Aufstiegsraketen übernehmen.

Vielleicht findet beim bemannten Marsflug eine Igenberssche Energiestufung statt: Während die erste Stufe der Marsrakete arbeitet bzw. "brennt", setzt gleichzeitig die " 2. Stufe ihre Energie frei, aber nicht als Antriebsenergie sondern etwa in Brennstoffzellen. Die Energie der 2. Stufe wird der 1. so zugeführt, daß deren Strahlgeschwindigkeit zunimmt: diese Zusatzenergie könnte in elektrische Form einen Lichtbogen in der Brennkammer der 1. Stufe betreiben und damit deren Abgasstrahl nachheizen. Das Reaktionsprodukt der 2. Stufe - Wasser, evtl. dampfförmig - verbleibt auch dort und kann unterwegs zum Mars das Wasser solarelektrisch oder nuklearelektrisch wieder zerlegen und seine Bestandteile werden wieder verflüssigt, so daß die Treibstofftanks der 2. Stufe wieder gefüllt sind, als wären sie nie benutzt worden.

Für die interplanetare Raumfahrt könnten Swing-Stationen wichtig werden (nein, keine Swinger-Stationen): Raumflugkörper lassen sich auf "Pendelbahnen" schießen, auf denen sie fast ohne Treibstoff periodisch an 2 Himmelskörpern vorbeikommen, derartige Bahnen gibt es zwischen Erde und Mond, Erde und Mars, Erde und Venus usw. Jedoch kommen sie nicht bei jedem Umlauf an beiden Welten vorbei. Ein bemannter Marsflug könnte wie folgt geschehen: man fliegt zu einer gewissen Zeit in einer kleinen Raumkabine (einem Shuttle) von der Erde weg - vielleicht startet man auch von einem Himmelsaufzug - und bald darauf findet nach einem automatischem Rendezvous-und Andockmanöver das Umsteigen in die interorbitale Pendel-bzw. Swingstation statt. In dieser riesigen und luxuriösen Station - oder Basis

oder noch später einmal Weltraumstadt oder ähnliches - läßt sich die Marsnähe bequem erreichen; wahrscheinlich herrscht auf ihr teilweise Marsschwerkraft. In Marsnähe wird man von einer kleinen Zubringerrakete abgeholt oder hinaufgebracht. Damit Weltraummüll Raumfahrt nicht gefährdet, wird dieser entweder nach außen entfernt, kontrolliert auf die Erde oder auf andere Planeten mit Atmosphäre zum Absturz gebracht, auf Weltraumschrottplätzen gesammelt oder im All wiederaufbereitet; präventiv wird die Anzahl der ins All gebrachten Objekte z.B. durch Mehrzweckgeräte verringert werden.

Vielleicht lassen sich auch ENAs als "Reisehotels" verwenden, die zwischen der Erd- und der Marsbahn pendeln.

Um gesundheitliche Schäden durch Schwerelosigkeit auf Marsflügen zu verringern, ließe sich eine künstliche Schwerkraft durch marsähnliche Beschleunigung oder durch Rotation erzeugen, indem man etwa 2 rechteckige, durch ein Seil verbundene Habitate verwendet - was einfacher zu bauen wäre als ein radförmiges Raumschiff.

Übrigens können sie unterwegs den Flug bzw. den freien Fall nicht einfach abbrechen; das ist aus bahnmechanischen Gründen nicht möglich, selbst wenn sie nicht landen würden, weil sie sich auf einer Hohmann-Bahn befinden; mit mehr Energie, also besseren Antrieben, die ein höheres D-v erreichen, wäre das jedoch vorstellbar.

Bemannte Marsmissionen sind technologische Herausforderungen, und auch wissenschaftliche Forschung - ergänzend und als Erweiterung von Robotermissionen, aber vor allem sind sie die Kulturaufgabe der Menschheit.

Marsschiffe mit chemischen und nuklearthermischen Antrieben und Gesamtmassen zwischen 300 und 500t brauchen beim Abflug im LEO wegen des geringen spezifischen Impulses einen etwa 500tägigen Marsaufenthalt bis ein Rückflug wieder möglich ist. Zusammen mit den Reisezeiten werden es 1000-Tage-Missionen.

Dagegen machen elektrische Antriebe jederzeit einen Abbruch bzw. einen Rückflug zur Erde möglich, sind wesentlich flexibler und sicherer. Die Missionsgesamtdauer wird etwa halbiert und die elektrische Energieversorgung liegt im MW-Bereich; eine anspruchsvolle aber lösbare technologische Herausforderung.

GEVs sind nur ein 1. Schritt bis zum Marslander, die nächsten technologischen Hürden bestehen in der Entwicklung und Erprobung eines ITV, eines interplanetaren Transferfahrzeugs mit dem ENAs und ENOs-Missionen bis zu einem Jahr durchgeführt werden können; eines Schwerlast-Transferfahrzeugs bis zur Marsbahn, evtl. nach Phobos und Deimos, um von dort den Marsabstieg und Wiederaufstieg und die Rückreise durchzuführen.

Mit einem He-3-Deuterium-Antrieb ließe sich die Reisezeit für schnelle bemannte Flüge auf 2 Monate verringern; Frachtflüge würden in 8 Monaten dort sein und die Treibstoffmasse würde weniger als ein Fünftel der Frachtmasse betragen. Ein möglicher Kernfusionsantrieb könnte eine 100 m lange Magnetrohre sein, in der mit Mikrowellen auf 600 Megakelvin erhitztes Plasma fusioniert. Würde man Antimaterie verwenden, wären für den Flug zum Mars und zurück nur gut 0,1

Gramm Antiprotonen nötig.

Der Weg zum Mond könnte sich als Umweg oder gar als Sackgasse herausstellen, denn im Gegensatz zum Erdtrabanten besitzt Mars 2 Monde, eine Atmosphäre, Staubstürme, Vulkane (die man hinsichtlich des Terraformings wieder aktiv machen könnte, damit deren Lava den Permafrostboden aufschmilzt und die außerdem Treibhausgase ausblasen ?), Polareis, interessante Landschaftsformen und alte Flußtäler und Meere. Der rote Planet ist am besten dafür geeignet, zukünftig (höheres) Leben zu beherbergen - Menschen, die von der Erde heraufziehen.

Den Marsflug vom Mond aus zu beginnen, könnte sehr teuer werden, denn zunächst müssen dessen Bauteile mit einer weichen Landung dorthin gebracht werden. Es sei denn, man nimmt eine lunare oder EML 4 oder 5-Raumfahrtindustrie an.

Marsmissionen werden aus Kosten- und anderen Gründen nur international bewältigt werden können und das ist auch gut so, denn es erscheint unpassend, daß ein dermaßen bedeutender Schritt nur von einer einzigen Nation, nur von einem winzigen Teil der Menschheit getan wird.

Der Marsflug wäre entscheidend einfacher, ließe sich aus seiner Luft und seinem Boden Treibstoff für den Rückflug gewinnen; dazu würden die Marsforscher für sich und nachfolgende Missionen versuchen, Wasser, Sauerstoff und Wasserstoff aus Felsen, Permafrostboden und

Luft zu extrahieren - um zu trinken, zu atmen, um ihre Maschinen anzutreiben und um Raketentreibstoff zu gewinnen. Später werden sie die Marsmaterie für den Bau von Basislagern und Siedlungen testen. Wenn es möglich und gewünscht ist, ihn erdähnlicher zu gestalten, so daß Sauerstoffmasken, Schutzanzüge und Kuppeln überflüssig werden, wird diese Welt viel attraktiver und ist auch leichter zu besiedeln, was selbstverständlich auch für jede andere Welt gilt, die ähnlich von Menschen besiedelt werden kann. Mit ISRU, der "In Situ Ressource Utilization", also der Nutzung der planetaren Ressourcen für Kolonialisierungszwecke, entfällt die Notwendigkeit, externe Ressourcen etwa von der Erde heran führen zu müssen.

Plant man die Nutzung von Weltraumressourcen ein, beeinflußt das wesentlich Missionsprofile und -kosten. ISRU und andere entsprechende Technologien sind entscheidend für dauerhaft bemannte Weltraumaktivitäten. Teilautarkie kann zukünftige Exploration sicherer und billiger machen und die Startmasse wird stark reduziert, z.B. indem der Treibstoff für den Rückflug nicht mitgenommen werden braucht, der bis zu 90% der Gesamtmasse ausmachen kann. Mit lunarer ISRU lassen sich 20% bis 40% der Kosten einsparen. Vielleicht wird der Mond eines Tages als Zwischenstation zur Treibstoffversorgung für weitergehende Explorationsmissionen oder für einen Export lunaren Treibstoffs in den Erdorbit oder zu EMLs oder SELs auch ökonomische Vorteile haben.

Die erheblichen Wasservorkommen auf Mars und den Planetoiden bieten bessere Aussichten auf hochwertige Lagerstätten mit großer Rohstoffdichte, da die Rohstoffanreicherung flüssiges Wasser und

geologische Prozesse braucht. Rückkehrtreibstoff läßt sich z.B. aus der Marsatmosphäre gewinnen; die ISRU-Technologie läßt sich einfacher auf dem Mars als auf dem Mond realisieren, da man das Wassereis im Boden und das CO₂ aus der Luft nutzen kann.

ISRU bietet Synergien zu irdischen Technologien der industriellen Rohstoffproduktion u.-Verarbeitung und nachhaltiger Versorgung, also der effizienten Nutzung begrenzter Ressourcen, dem Abfallmanagement, dem hochgradigen Recycling usw. Damit wird die Raumfahrt auch für Umwelttechnologien interessant und relevant.

Damit spielt dieses Konzept eine wesentliche Rolle bei der Besiedlung und Autonomie anderer Welten. Konkret werden deren Atmosphäre und Gestein etwa für die Herstellung von Sauerstoff und Rückkehrtreibstoff verwendet, wobei die nötige Energie z.B. von Kernreaktoren kommt. Eine Mars-ISRU könnte etwa damit beginnen, daß eine unbemannte Mission gut ein Jahr lang aus dem CO₂ der Marsatmosphäre und mitgebrachtem H₂ Methan und Sauerstoff erzeugt und in Tanks speichert. Nach einem weiteren Jahr landen dann Menschen auf ihm; falls sie sich bei der Landung in einem Notfall befinden, macht es die Konstellation zwischen Mars, Venus und Erde möglich, den Rückflug nach nur einem Monat Aufenthalt anzutreten. Ansonsten bleiben sie gut 15 Monate dort, errichten eine einfache Station und kehren nach weiteren 230 Tagen auf die Erde zurück. Mit ihnen zusammen landet eine neue Produktionsanlage, die wie die erste mehr als ein Jahr Methan und Sauerstoff für die 2. Mannschaft herstellt, die 9 Monate nach der ersten an der Marsstation eintrifft. Alle 2 Jahre fliegt eine Gruppe zum

Mars und kehrt nach 2,5 Jahren wieder zurück; da jede ein neues Wohnmodul usw. mitbringt, wird die Marsstation sukzessive erweitert. Bei einer späteren Mission könnte eine aufblasbare Kuppel mitgebracht werden, die mit Sauerstoff-Befüllung zu einer fußballfeldgroßen Anlage wird und in der Pflanzen usw. als Nahrung, aber auch aus psychologischen Gründen angebaut werden.

Das "Mars Direct"-Konzept geht von Startraketen mit der Nutzlast-Kapazität von Saturn V-Raketen aus. Als erstes startet ein unbemanntes Schiff, das das Rückkehr-Raumschiff, einen Kernreaktor mit 100 kW (el) und 6t Wasserstoff auf die Marsoberfläche bringt. Aus dem CO₂ der Marsatmosphäre werden mit dem Wasserstoff und der Kernreaktorenergie 24 t Methan, Wasser und 48 t Sauerstoff aus der elektrolytischen Spaltung von Wasser erzeugt - daher die elektrische Energie des Reaktors. Der Wasserstoff wird dann wieder zur Methan- und Wasserherstellung genutzt. Außerdem werden durch die CO₂-Elektrolyse noch 36 t Sauerstoff hergestellt. Gespeichert werden Methan (CH₄) und O₂, indem sie verflüssigt werden.

Von den insgesamt 108 t Methan und Sauerstoff werden 96 t, also 89% für die Rückkehr zur Erde gebraucht, den Rest verwenden die Fahrzeuge auf der Planetenoberfläche.

26 Monate (z.B. 26 mal von Vollmond zu Vollmond) startet das bemannte Raumschiff; wobei die Oberstufe mit einem Seil mit dem Habitat verbunden wird, um marsähnliche Schwerkraft zu erzeugen. Natürlich wird der Komplex vor der Landung separiert. Sollte das

Raumschiff bis zu 1000 km weit weg landen, ist es vorgesehen, daß die Astronauten mit ihrem Fahrzeug zur ursprünglichen Landestelle fahren, an der auch das Rückkehrraumschiff steht mit dem sie nach gut 1,5 Erdjahren die Marsoberfläche verlassen. Etwa zu dieser Zeit startet das nächste unbemannte Raumschiff, um unter anderem Treibstoff für die nächste Mission zu synthetisieren.

Hätte das ERV (Earth Return Vehicle), das Rückkehrraumschiff ein Nukleartriebwerk, könnte man die Marsatmosphäre komprimieren und als dessen Stützmasse nehmen.

Marsmissionen

Im Gegensatz zu anderen Szenarien, bei denen die Marsmissionen aus Erd-oder Mondumlaufbahnen starten, wird hier ein Schwerlast-Startfahrzeug, das auf dem Space Shuttle basiert, mit dessen letzter Stufe bis zu 47 t Nutzlast direkt zum Mars geschossen werden.

1997 sollte die erste Nutzlast zum Mars transportiert werden: ein unbemanntes, zweistufiges Fahrzeug ohne Treibstoff, das für die Rückkehr von der Marsoberfläche zur Erde geeignet ist, 5,8t flüssigen Wasserstoff enthält, sowie ein Lebenserhaltungssystem, Nahrung, einen 100 kW-Reaktor, eine automatische chemische Produktionsanlage, ein Lastenfahrzeug und mehrere unbemannte Rover. Landen sollte es per Fallschirm. Die chemische Treibstoffproduktionsanlage würde vom Kernreaktor mit Energie versorgt und aus dem mitgebrachten LH¹⁸ und dem CO₂ aus der Marsluft Methan und Wasser erzeugen. Das Wasser

¹⁸ LH: flüssiger Wasserstoff

würde in Wasserstoff und Sauerstoff getrennt, der Sauerstoff in Tanks gelagert, während der Wasserstoff zurück in die Anlage gelangt, um den Prozeß fortzusetzen. In einem Jahr wären dann 110 t Methan-Sauerstoff-Raketentreibstoff hergestellt, um die Tanks des für die Erdrückkehr bestimmten Raumfahrzeugs zu füllen und die Marsforschung selbst durchzuführen.

2a nach dem ersten Start sollten 2 identische Raumschiffe entsendet werden, eines davon bemannt. Nach 6 Monaten Flugzeit für die Hinreise wären sie bei dem für die Rückkehr vorgesehenen Fahrzeug gelandet, das dann aufgetankt gewesen wäre (sicher ist sicher). Jetzt haben sie, die Astronauten, Kosmonauten, Taikonauten usw. 600 Tage¹⁹ Zeit um den 4. Planeten zu erforschen und ihn auf Rohstoff und Energiegewinnung und ein mögliches Terraforming hin zu prüfen. Das unbemannte Begleitschiff, das auch als Rettungsboot fungiert, in das die Marsreisenden umsteigen könnten, landet als automatische Treibstoffsyntheseanlage in einigen 100 km Entfernung. Wiederum 2a später landet die nächste Expedition bei *diesem* 2. unbemannten Fahrzeug und deren unbemanntes Begleitschiff wieder in einigen 100 km Entfernung usw.; damit läßt sich ein Großteil der Planetenoberfläche erkunden. Zunächst werden die Forscher nach Wasser und Leben suchen, das Klima beobachten und seine Geologie untersuchen, später dann Gebäude errichten, Landwirtschaft und

¹⁹ ein Marstag dauert etwa 35 min länger als ein Erdtag, auch die Achsenneigung ist ähnlich

Bergbau betreiben, Waren herstellen usw. Vom Marssystem aus wird auch der Planetoidengürtel erschlossen und besiedelt werden.

Der Verkehr zwischen Erde und Mars wird zunehmend Routine; um diesen interplanetaren Verkehr noch zu optimieren, lassen sich mehrere Raumschiffe so in elliptischen Umlaufbahnen positionieren, daß sie beide Planeten immer wieder in geringen Abständen passieren. Dann wäre es bei geringen Kosten möglich, einen permanenten Strom von Fracht und Passagieren allein durch die Schwerkraft zwischen den Welten zu befördern; konkret sollen sich "Cycler" den Schleudereffekt durch Fly-by-Manöver, also gravitationsunterstützte Manöver, zunutze machen. dann wäre ein Cycler für die Reisen zum Mars bestimmt und das andere für die Rückreisen zur Erde; kleinere Raumschiffe würden im Zubringerverkehr andocken.

Die NASA plant in den nächsten Jahrzehnten die Entsendung bemannter Raumfahrzeuge zum Mond und zum Mars, dann evtl. mit thermonuklearem Antrieb. Die Astronauten sollen auf diesen Himmelskörpern forschen und Möglichkeiten zur Rohstoffgewinnung prüfen, was eine wesentliche Voraussetzung für einen langfristigen Aufenthalt auf fremden Welten ist. Die ISS dient in diesem Zusammenhang als Sprungbrett für Mond-und Marsflüge, für die neuartige Raumschiffe mit größeren Nutzlast-Kapazitäten notwendig sind und deren Unfallwahrscheinlichkeit langfristig bei 10^{-4} liegen soll. Ein anderes wichtiges Ziel in der bemannten Raumfahrt ist die Verringerung der Startkosten, die in grob 20Jahrebei etwa 200 US-Dollar (2005) pro kg liegen sollen.

Zukünftige Routinemondflüge werden in Modulen stattfinden, die an thermonukleare Antriebsstufen gekoppelt sind. Die Astronauten steigen von der Raumstation in eine Kapsel um, die an eine Antriebseinheit gekoppelt wird und zum Mond fliegt, im Mondorbit löst sich die Kapsel von der Antriebseinheit und landet mit eigenen Triebwerken und Treibstoff. Die Antriebseinheit könnte im Mondorbit wiederbetankt werden und mit einem anderen Transportmodul zurück in den LEO fliegen.

Durch den Shuttlebetrieb zur ISS ist es möglich, größere Objekte im All zusammenzubauen und von dort aus zu starten; dadurch brauchen die zusammengesetzten Raumschiffe die Erdanziehungskraft nicht nochmals zu überwinden.

Der nächste Schritt könnte die Errichtung einer Mondbasis oder einer ENA-Basis sein. In mehreren Missionen würden unbemannte Raketen die zum Aufbau nötigen Materialien zum Erdtrabanten bringen und ihre Nutzlasten dicht beieinander landen lassen, damit sie leicht gefunden und zusammengebaut werden können. Die Besatzung der Mondbasis würde in einem Shuttle zur ISS fliegen und von dort aus in ein Mondraumschiff umsteigen, dessen Nutzlast ein Vielfaches der Apollokapseln wäre. Ihre Rückkehr würde analog, aber umgekehrt erfolgen. Vorher jedoch würden robotische Lander wiederverwendbare Start- und Landesysteme testen und Treibstoffvorräte deponieren. Ab 2015 könnten bemannte Mondflüge stattfinden, um einen längerfristigen Aufenthalt auf fremden Himmelskörpern zu trainieren, was z.B. eine autonome Energieversorgung einschließt und den Aufbau von

Wohnungen und Lebenserhaltungssystemen. Zuerst würden sie das eigene Raumschiff als Unterkunft benutzen, um dann Materialien aus den vorher gelandeten Transportraketen einzusammeln und daraus die Basis errichten mit Wohn-, Schlaf- und Forschungsräumen. Vorstellbar wäre auch der Einsatz aufblasbarer Konstruktionen, da sie geringere Masse haben und schnell einsetzbar sind; vielleicht werden sie auch als Notfalllager verwendet. Das Basislager wäre für 10 Personen und für 6 Monate eingerichtet, in denen Forschungs- und Wartungsarbeiten durchgeführt werden und eine lunare Produktionsstätte errichtet wird. Solare und nukleare Energieversorgung sowie die Herstellung von Treibstoffen, Wasser, Sauerstoff usw. machen die Mondstationen und -Basen langfristig unabhängig von Erdlieferungen. Richtig große Mondkolonien könnten dann in Mondkratern errichtet werden, in denen Wassereis vermutet wird. Wasser und Luft ließen sich sonst auch - mit mehr Aufwand - aus Ilmenit herstellen; das Wasser würde z.T. per Elektrolyse oder Photolyse in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt, der Sauerstoff verflüssigt und als Atemluft und als Treibstoff verwendet. Der Wasserstoff verbleibt in der Fabrik und wird wieder dem Ilmenit zugefügt. Der Mondtreibstoff - Wasserstoff und Sauerstoff - läßt sich für die Rückkehr der Astronauten zur Raumstation im LEO verwenden oder für die Versorgung der Raumstation oder interplanetarer Raumschiffe. Er wird mit unbemannten Transportschiffen vom Mond zum LEO befördert.

Wenn die ersten Mondstationen und -Basen erfolgreich waren, kann die permanente Mondbesiedlung beginnen, deren Bedarf an

Versorgungsgütern und Maschinen von der Erde noch groß sein wird²⁰. Um daher diese Transportkosten auf ca. 20 US-Dollar pro kg zu verringern bedarf es neuer Raumfähren und ferngesteuerter unbemannter Mondlanderaumschiffe. Unbemannte Versorgungsraketen werden die Materialien für den Bau größerer Siedlungen liefern, die in Containerbauweise zusammengesteckt werden können; außerdem wird es ein weitverzweigtes System aufblasbarer Außenstationen für etwa 12 Leute mit bis zu 16m Durchmesser geben. Vielleicht wird man die Aufenthaltsdauer der Mondastronauten wegen schwieriger Lebensbedingungen und Langzeitauswirkungen von Strahlung und geringer Schwerkraft auf maximal 60 Tage begrenzen. Während die Erzabbaumaschinen anfangs noch von der Erde kommen, stellt die Mondbevölkerung sie später selbst her und aus weiteren Erzen werden Baumaterialien für feste Siedlungen jenseits der Containerdörfer gefertigt.

Die Energiegewinnung vor allem mit Solar-Kraftwerken erlaubt nicht nur eine eigene Energieversorgung der Mondbewohner, sondern macht weitere Aktivitäten möglich, vor allem kann der Außenposten die Mondbodenschätze ausbeuten; in großen Fabriken wird aus Ilmenit Wasserstoff und Sauerstoff gewonnen, um die Abbaueinrichtungen mit Luft und die Maschinen mit Treibstoff zu versorgen. Mit lunar erzeugten Treibstoffen ließen sich die Kosten für Flüge zwischen Erde und Mond reduzieren; gleiches gilt noch mehr für ENO-Treibstoffe.

²⁰ aber Nanotechnologie!

Statt chemischer Triebwerke oder in Ergänzung zu ihnen könnte der Erde-Mond-Verkehr auch mit Seilschleudern stattfinden und/oder mit "Lunar Mass Drivern", elektromagnetischen Kanonen von vielleicht 200 m Länge, die bis zu 4 kg schwere Pakete mit 2,4 km/s in die Mondumlaufbahn oder in einen der EMLs schießen. Durch die Mondgravitation werden sie auf ca. 70 m/s abgebremst, automatisch eingefangen und von einer Fabrik im Mondorbit oder in EML4 oder EML5 weiterverarbeitet. Die Endprodukte werden entweder zur Erde oder zurück zum Mond befördert.

Noch weiter geht das Konzept der automatischen Mondfabriken, die für minimalen Personaleinsatz vorgesehen sind. Nach der Erzanlieferung sind diese Maschinen allein fähig, dieses zu zerkleinern, abzupacken und abzuschießen. Aus anderen Mondrohstoffen erzeugen die automatischen Fabriken Material für größere Habitate und Maschinen, was schließlich zur Bildung ganzer Industriekomplexe auf dem Mond führen wird. Um die von der Erde importierten Lebensmittel durch frische zu ergänzen und später zu ersetzen, werden immer größere Ansiedlungen Gewächshäuser haben, selbst Tierzuchtungen sind möglich, allerdings müssen die Schwerkraftauswirkungen noch erforscht werden. Nach ca. 50a könnte eine Mondkolonie autonom werden und sich deren Bewohner zu einem Paraterraforming entschließen. Dazu wird der ganze Mond unter einem Glasdach verpackt, um Atmosphäre und flüssige Hydrosphäre langfristig, also über Mega-oder Gigajahre zu halten. Die Mondkolonien an sich wären schon ein Forschungsfeld; wie reagieren Menschen - auch langfristig -

auf diese spezifische Umwelt ?

Vielleicht ist der Weg über einen ENO zur Erschließung des Sonnensystems aber doch einfacher oder man wird eine Tages einen gut verpackten Kometen in einen Mondorbit oder nach EML4 oder 5 bringen und die Energie der Sonne könnte ihn dann innerhalb der Hülle verflüssigen.

Die Erfahrungen der Mondbesiedlung könnten sehr nützlich werden für eine nachfolgende Marsbesiedlung; vielleicht wird es aber auch anders herum kommen - erst der Mars, dann der Mond, denn der Mars bietet potenziellen Siedlern nach der Erde die angenehmsten Bedingungen hinsichtlich Temperatur, Atmosphäre, Rohstoffen, Monde, usw. Die Oberfläche des roten Planeten ist etwa so groß wie die aller irdischen Kontinente. Der frühe Mars war noch erdähnlicher, seine Atmosphäre und Hydrosphäre waren dichter. Doch wegen seiner geringeren Schwerkraft und der größeren Sonnenentfernung ging der Großteil der Atmosphäre verloren und infolge des geringeren atmosphärischen Drucks verdunstete das Wasser oder blieb als Permafrost zurück.

Eine bemannte Expedition könnte entweder direkt von der Erde aus starten oder man würde auf der ISS umsteigen. Nahe der Raumstation, vielleicht sogar in einem extra "Raumhafen", würden die Raumschiffmodule zusammengesetzt. Bevor Menschen den Mars betreten, starten Versorgungsflüge von der Raumstation, um Materialien dorthin zu bringen. Mindestens 6 Flüge könnten pro Marsexpedition nötig sein: eine unbemannte Rakete bringt eine Rückkehrkapsel ("Earth Return Vehicle") in einen Marsorbit, die auch nur für den Rückflug

nutzbar ist. Eine 2. Rakete landet eine unbetankte Startkapsel für den Flug von der Oberfläche zur Rückkehrkapsel, sowie eine Raketentreibstoff-Fertigungsanlage inklusive Wasserstoff und einen kleinen Reaktor für die Stromerzeugung und 40t Ausrüstungsgegenstände.

Der 3. Flug bringt Wohn- und Forschungseinrichtungen und einen 2. Reaktor. Die 4. und 5. Rakete bringen die gleiche Nutzlast wie die 1. und 2. Rakete aus Gründen der Redundanz. Zwei Jahre nach dem die ersten Raketen von der ISS zum Mars geflogen sind, bringt schließlich die 6. Rakete die Astronauten zum roten Planeten. Da sie schneller fliegt, könnte sie die 4. und 5. Rakete sogar überholen.

Finden die Expeditionen auf Hohmann-Bahnen statt, ist man an ein Startfenster gebunden, das sich nur alle 2 Jahre öffnet; eine Möglichkeit wäre, 1 Jahr für den Hin- und Rückflug und 1 Jahr Verweildauer auf dem Mars einzuplanen oder man führt eine schnellere Reise bei längerer Wartezeit durch. Zwar sind Flüge auf Hohmann-Bahnen energetisch am günstigsten, aber sie beanspruchen die längste Dauer. Da die solare und kosmische Strahlenbelastung die ganze Zeit über einwirkt, ist die Krebsgefahr entsprechend hoch. Bei Verwendung eines thermonuklearen Antriebs verringert sich die Hinflugzeit auf 150 - 180 Tage und das Krebsrisiko ist nur noch halb so hoch, 619 Tage Wartezeit, bis Erde und Mars in günstiger Konstellation für den Rückflug stehen und 110 Tage für den Rückflug. Die Besatzung befindet sich außerdem währenddessen im freien Fall, also in Schwerelosigkeit bzw. in Mikrogravitation. Für Langzeitflüge könnte es

notwendig werden, künstliche Schwerkraft durch Rotation oder Dauerbeschleunigung zu erzeugen.

Auch wenn die Marsatmosphäre, die so dünn ist wie die irdische in 30 km Höhe, den Großteil der Strahlung absorbiert, müssen die Kosmonauten, Taikonauten, Astronauten usw. zusätzlich "unterirdisch" leben oder ihre Stationen gut 1m dick mit Marsboden bedecken.

Nach 5 bis 6 Monaten Reisezeit könnten Menschen einen anderen Planeten betreten. Dann wäre es vorrangig, die gelandeten Wohn- und Forschungsmodule zusammensetzen. Die Suche nach Marsleben (Methanbildner) und Wasser für die Treibstoffherstellung, Pflanzenzucht usw. sowie nach Möglichkeiten für seine spätere Besiedlung würde folgen. Bei all ihren Forschungs- und anderen Aufgaben könnten sie durch "TROVs", durch Telerobotic Rovers unterstützt werden; Roboterlabore, die Experimente in bis zu einigen 100 km Entfernung von der Basis durchführen und den Astronauten viele Wege, Zeit und Gefahren ersparen.

Innerhalb der 2 Jahre werden die Astronauten z.T. in Großraumfahrzeugen mit einigen Kilometern Bewegungsradius (um wie bei den Apollo-Mondautos die Strecke auch zu Fuß zu schaffen, wenn es ausfällt) Proben sammeln, Experimente durchführen, Produktionsanlagen für Sauerstoff und Treibstoff errichten (die sehr viel länger automatisch weiterarbeiten) sowie Mineralabbaugebiete erschlossen haben.

Überhaupt wird es bei der Marskolonisation viele Computer und Roboter und dadurch VR und Telepräsenz geben; diese Zivilisation wird

Technik und Wissenschaft gegenüber viel konstruktiver und pragmatischer eingestellt sein, weil sie einfach darauf angewiesen sein werden. In einem derartigen Millieu könnte es viel früher trans- und posthumane Lebensformen, z.B. Cyborgs, echte KL usw. geben.

Nachdem das Startfahrzeug mit Marstreibstoff betankt ist, fliegt die Mannschaft in den Orbit und steigt in die dort verbliebene Rückkehrkapsel um. Mit ihr tritt sie den 110 Tage dauernden Rückflug an und nutzt die Zeit, um sich wieder an die Erdschwere zu gewöhnen, etwa durch künstliche Rotation an einem Seil - dazu müßte die Kapsel zweiteilig sein... Etwa 880 Tage nach dem Start kehren die Pioniere der interplanetaren Raumfahrt wieder auf ihren Heimatplaneten zurück.

Was die Menschheit davon hat?

Neue Erkenntnisse, Erfahrungen, die daran beteiligten Nationen haben die ganzen Jahre zusammengearbeitet und sich nicht im Krieg befunden; es könnte der Beginn von Typ I sein, der Beginn einer planetaren Kultur...

Um die Fragen einer langfristigen Marsbesiedlung beantworten zu können, bedarf es jedoch weit mehr als vereinzelt Missionen; das Marsprogramm müßte weit über Apollo hinausführen und dessen Fehler nicht wiederholen. Es sollte das Ziel sein, dort zu bleiben, eine von der Erde unabhängige *zweite* Menschheit aufzubauen, also zu einer interplanetaren Zivilisation zu werden.

Damit aber der rote Planet zu einer 2. Erde werden kann, könnte es notwendig sein, ihn umzuformen; Terraforming würde also nur den Urzustand, den frühen Mars wiederherstellen.

Seine Besiedlung kann durch 2 sehr langfristige Methoden erfolgen; die erste ähnelt der Mondbesiedlung und ist eher technischer Art; eine Biosphäre ist in eine Technosphäre impliziert bzw. integriert. Die andere Lösung beinhaltet das Terraforming und würde ihn gewissermaßen wieder in einen frühen Zustand versetzen. Beide Möglichkeiten brauchen die gleichen Voraussetzungen: ENergie und Wasser.

Da er nur 0,44 mal soviel Sonnenlicht wie die Erde bekommt, reicht die Sonnenenergie nicht aus, auch wenn man große äquatoriale Kollektorfelder aufbaut, außerdem gibt es auf dem Planeten z.T. globale periodische Staubstürme, die teilweise Monate dauern, den Himmel verdunkeln und die Solarzellen verstauben. Ein Ausweg könnte orbitale LST sein. Erste Expeditionen werden daher ihre Energie aus kleinen Kernkraftwerken beziehen. Später wird es größere Aggregate geben, die von der Erde geholt werden oder selbst auf dem Mars gebaut werden. Steht genügend Energie zur Verfügung wird auch das Wasserproblem keines mehr sein, denn unter der Oberfläche gibt es riesige Mengen Wassereis; diese nutzbar zu machen ist mit die wichtigste Aufgabe. Aus Wasser und CO₂ lassen sich Treibstoff (H₂O,CH₄) und Atemluft (O₂) usw. gewinnen. Die Besiedlung des Mars folgt etwa nach dem gleichen Schema wie die Mondbesiedlung: Zunächst werden größere Containerwohnanlagen zusammengebaut, Metalle und feste Baustoffe aus dem Planeten gewonnen, große Mengen H₂, Atemluft und Treibstoff hergestellt, Nutzpflanzen angebaut und Kleintiere gezüchtet, die unter Umständen transgen sind, um auch für Organtransplantationen geeignet

zu sein. Die Lebensmittel werden vielleicht Functional Food sein und außerdem z.B. Antioxidantien gegen karzinogene freie Radikale enthalten.

Geoengineering & Terraforming

Allgemeines über Terraforming

Terraforming ist ein Prozeß, andere Planeten und Monde mittels zwar zukünftiger, aber theoretisch schon bekannter Techniken in bewohnbare, erdähnliche Welten umzuformen, d.h., sie sollen derart umgestaltet werden, daß menschliches Leben auf ihnen nur mit geringem oder besser noch ohne zusätzlichen Aufwand möglich wird. Mit dieser Hypertechnologie ließe sich die solare Ökosphäre ausweiten und die Anzahl lebentragender Welten erhöhen, was gewisse Auswirkungen auf SETI haben könnte...

(Para-)Terraforming könnte helfen, das Problem der Überbevölkerung zu entschärfen und unsere Überlebenschancen als Art (oder Gattung?) zu erhöhen.

Terraforming mag Assoziationen kolonialistischer Arroganz und Pervertierung von Planeten usw. wecken; jedoch soll etwa beim Mars ein Zustand wiederhergestellt werden, bevor er von den Schienen der Planetenevolution - physikalische Evolution, chemische E., biologische E. - entgleiste. Man könnte ihn und die anderen Welten mit neuem Leben erfüllen, es würde auf dem Mars die Existenz eines Homo sapiens martiensis ankündigen; die Menschheit würde zu einer biplanetaren Spezies...Vielleicht werden aber schon lange vorher

Exoplaneten gefunden, die nicht umgeformt werden brauchen, aber für den Flug dorthin über viele Lichtjahre muß das Problem der großen Entfernung durch neuartige Antriebe und des Strahlenschutzes etwa durch Aerogele gelöst werden.

Geoengineering

Bevor andere Planeten umgeformt werden, könnten derartige Techniken zuerst auf der Erde angewandt werden, etwa um Klimaschäden auf der Erde zu beheben und um praktische Erfahrungen zu sammeln; das "Biosphäre II" - Experiment Anfang der 1990er war ein Anfang dazu und denn derartige direkte Eingriffe in die Atmosphäre und Hydrosphäre könnten letzte Mittel des Klimaschutzes, d.h. seiner langfristigen Stabilisierung werden.

Selbstverständlich müssen parallel dazu die Ursachen wie Emission von CO₂ und anderen Treibhausgasen, Überbevölkerung, Abwärme beendet werden.

Doch selbst wenn der menschliche Faktor neutralisiert ist, entfallen die Notwendigkeiten für das Geoengineering nicht, man denke an Vulkanausbrüche, Impakte von Planetoiden, Kometen usw., Sonnenaktivitäten und langfristig ihre weitere Entwicklung, Erdbahn und Erdachsenschwankungen...auch die galaktische Umgebung scheint

relevant zu sein; etwa Durchgänge durch die galaktische Ebene und damit durch dichtere Regionen von interstellaren Gas und Staubwolken, die die Sonne abdunkeln können usw.

Weltraumspiegel könnten für das Geoengineering ein wesentlicher Faktor werden: zum Katastrophenschutz, um die Fotosynthese zu steigern und um neue Eiszeiten zu verhindern oder abzumildern. Richtet man eine Spiegelfacette auf ein Stadtgebiet, das unter Smog, also unter starken Industrie und Autoabgasen usw. leidet, ließe sich der Nebel auflösen und die verpestete Luft wegführen, wobei ähnliches auch für den sauren Regen gilt.

Mit LST läßt sich auch in den hydrologischen Kreislauf eingreifen, indem die Temperaturschwankungen, die mal zu Überschwemmungen und dann wieder zur Dürre führen, durch eine zusätzliche Bestrahlung ausgeglichen werden. Das Temperaturgefälle zwischen Meer und Stratosphäre, das Orkane entstehen läßt, ließe sich durch gezielte Bestrahlung verringern, weiterhin könnte man gegenläufige Winde in sie hineinlenken und die Wirkung der Corioliskraft abschwächen.

Wenn sich in ferner Zukunft die Rotationsgeschwindigkeit der Erde infolge der Gezeitenreibung stark verlangsamt haben wird, könnte ein Netz von Weltraumspiegeln Licht und Wärme auf der Nachtseite einstrahlen und die Erde auf der Tagseite vor zu großer Sonneneinstrahlung schützen. Durch 12 Spiegel mit je 200 km Durchmesser in gut 500 km Höhe erhalten die Äquatorgebiete rund um die Uhr zusätzliche Sonnenenergie.

Falls eine neue Eiszeit kommt, kann wieder nur die LST sie vermeiden oder verringern, wobei sie jedoch nur den Auswirkungen statt den Ursachen wie z.B. Veränderungen der Erdumlaufbahn, Schwankungen der Erdachse, starke Vulkanausbrüche, größere Schwankungen in der Sonnenaktivität, menschenverursachte Klimaveränderungen durch verstärkten Treibhauseffekt und Abwärme und Planetoiden- und Kometenimpakten entgegenwirken kann. Diese Ursachen auszuschalten bleibt Superzivilisationen von Typ I und mehr vorbehalten; planetare Faktoren wie anthropogene Klimaveränderungen, Vulkanausbrüche, aber auch Impakte könnten wir vielleicht bald selbst entgegenwirken...

Nur ein ausgeklügeltes LST-System im erdnahen Weltraum kann ein Solarenergiedefizit als kompensierende Energiequelle ausgleichen. Mit der LST wird der Eingriff in den irdischen Energiehaushalt möglich; mit dem Eingriff in den Wärmehaushalt lassen sich Wetter und Klima (mit-) steuern.

Geoengineering allein kann die Ursachen des Klimawandels, wie einen erhöhten CO_2 -Ausstoß vielleicht nicht beseitigen. Für ein stabiles Klima muß zweigleisig gefahren werden; dazu gehören Reduzierung der Treibhausgase, d.h. deren Erzeugung, dazu gehören eine Weltraumenergieversorgung und eine begrenzte Erdbevölkerung.

Venusterraforming

Eine Besiedlung von Venus oder Merkur stellt wegen deren größerer Sonnennähe höhere technische Ansprüche. Doch evtl. gibt es in einigen Merkurkratern kometares Eis, oder auch He-3 ? Außerdem hat er einen riesigen Eisenkern - Rohstoffe und Energie in Hülle und Fülle ! Merkur wäre durch seine Sonnennähe ein geeigneter Kandidat für die Herstellung von Antimaterie und auch ideal für ein Sonnenobservatorium, das vor Flares, Protuberanzen usw. warnt.

Vielleicht erforschen unsere Nachfahren Merkur und Venus mithilfe hochentwickelter Robotertechnik und Telepräsenz...

Mit thermochemischen Antrieben öffnet sich alle 584 Tage ein Startfenster zwischen Erde und Venus; bei Erde und Mars nur alle 780 Tage.

Das Hauptproblem bei der Besiedlung der Venus ist ihr riesiger Treibhauseffekt; kann man ihn ausschalten, könnte ihr Klima erträglich werden. Die Wärme des Gesteinsmantels ist ein weiteres; auch falls die Atmosphäre nach einigen Jahrhunderten Temperaturen hat, die für Menschen erträglich ist, sind die Gesteine noch immer gut 400°C heiß und deren Auskühlen könnte weitere Jahrhunderte beanspruchen. Venussiedler müßten sich wohl einen Künstlichen Boden erschaffen...

Mikroorganismen

Um den 2. Planeten erdähnlich zu machen, müßten etwa 1000

Raketenladungen blaugrüner Algen und andere künstlich erzeugte oder transgene Mikroorganismen in die oberen Wolkenschichten ihrer Atmosphäre gebracht werden, die den Sauerstoff vom CO_2 abspalten und CO_2 , N_2 und Wasser in organische Moleküle umwandeln bevor sie auf die Oberfläche fallen und verbrennen. Würde man sie stattdessen in Weltraumhabitaten oder Ballonstädten züchten, entfielen die zahlreichen Raketenstarts. Wenn transgene, hybride Algen und andere Kolonien zahlreich und großflächig ausgebracht würden, könnte eine sauerstoffreiche Venusatmosphäre schon nach einigen Jahrhunderten und nicht erst in vielen hundert Kilojahren entstehen.

Je weniger CO_2 vorhanden ist, desto geringer ist der Treibhauseffekt und die Mikroorganismen können dann auf die Venusoberfläche gelangen, so daß der Wasserdampf wieder in die Atmosphäre aufsteigen kann. Der C aus dem CO_2 wird durch die hohen Temperaturen in Graphit umgesetzt. Sinken die Temperaturen unter den Siedepunkt von Wasser, wird ihre Oberfläche bewohnbar. Allerdings läßt sie sich wegen der Schwefelsäurewolken und dem hohen Druck nicht mit bestimmten Photosynthese-Organismen impfen, weshalb sich eine mehrere 100 m hohe Graphitschicht und eine Atmosphäre aus fast reinem molekularem Sauerstoff mit 65 bar Druck hätte bilden können. Doch bevor sich soviel Sauerstoff bilden kann, verbrennt der Graphit zu CO_2 und kehrt diesen Prozeß wieder um.

Impakte

Mit Impakten von Kometen oder Fragmenten eines Saturnmonds ließen

sich 100 l Wasser pro m² auf die Venus bringen jedoch würde jede Kollision einen Teil ihrer Atmosphäre wegsprengen; um jedoch fast die ganze Lufthülle zu entfernen, wären mehr große Planetoiden und Kometen erforderlich, als es gibt - jedenfalls im planetaren Bereich des Sonnensystems. Ansonsten müßte man sich Kometen aus der OW, der Oortschen Wolke²¹ holen. Aber selbst wenn man genügend "Geschosse" hätte, würde man dadurch einen Großteil ihrer Oberfläche zerstören; es wäre schöner, eine Methode zu finden, die die jeweiligen Umweltbedingungen respektiert.

Vielleicht ist die MO-Methode nur ein Baustein im Venus-Terraforming; vielleicht müßte man erst einen dunklen Planetoiden zu Staub zermahlen und in der Hochatmosphäre ausstreuen oder Venusstaub in die Atmosphäre befördern. Das entspräche dem physikalischen Äquivalent einer nuklearen Eiszeit. Wird das Sonnenlicht ausreichend abgeschwächt, sinken zwar die Oberflächentemperaturen, aber der hohe Luftdruck bleibt. Außerdem sinkt der Staub nach wenigen Jahren auf die Oberfläche und müßte daher regelmäßig ersetzt werden, was aber für die Errichtung dauerhafter Kolonen unpraktisch werden könnte.

Solarschilde

Anstelle von Impakten könnte man mit Solarschilden in den Sonne-Venus-Wärmehaushalt eingreifen, indem man einen riesigen

²¹ In der Oortsche Wolke befindet sich der Großteil der Kometen.

Sonnenschirm in ihre Umlaufbahn bringt und dadurch ihre Oberfläche abkühlt - von gegenwärtig etwa 470°C und 90 bar auf 374°C; bei dieser Temperatur würde Wasser unter dem hohen Druck flüssig werden und ausregnen und einen großen Abkühleffekt erzeugen. Damit entfiere der Treibhauseffekt des Wasserdampfs, der etwa 20mal effektiver als CO₂ ist. Flüssiges Wasser reflektiert außerdem Wärme ins All. Bei 304,2 K und 73,8 bar Luftdruck wird CO₂ flüssig, bei 216,85 K und 5,185 bar wird es fest und scheidet sich als Trockeneis ab. Es könnte dann z.B. auf den Mars gebracht werden, um dort den Terraformingprozeß zu unterstützen.

Gelingt es, ihre Oberflächentemperatur unter den Siedepunkt von CO₂ zu bringen, würde es abregnen und für eine gewisse Zeit gäbe es CO₂ - Ozeane. Könnte man diese mit Wasserozeanen abdecken, wobei das Wasser durch Schmelzen eines Eismondes aus dem äußeren Sonnensystem gewonnen werden könnte, wäre es wohl sicher verstaub und die Venus würde sich in einen Wasserplaneten verwandeln; es könnte bis zu 90 % ihrer Oberfläche bedecken.

Ballonstädte

Da in der Hochatmosphäre Druck und Temperatur gemäßigt sind, könnte es dort günstige Bedingungen für "Luftplankton" geben. Im Zusammenhang mit einer Kolonisierung ist auch der Bau schwebender luftschiffähnlicher Stationen in ihrer Hochatmosphäre denkbar, in denen und andere schwebende ballonähnliche Pflanzen als Nahrungsmittel gezüchtet und die Schwefelsäure und das CO₂ abgebaut

werden könnten. Säure und Hitzebeständige Luftschiffe könnten die Atmosphäre durch Elektrolyse und Photolyse umwandeln, und aus ihr über Wärmetauscher Energie gewinnen.

Verbindet man die Ballonstädte mit Schilden, erzeugen diese einen abkühlenden Schatten. Die Schilde ließen sich ihrerseits aus atmosphärischem C, der aus dem CO_2 gewonnen wird, herstellen.

Sollten sich unsere Nachfahren entschließen, schwebende Städte und Solarschilde zu kombinieren - wobei deren Baumaterial C aus der Venusluft gewonnen werden könnte - ließe sich eine direkte Kolonisation, ein Paraterraforming schon in den nächsten Jahrzehnten durchführen und könnte nahtlos in ein vollständiges Terraforming übergehen.

Es werden wohl mehrere Methoden und parallellaufende Prozesse sein, die zum Erfolg führen werden und Nanotechnologie wird ein entscheidender Faktor sein. Mit dieser Technologie wird das Terraforming nicht nur erschwinglich; sondern der ganze C aus dem atmosphärischen CO_2 wird außerdem ein großer Rohstoffvorrat für die Materiekompilatoren...

In einiger Zukunft wäre es möglich, das die Venus wie die Erde über Weltraumaufzüge, SSPS usw. verfügt.

Marsterraforming

Mit Terraforming werden die Lebensverhältnisse grundlegend verändert; d.h. für die Marsianer verbessert. Dazu wird das im Polareis und unterirdisch gebundene CO_2 erhitzt; als Gas erhöht es dann den atmosphärischen Druck und erzeugt einen Treibhauseffekt, durch den sich die Marstemperatur erhöht - wodurch noch mehr CO_2 verdampft. Diese positive Rückkopplung wird so lange fortgesetzt, bis eine dichte Atmosphäre erreicht ist. Wobei jedoch die geringere Marsgravitation dem Aufbau einer dichten Atmosphäre Grenzen setzt. Als Ausweg böte sich vielleicht ein globales Kuppeldach an. Zusätzlich zum natürlichen Treibhauseffekt könnte man einen kstl. starten, um den natürlichen zu verstärken und/oder zu beschleunigen, indem die Marsoberfläche mit A und H-Bombenexplosionen erwärmt wird oder Planetoiden und Kometen auf ihn umgelenkt werden. Möglicherweise könnte man auch die großen Vulkane ausbrechen lassen. Auch könnten große Spiegel als umgebaute Sonnensegel in den MSO oder auf polare Marsumlaufbahn gebracht werden, die das Sonnenlicht sammeln und auf ihn reflektieren. Eine Temperaturerhöhung um einige Grad Celsius würde ausreichen, um flüssiges Wasser freizusetzen, den Luftdruck zu erhöhen und die UV-Durchlässigkeit stark zu verringern (Ozon). Wenn dieses Gasgemisch auch noch nicht atembar ist, sind für "Marsianer" keine schweren und steifen Druckanzüge mehr nötig, sondern nur noch Atemmasken bzw. leichte Atemanzüge. Anaerobe extremophile Mikroorganismen erzeugen eine Sauerstoffreiche Atmosphäre; einige

von ihnen können sogar gewisse Gesteinsarten auflösen und CO_2 , N_2 und O_2 freisetzen und damit den Nährboden für aerobe Organismen schaffen. Dieser Prozeß wird extrem beschleunigt, weil er durch Menschen gesteuert wird. Der atmosphärische Umwandlungsprozeß wäre in etwa 200 Jahren abgeschlossen, der allgemeine Terraformingprozeß jedoch erst in 10^4 bis 10^5 Jahren. Die Besiedlung seiner Monde könnte vorher, nachher oder parallel zur Planetenkolonisation erfolgen. Voll automatische Missionen starten z.B. vom Mars aus und landen auf Phobos und Deimos, installieren Rohstoff- und Energiegewinnungsanlagen. Außerdem wird man an ihnen die Besiedlung des Planetoidengürtels und der Kometen trainieren können und wertvolle Erfahrungen sammeln können. Gelingt die Umwandlung der Atmosphäre und das Terraforming allgemein, könnte der Mars Zwischenstation für irdische Raumschiffe auf dem Weg ins äußere Sonnensystem sein; ein blauer Planet mit einer Himmelsleiter und kstl. bewohnbaren Ringsystem...

Weltraumspiegel, Impakte und Treibhausgase erhöhen primär Temperatur und dadurch Luftdichte, damit es auf Dauer flüssiges Wasser usw. gibt

Im Gegensatz zur Venus ist der Treibhauseffekt auf dem Mars zu gering, er ist wie eine gefrorene Wüste. Allerdings besaß er bereits vor etwa 4 Gigajahren - als die Sonne noch nicht so hell strahlte wie heute - eine flüssige Hydrosphäre.

Um aus Mars eine zweite Erde zu machen, müßte man seine Oberflächentemperatur um 60 Kelvin erhöhen, damit sie über den

Gefrierpunkt von Wasser kommt. Außerdem muß die Dichte bzw. der Druck seiner Lufthülle auf 1/3 des irdischen Luftdrucks erhöht werden, auch deshalb, damit das Wasser flüssig bleibt und nicht so schnell verdunstet. Aufgrund seiner geringen Oberflächenschwerkraft vom nur 0,38fachen der Erde wäre eine 1bar-Atmosphäre dreimal so hoch wie auf der Erde und würde unter Einfluß des Sonnenwindes schnell ins All entweichen - ein globales Magnetfeld könnte dies verhindern, müßte aber erst erzeugt werden. Um dieses wie bei der Erde durch einen "Dynamoeffekt" zu erschaffen, bräuchte es einen flüssigen äußeren Kern und in diesem einen festen inneren Kern. Vielleicht liefert die Kernenergie einen Ausweg ?

Stattdessen könnte man aber auch über den ganzen Planeten ein Glasdach bauen... Die Anteile von Sauerstoff und inerten Gasen wie z.B. N_2 oder ein Stickstoff-Xenon-Gemisch müssen erhöht werden; allerdings findet bei über 1,6 bar Sauerstoffdruck eine Sauerstoffvergiftung statt und Stickstoff wirkt bei ab 3,2 bar betäubend. Ein gewisser Stickstoffanteil ist für das Pflanzenwachstum wichtig und sollte etwa so hoch wie die Sauerstoffmenge sein.

Eine Tropopause würde verhindern, daß die Planetenoberfläche austrocknet, indem sie verhindert, daß das Wasser in die höheren Schichten gelangt, wo es photodissoziiert wird und der Wasserstoff durch den Sonnenwind in den interplanetaren Raum geblasen wird.

Das für sein Terraforming wichtige CO_2 ist in großen Mengen in den Polkappen gespeichert; noch größere Mengen sind im Regolith gebunden. Wenn es gelingt, dieses freizusetzen und gasförmig zu

machen, ließe sich eine dichte Atmosphäre erschaffen, in der sich z.B. Algen wohlfühlen.

Am einfachsten ließe sich die Oberflächentemperatur durch die Verteilung von Ruß oder anderen lichtabsorbierenden Stoffen auf den Wasser-oder Trockeneispolen erhöhen, Durch die verstärkte Lichtabsorption steigt die Temperatur, die das Wasser-Eis schmelzen und das Trockeneis sublimieren läßt. Zusätzlich zum Ruß könnte man auch Mikroorganismen mit dunklen Zellhäuten über die Pole verteilen, die das Eis schmelzen, Sauerstoff freisetzen usw.

Höhere Temperaturen führen dann zu einem verstärktem Abschmelzen der Polarkappen, wodurch sich die Atmosphäre weiter anreichert; durch diese Temperatur-und Druckerhöhung entsteht flüssiges Wasser, welches unter Einfluß der CO_2 -reichen Luft Kohlensäure bildet, die CO_2 aus dem Regolith löst. Weiterhin könnte die Kohlensäure möglicherweise Stickstoff aus den nitratreichen Mineralien extrahieren und die Atmosphäre mit Stickstoff anreichern und ihre Dichte erhöhen. Gibt es erst einmal flüssiges Wasser, dann ist der freiwerdende Wasserdampf ein viermal effektiveres Treibhausgas als CO_2 .

Schon in einem frühen Stadium des Terraformingprozesses lassen sich Extremophile, die vielleicht sogar gentechnisch verändert wurden, auf dem 4. Planeten ansiedeln, die wie auf der Erde in Vulkanen oder in submarinen Schwefelquellen unter niedrigem Druck, mit wenig oder gar keinem Sonnenlicht und ohne Sauerstoff existieren können.

Das bio-chemo-physikalische Abschmelzen zunächst der Pole hat eine bedeutend dichtere CO_2 -Atmosphäre zur Folge. Marsregolith gibt nun

unter Einfluß von CO₂ und Wasser große O₂-Mengen frei und könnte damit zu einer möglichen O₂-Quelle werden.

Wasser scheint zwar auf dieser Welt in den Polen und im Permafrostboden reichlich vorhanden zu sein, doch selbst eine vollständige Freisetzung von allem CO₂ könnte unter Umständen nicht ausreichen, die Oberflächentemperatur um die kritischen 60° K zu erhöhen; dazu müßten gegebenenfalls weitere, sehr viel effektivere Treibhausgase wie FCKW oder Oktafluor-Propan mit dem 8000fachen Treibhauspotenzial von CO₂ zusätzlich in großen Mengen zugeführt werden, was jedoch teuer würde, denn selbst mit Saturn- und Energija-Raketen müßte man 100a lang täglich eine neue Ladung hochschießen, doch FCKW würde die Bildung einer Ozonschicht verhindern, so daß man die UV-Strahlung mit einer Schicht aus Planetoiden-oder Oberflächenstaub oberhalb des FCKW absorbieren müßte. Anders dagegen Oktafluor-Propan, es ist über 2,6 Kilojahre stabil und nicht ozonschädigend. Ammoniak²² wäre ein weiteres möglich Treibhausgas; der Mars-Stickstoff könnte durch Mikroorganismen und/oder von marsianischen Fabriken zu NH₃ umgewandelt werden. Man könnte den Stickstoff auch aus anderen Regionen des Sonnensystems zum 4. Planeten bringen, um dieses Niveau dauerhaft zu erreichen und eine flüssige Hydrosphäre zu etablieren. Die durch das flüssige Wasser erhöhte Luftfeuchtigkeit würde den Treibhauseffekt dann zusätzlich verstärken.

²² chemische Formel: NH₃

Man könnte auch Carbonate und Trockeneis in gasförmiges CO₂ verwandeln, um aber einen überkritischen Treibhauseffekt zu erzeugen, wäre es nötig, seine gesamte Oberfläche bis in mehrere km Tiefe umzugraben; was aber einer unverantwortlichen Zerstörung seiner Oberfläche und damit einzigartiger wissenschaftlicher Quellen gleichkäme, abgesehen von den technischen Schwierigkeiten und den Unannehmlichkeiten für die bereits angesiedelten Marsbewohner; es sei denn dies geschieht "unterirdisch" mit "Maulwürfen" und "Regenwürmern"²³; KLS, die unter der Oberfläche Lagerstätten erschließen, nach CO₂, Wasser und anderen Rohstoffen graben, sie weiterhin abbauen, extrahieren und teilverarbeiten uvm. Es wäre vorstellbar, daß ihre Dichte dem 100-oder sogar 1000fachen von Wasser entspricht, um etwa die Rohstoffe und Energien des Marskerns oder andere Planetenkerne oder das Innere von Sternen zu erschließen. Dazu könnten sie aus sogenannter "Hypermaterie" bestehen²⁴, dann würden sie sich in dem Medium, das wir als "feste Materie" bezeichnen, so bewegen wie U-Boote in Wasser oder Flugzeuge in der Luft; "feste Materie" wäre aus ihrer Perspektive praktisch vakuumartig...

Weltraumspiegel

²³ Von mir aus auch die Sandwürmer von "DUNE".

²⁴ wie z.B. Neutronium oder aus "Strangelets", d.h. Top- und Bottom-Quarks, also Quarks der 2. und 3. Generation

Der Mars erhält aufgrund seiner Entfernung nur 43% soviel Sonnenstrahlung wie die Erde; um diesem Planeten die benötigte Energie für die Temperaturerhöhung zuzuführen, wäre die Positionierung von Solettas, von gigantischen Weltraumspiegeln im Marsorbit eine weitere Methode. Sie hätten gut 100 bis 200 km Durchmesser und 100 Kilotonnen bis 1000 Kilotonnen Masse und sollen Sonnenlicht auf die verrußten Pole aus Trockeneis und Wasser-Eis reflektieren, die dadurch verflüssigt und verdunstet werden. Die somit initiierte CO₂ Emission würde einen gewünschten Treibhauseffekt erzeugen, die den Mars ihrerseits zusätzlich erwärmt. Um biologische Prozesse überhaupt stattfinden lassen zu können, muß der Mars primär erwärmt werden, denn mit einer bloßen Freisetzung von Treibhausgasen würde die Erwärmung einige Jahrhunderte dauern; mit anderen Varianten wie Ruß auf die Polkappen, biologische Anreicherung der Marsluft mit Sauerstoff und Stickstoff würde das Terraforming ebenfalls über 100 Kilojahre dauern. Mit einem entsprechenden Lichtspiegelsystem im Marsorbit und ergänzenden Technologien ließe sich die Marstemperatur erhöhen, die Atmosphäre mit Sauerstoff und Stickstoff anreichern und der Planet besiedlungsfreundlich gestalten. Das Material für die Marsspiegel ließe sich auf dem Mond oder auf ENAs gewinnen. Dort oder auch in EML4 oder 5 würden sie hergestellt und z.B. in den Erde-Mond-Librationspunkten zusammengebaut. Sie transportieren sich fast von selbst z.B. in eine marssynchrone, stationäre Umlaufbahn; entweder als Solarsegel oder mithilfe solarelektrischer Antriebe, bei etwa 250 km Spiegeldurchmesser ergeben sich über 100t

Schub. Unter weiterer Verwendung günstiger Startfenster und Hohmannbahnen lassen sich auch deren flugdynamische Kräfte nutzen.

Impakte

Es läßt sich sogar vorstellen, die Bahn von Planetoiden und Kometen so zu verändern, daß sie mit ihrem großen Gehalt an flüchtigen Stoffen auf den Mars gelenkt werden und beim Eintritt in die Lufthülle bzw. beim Aufschlag diese Stoffe freigeben und somit einen sich selbst verstärkenden Treibhauseffekt auslösen. Kometen würden zusätzlich große Wasser-Dampfmengen in die Atmosphäre bringen; der gewaltige Einschlag selbst würde zusätzlich unterirdische Wasserreservoirs freisetzen. Effektivere Treibhausgase ließen sich auch von Planetoiden mit hohem Methan- und Ammoniakanteil importieren.

Diese Impaktmethode könnte zu einem zukünftigen Zeitpunkt technisch machbar sein, allein schon mit der Motivation, Erdimpakte zu verhindern - von dort zu absichtlichen Impakten zu Terraforming-Zwecken ist es nur ein kleiner Schritt...denn was für den einen Planeten katastrophal wäre, könnte für den anderen zu Besiedlungszwecken ein Segen sein.

Am Ende dieses chemophysikalischen Terraforming-Teilprozesses hätte der Mars eine dichtere, wärmere und feuchtere CO₂-Atmosphäre wie er und auch die Urerde sie wohl schon einmal vor 3,5 bis 4 Gigajahren hatte. Ein rein chemischer, abiologischer Prozeß ließe sich schon nach 0,1 bis 1 Kilojahr realisieren. Zum Abschluß dieser Phase hin wären die

Vorraussetzungen für Pflanzenwachstum gegeben und Menschen könnten sich im Freien unter Verwendung einer Sauerstoffmaske aufhalten.

Um das Terraforming vollständig zu machen, muß die CO₂-Menge z.B. durch pflanzliche Fotosynthese verringert werden, doch das dürfte sehr viel länger dauern. vielleicht auch durch kstl. F. oder Foto-oder Elektrolyse...

Um eine Abkühlung zu vermeiden, müßte das CO₂ durch andere Treibhausgase ersetzt werden.

Ein Marsbesiedlungsszenario könnte letztlich etwa so aussehen:

In die mit Weltraumspiegeln erwärmte Marsluft strömen in chemischen Fabriken erzeugte Treibhausgase, die seine Wärmeabstrahlung zurückhalten und dadurch die Lufttemperatur erhöhen. Um die Albedo zu verringern, werden die Polkappen mit Ruß bestreut und genetisch angepaßte Mikroorganismen verstärken den Effekt und geben Stickstoff und Sauerstoff ab, während die Weltraumspiegel den Rest erledigen. Die dichter werdende Atmosphäre erzeugt steigende Temperaturen und zunehmende Wärme erhöht den atmosphärischen Druck; währenddessen werden CO₂, H₂O und N aus der Oberfläche frei. Da es noch kein Ozon gibt, muß ein künstliches Schutzschild dessen Funktion übernehmen. Bei durchschnittlichen -15°C bilden sich erste Wolken und der Luftdruck erreicht etwa den irdischen in 6 km Höhe von vorher 30 km Höhe. Entlang des Marsäquators erzeugen womöglich erste Tundrapflanzen, also Moose und Flechten, Sauerstoff (O₂), dessen weitere abiologische Quellen das atmosphärische CO₂, der Kalkstein

und das Eisenoxid sind.

In der letzten Phase des Terraforming erreicht die Temperatur ca. 273 K und der O₂-Anteil nimmt zu, während das CO₂ abnimmt. Es gibt immer mehr - auch künstliche - Lebensformen; es entstehen Teiche, Flüsse und kleine Meere. Polareis und Permafrostböden schmelzen bei nunmehr 10°C; die Hydrosphäre vergrößert sich und die Marsbevölkerung liegt bei einigen 10⁵ "Menschen", die Anzahl der Trans- und Posthumanen und der KLS²⁵ dürfte sogar noch etwas höher sein.

Phobos und Deimos

Die Marsmonde sind vielversprechende Zwischenstationen auf dem Weg zwischen Erde und Mars. Als Chondriten stellen sie sehr attraktive Tankstellen im Marssystem dar und könnten Raumfahrzeuge mit Treibstoff beliefern. Diese würden dort im Marssystem mit fast leeren Tanks ankommen und bei jedem Stopp 100t Wasser aufnehmen. Da Phobos vermutlich Billionen Tonnen Wasser hat, reicht diese Menge für mehrere Megajahre, so daß sie als Rast- und Tankstätten auf dem Weg zu den Sternen dienen könnten. Würde man Phobos und Deimos in eine MSO-Bahn²⁶ bringen (noch ein Grund für Planetoidenbilliard), wären sie nicht mehr im Weg und könnten gleichzeitig als eine ausgezeichnete

²⁵ KLS: künstliche physische, aber auch virtuelle Lebensformen

²⁶ MSO-Bahn: die Marsstationäre Umlaufbahn, vgl. GSO - geostationäre Umlaufbahn

rohstoffhaltige MSO-Plattform für die Herstellung eines Himmelhakens dienen. Die 2 Billionen Tonnen Eisen und Nickel würden für ein Kabel mit einer Schnittfläche von 1m^2 ausreichen, das vom Mars bis zur Sonne reicht.

Die Spitze des 20 Marsradien langen Himmelhakens beträgt $4,7\text{ km/s}$, damit lassen sich Frachtladungen bis zum äußersten Rand des Planetoidengürtels in $3,3\text{ AE}$ Entfernung schleudern.

Langfristig sind die fernen Teile des Sonnensystems vom Mars aus viel leichter zu erreichen.

In etwas fernerer Zukunft könnten sich die Marsianer dazu entschließen, zuerst Phobos in eine künstliche Sonne umzuwandeln, wobei sich das Antimaterielager in einem Lagrangepunkt zwischen Mars und Phobos befinden würde; später wäre Deimos für diese Zwecke verfügbar oder sie verwenden andere Planetoiden, die sie sich aus dem Gürtel holen.

Mit Terraforming ließe er sich wieder in sein ursprüngliches und angenehmes Klima wieder zurückversetzen. Eine clevere Kombination aus Weltraumspiegeln, Albedoveränderungen und Treibhausgasen wie CO_2 , NH_3 , H_2O , FCKW usw. würde die Oberflächentemperaturen nahe an die 273 K -Grenze bringen, so daß die nächste Terraformingphase beginnen kann, in der die Temperaturen wegen der großen Mengen Wasserdampf noch weiter ansteigen. Gentechnisch erzeugte und/oder veränderte Mikroorganismen und niedere Pflanzen wie Flechten²⁷,

²⁷ Lebensgemeinschaften aus einem Pilz, dem so genannten Mykobionten und Grünalgen oder Cyanobakterien

erzeugen Sauerstoff, so daß höhere Pflanzen und Tiere angesiedelt werden können, bevor die Marsumwelt den Erfordernissen ungeschützter Siedler entspricht²⁸.

Auch beim Mars scheint es kein Patentrezept zu geben; wahrscheinlich kommt man nur mit mehreren Prozessen zum Ziel.

Eine Robotersonde könnte mit einem Plasmastrahl Wasserstoff und Sauerstoff z.B. auf Phobos, einem vom Mars eingefangenen Planetoiden, aber auch auf anderen Planetoiden und Kometen erschließen. Die Marsmonde Phobos und Deimos sind potenzielle Treibstofflager für Marsflugkörper.

Überhaupt könnte die Anzahl blauer Welten mit Himmelsleitern und kstl. bewohnbaren Ringsystemen stark zunehmen: erdartige Planeten und große Monde wären wohl dafür geeignet; Planetoiden und Kometen ließen sich zu Kilometergroßen, reifen-oder zylinderförmigen Weltraumstädten umbauen und die Superplaneten könnte man in Kunstsonnen verwandeln.

²⁸ Man muß sich das mal auf der Zunge zergehen lassen: *gentechnisch erzeugte MOs...* das wären vollkommen synthetische, vollkommen neue Bioide, die es vorher noch nie gab, während gentechnisch veränderte Mikroorganismen "nur" transgen bzw. hybrid sind, also Fremdgene enthalten.

Paraterraforming

Vielleicht stellt sich ein vollständiges Terraforming als zu kompliziert, als zu teuer oder als zu langsam heraus ? Dann bliebe immer noch die Möglichkeit des "Paraterraformings", des "Welthauskonzeptes"; die Konstruktion eines bewohnbaren Habitats mit einem mehrere km hohem Dach. Es ist hermetisch umschlossen, beinhaltet eine atembare Atmosphäre und ist entweder an Türmen und Kabeln fixiert oder es wird eine Schutzhülle wie ein Riesenballon aufgeblasen, die durch Überdruck stabilisiert ist. Kabel und Türme würden eine solche Konstruktion dann eher vor dem Abheben bewahren.

Paraterraforming könnte sich schneller umsetzen und beliebig erweitern lassen - angefangen von einer kleinen Region bis hin zum gesamten Planeten und wäre mit heutiger Technologie vielleicht schon machbar, denn es muß ja nicht gleich die gesamte planetare Lufthülle verändert werden, sondern anfangs nur ein Bruchteil.

Wegen seines modularen Charakters lassen sich damit auch gerade atmosphärelose Welten, vor allem Monde besiedeln.

Um flüssiges Wasser auf dem Mars konservieren und seine Oberfläche erwärmen zu können, könnte es erforderlich sein, eine Kuppel zu errichten, die den gesamten Planeten umspannt. Für diese Konstruktion werden zwar 730 Gigatonnen Metall benötigt, doch das ist nur der millionste Teil des im Planetoidengürtel verfügbaren Metalls.

Natürlich läßt sich Paraterraforming auch als Zwischenschritt bzw. Ergänzung zum üblichen Terraforming denken. Dann wären Teile eines Planeten oder eines Mondes von einem Welthaus umgeben, während die

restliche Oberfläche traditionell umgeformt wird...

Terraforming ist eine Möglichkeit, für den Menschen lebensfeindliche Orte zu nutzen. Eine andere besteht darin *den Menschen anzupassen*, d.h. seine Physis zu verändern - z.B. durch Gentechnik oder durch andere Biotechnologien, um an geringe Schwerkraft oder an Schwerelosigkeit angepaßt zu sein. Für Atmosphären mit geringer O₂-Konzentration ließen sich die Lungen vergrößern; ein Exoskelett wäre hilfreich für große Druck und Gravitationsverhältnisse, z.B. auf Venus oder Jupiter.

Pantropie und Human Engineering

Pantropie bedeutet sinngemäß "gedeiht überall" oder "verwandelt alles" (dann ist auch die Nanotechnologie pantropisch); im Zusammenhang mit der Raumfahrt bezeichnet dieser Begriff die Ausbreitung der Menschheit etwa in der Galaxis, wo sie durch ihre gezielte Umformung oder Anpassung durch H.E. zahllose verschiedene Umwelten besetzt. Wahrscheinlich lassen sich nur durch Pantropie andere Lebensräume besiedeln, da Erdzwillinge, also Planeten, die der Erde in allen physischen usw. Bedingungen gleich sind, sehr selten sind.

Genmanipulation könnte für die Raumfahrt wichtig werden, etwa hinsichtlich der Züchtung einer speziellenRaumfahrt.-Rasse, die klein ist und einen geringen Stoffwechsel hat, da Größe und Körpermasse Einfluß auf den Nahrungsverbrauch usw. haben, an Mikrogravitation und an erhöhte Strahlung angepaßt ist, deren Psyche die spezifischen Weltraumbedingungen besser erträgt usw. Vielleicht ließen sie sich mit einer synthetischen DNS herstellen (bitte keine Denkverbote). Wie werden Null-g-Menschen wohl aussehen? Zum einen werden sie größer sein, auch zarter, weiterhin wäre es möglich, daß sie 4 Arme haben, da sie in der Schwerelosigkeit keine Beine brauchen. Welche anderen Organe werden sie noch haben ? Vielleicht ein Rückstoßorgan wie die Tintenfische, um sich in ihr zu bewegen ?

Wieviel wird durch natürliche Selektion entstehen und wieviel durch Human Engineering beziehungsweise Bio-Engineering, also Gentechnologie ?

Human Engineering beinhaltet aber auch Prothesen und Implantate,

Teil I Raumfahrt allgemein Pantropie und Human Engineering

Bewußtseinstransfer usw. und wird unter anderem relevant, wenn sich Menschen in andere Umwelten begeben und diese entweder an sich anpassen oder - umgekehrt - sich den dortigen spezifischen Bedingungen, wie andere Schwerkraft, Druck, Zusammensetzung und Temperatur der Atmosphäre oder dem Vakuum; evtl. werden sich auch H.E. und Terraforming irgendwo in der Mitte treffen ?

Die Umstellung des Menschen auf fremde Lebensbedingungen wird die 2. wichtige Rolle für hochtechnische Verfahren der Humanbiologie sein. Durch biologische und technologische Eingriffe werden sie an das Leben auf fremden Himmelskörpern angepaßt, deren Umwelten sich stark von der Erde unterscheiden oder an ungewohnte irdische Lebensbedingungen angepaßt, etwa Unterwasser, Wüsten oder Polarregionen.

Wählen künftige Marsmenschen die Pantropie, würden sie sich durch Operationen und kstl. Organe an den Mars anpassen, was etwa so aussehen könnte: ein Tornistercomputer, der direkt mit dem Gehirn verbunden ist über eine entsprechende Schnittstelle, große, dünne schwarze Flügel mit Solarzellen, eine dicke, isolierende Haut, Facettenaugen für UV-und IR-Licht, ein künstliches Herz und künstliche Lungen, das Fehlen äußerer Geschlechtsteile.

Bioengineering könnte durch Nanomedizin eine enorme Erweiterung erfahren:

In den Blutkreislauf injiziert, können Nanomaschinen Gifte oder infektiöse (Sub)Organismen aufspüren und zerlegen; selbst genetische Defekte könnten durch sie behoben werden. Eine Funktion dieses

Teil I Raumfahrt allgemein Pantropie und Human Engineering

Bioengineering ist also die Korrektur genetischer Defekte, eine weitere sind Erbgutveränderungen, also der Einbau neuer oder modifizierter Gene und damit die Veränderung menschlichen Designs, um ihn beispielsweise an fremde Umwelten anzupassen. Dadurch wird die menschliche Evolution zielgerichtet - was sie vorher nicht war!

Im Gegensatz zur Pantropie ist Terraforming ein langwieriger Prozeß - jedenfalls ohne Nanotechnologie. P. ließe sich dort anwenden, wo kein Terraforming oder ähnliches möglich ist.

Es wäre sogar möglich, daß durch Pantropie eine Symbiose zwischen Astronaut und Raumschiff entsteht oder daß Astronauten durch diesen Prozeß sogar *selbst* zu Raumschiffen werden...

Die Zukunft wird zeigen, ob sich Pantropie oder Terraforming durchsetzen.

Weltraumkolonien - Städte im All

Mal angenommen, unsere Zivilisation dehnt ihre "Grenzen" doch über die Erde hinaus und strebt keine Selbstkontinenz an, wären dann Mond, Mars und andere Planeten und Monde der optimale Ort zur Errichtung einer "menschlichen" Siedlung? Vielleicht ja, vielleicht nein, dagegen scheint zu sprechen, daß kein Planet, kein Mond ideale Bedingungen besitzt, was Schwerkraft, Atmosphäre, Sonneneinstrahlung oder Tageslänge uvam. angeht. Also wäre die logische Konsequenz, selbst einen künstlichen "Planeten", herzustellen etwa in Form eines Zylinders oder eines Reifens...eine künstliche Welt, deren Umwelt noch besser als die Erde ist - ohne Ozonloch, Vulkane, Impakte, Tsunamis, Klimawandel usw, usf. Diese müssen nicht eng und düster sein, sondern können viele Kubikkilometer groß sein und mit geringerer Schwerkraft als auf der Erde.

Durch die Weltraumindustrialisierung - etwa im Zusammenhang mit dem Bau von Energiesatelliten - werden viele Menschen zu Astronauten, Kosmonauten usw. Wahrscheinlich werden im Laufe der Zeit deshalb ganze Städte im All entstehen, die langfristig ihre eigenen, von der Erde unabhängigen Kulturen entwickeln werden; was für die Menschen auf der Erde geistige Anregungen, neuartige Güter und Ferienmöglichkeiten, sowie unvorstellbare medizinische Chancen bedeuten wird. (Denken Sie langfristig. Aber vielleicht kommt durch den Scheitelpunkt alles noch viel schneller und sowieso ganz anders ?)

Man muß diese Städte keinesfalls mit Material von der Erde bauen, viel besser wäre eine Mondschleuder, die Mondmaterial in den Weltraum wirft - natürlich müssen Richtung und Geschwindigkeit stimmen. Möglicherweise werden auch kleine Planetoiden mittels Nuklearexplosionen in Erdumlaufbahnen befördert, also umgelenkt oder dort abgebautes Material wird zur Erde geschleudert. Ein ausgehöhlter Planetoid könnte auch die Hülle einer Stadt oder eines Raumschiffs bilden und durch Rotation eine Pseudoschwerkraft erzeugen. möglicherweise werden in EML5 Weltraumkolonien errichtet, weil dort brauchbare, fast periodische Bahnen um L5 existieren, die Sonne praktisch ewig strahlt und die Strahlungsumwelt dem freien Weltraum entspricht. Das Delta-V, also der Geschwindigkeitsbedarf von der Erde bis EML5 beträgt 13 km/s; vom Mond bis EML5: 2,5 km/s. Eine kleine Prototypenstation könnte für 1000 Menschen ausgelegt sein, 1/4 davon sind Kinder. Die Atmosphäre würde zu je 50% aus Sauerstoff und Stickstoff bestehen und 0,4 bar haben. Die Temperatur könnte 22°C betragen und die Luftfeuchtigkeit 60%.

Das Material käme zu 99% vom Mond, d.h. 1,5 Megatonnen bis 2 Megatonnen Mondmaterial werden mit elektromagnetischen Schleudern zu L2 geworfen, dort aufgefangen und nach L5 gebracht; dort entstehen durch dessen Aufarbeitung 200 Kilotonnen Stahl, 170 Kilotonnen Sauerstoff für Luft und Raketenmotoren, fast 100 Kilotonnen Silizium für die Fotozellen und gut 1 Megatonne Schlacke als Strahlungsschutz; das ergibt also insgesamt eine Wandstärke von 5t/m², neben einigen

anderen Materialien. Nur 2,5 Kilotonnen an Legierungsstoffen (C, Molybdän, Nickel) kommen von der Erde. Der Stickstoffbedarf ließe sich verringern durch ein lichtdurchlässiges Dach gut 50 m über dem Wohnboden. In dieser "Kleinstadt" müssen 30.000 bis 100.000 m² für die Ernährung der 1.000 Siedler verwendet werden; das macht 15 - 50% der Innenfläche aus. Der Wohnbedarf verringert sich auf ca 10.000 m², wenn mehrstöckig gebaut wird, dann bleibt genug Platz für Wege, Parks und Industrie.

Die Gesamtanlage zum Bau der Station hat 11 Kilotonnen Masse und benötigt 60,3 MW(elektrisch) Leistung, die Zahl astronautischer Bauarbeiter steigt von 50 auf 160, die jeweils 3 Monate dort bleiben. Ist eine Station fertig, wird die Baustation wegbewegt, um mit einer neuen zu beginnen. Der Bau einer solchen Weltraumstadt macht eine große lunare Aktivität erforderlich: anfangs bleiben 100, dann 200 Mann (und Frauen) je 6 *Monate* dort *auf dem Mond*. Zum Mond werden 10,7 Kilotonnen Nutzlast transportiert: Mondschleuder, Energieversorgung (solar und/oder nuklear), Mondabbaumaschinen (Teleroboter?), Wohnstätten usw. Die Mondarbeiter könnten sehr bald von einer Weltraumstadt kommen, statt von der Erde...

Noch einige Worte zu dem Fangtrichter in L2: er hat etwa 100 m Öffnungsdurchmesser, wiegt anfangs 6,2 Kilotonnen, die sich aus 1,1 Kilotonnen für das (solar-)elektrische Kraftwerk mit rund 35 MW Leistung und knapp 5 Kilotonnen Auswurfmaterial zusammensetzen, d.h. aufgearbeitete Mondgesteinsreste für seinen Schleuder-

Raketenantrieb, der eine Strahlgeschwindigkeit von fast 4 km/s bei einem Höchstschub von 1,4 t erreichen soll. Durch immer neu eintreffendes Mondmaterial "wiegt" er nach einem Monat 107 Kilotonnen; jetzt bringt er seine Ladung von über 100 Kilotonnen nach L5 und ein neuer Fänger nimmt seinen Platz ein. Nach 20 Flügen, also 20 Monaten, sind die erforderlichen 2 Megatonnen Mondmaterial angesammelt.

Auch wenn es noch keine derartigen O'Neill-Stationen gibt, sind sie für die Zukunft keinesfalls ausgeschlossen und dann könnte es möglich sein, daß der Hauptteil der Menschheit im All geboren, leben und sterben wird - denn physikalisch sind sie machbar; es gibt kein Naturgesetz, das sie ausschließt. Irgendwer wird sie irgendwann bauen und dann - *wenn erst mal ein Anfang gemacht ist* - liegt es im Bereich des Möglichen, daß der größte Teil unserer Nachfahren in Raumkolonien lebt mit praktisch unbegrenzt verfügbarer Energie, Überfluß in Nahrung und materiellen Gütern, voller Freizügigkeit und unabhängig von großen Regierungen; die Erde würde zu einem weltweiten Park, frei von Industrie und sich von ihrer Vergangenheit erholend zu einem prächtigen Platz für Ferienreisen (Seien Sie doch mal optimistisch).

Andere mögliche Raumkolonien könnten auch auf Erdsatellitenbahnen liegen: neben der Himmelsleiter platziere man in Höhe der geostationären Bahn einen Satelliten, daneben noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen

und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen und noch einen - jetzt reicht's aber, oder? Aber Sie ahnen es schon - die bleiben alle dicht beieinander stehen und lassen sich miteinander und mit dem Turm oder auch mit weiteren Türmen verbinden - und schon hat man eine Ringstadt - ein künstliches bewohnbares Ringsystem.

Vielleicht wird "Ringstadt" die erste große menschliche Raumsiedlung ?

Ob es viel einfacher und sehr viel billiger als jede Weltraumkolonie wäre, , unwirtliche Erdgebiete - Wüsten, Polargebiete, das Meer - auf der Suche nach Lebensraum bewohnbar zu machen, mag dahingestellt sein; wahrscheinlich ist es für uns zweidimensionale Lebewesen irgendwie *naheliegender*. Vielleicht wird der Schritt in den Weltraum aus anderen Gründen erfolgen, etwa wegen seiner Industrialisierung; überhaupt wenn sich Weltraumaktivitäten als lukrativ (utilitär, transutilitär, Mischung?) erweisen. Danach könnte das Ganze zu einem Selbstläufer werden...

Gründe für bemannte Mondstationen kommen aus Forschung, Wirtschaft: die erdabgewandte Seite ist ideal für Radioastronomie, da sie hier ungestört von irdischen Sendern und Energiesatelliten betrieben werden kann. Der Mond bildet eine feste Basis und er hat keine störende Atmosphäre; das macht astronomische Messungen aller Art viel einfacher. Überhaupt wird er am besten selbst in situ, vor Ort

untersucht.

Mondmaterial ist äußerst brauchbar für die außerirdische Industrie und Exo-Siedlungen und läßt sich wohl besser auf ihm selbst als im schwerelosen Weltraum verarbeiten, da Schwerkraft bei vielen industriellen Prozessen hilfreich ist. Lunare Rohstoffe könnten sogar für die irdische Verwendung relevant werden. Mondabfälle ließen sich als Impulsträger für geeignete Raketenantriebe oder als Strahlungsschutz verwenden. Aber auch andere Planeten und deren Monde könnten zu Rohstoffquellen werden; die Atmosphären der Gasplaneten sind riesige H-Reservoirs für H-O-TW, Fusions-TW usw., auf deren Monden scheint es viel Wassereis zu geben. Auf Forschungsmissionen werden Nutzung, Abbau und Industrialisierung folgen, d.h. deren Besiedlung.

Früher oder später werden größere Menschengruppen längerfristig auf fremden Gestirnen leben und sich dabei, weil es wirtschaftlicher ist, aus lokalen Ressourcen erhalten. Evtl leben sie "unterirdisch", in kstl. Höhlen, die durch atomare Explosionen erzeugt wurden. Atomexplosionen können auch zur Energie- und Rohstoffgewinnung verwendet werden. Mit steigender Unabhängigkeit könnte eine Station zu einer Kolonie expandieren; dann würde das Universum nicht in Form kstl. Inseln, sondern durch Besiedlung anderer Welten erschlossen, die wir entweder nach unseren Bedürfnissen umgestalten oder indem wir uns anpassen - durch biologische Prozesse und/oder durch technische Hilfen.

Vielleicht wird auch von allem etwas eintreffen, die Zukunft wird den optimalen Weg zeigen, falls es ihn gibt. Vielleicht braucht jede Welt eine spezifische Lösung. Auf jeden Fall wird es komplex. Aus Rohstoffen und Energie läßt sich alles herstellen, was gebraucht wird; da unsere abgeschlossene Erde endlich ist, gibt es Wachstumsgrenzen. *Aber das trifft für das Weltall nicht zu.*

Unsere Welt schwimmt in Energie und wir sind von Raum und Rohstoffen umgeben, wo Platz ist für alle Aktivitäten, die unsere Umwelt bedrohen.

Da Materialien altern und generell der Rohstoffbedarf aufgrund von Bevölkerungswachstum und Lebensstandard steigt, ist auch ein perfekter Material- und Energiekreislauf keine Endlösung für deren Mangel - neue Quellen müssen erschlossen werden: irdische, wenn nötig - extraterrestrische, wenn möglich.

Sollten sich unsere Nachfahren dazu entschließen, einen Planetoiden in eine (z.B. 24-Stunden-) Erdumlaufbahn zu bringen, um evtl. sein Material zu verwenden, vielleicht für einen Himmelsfahrstuhl, müßten sie eine solare oder nukleare Energieversorgungsanlage auf ihm errichten, um eine EMK oder ähnliches zu betreiben, die als Impulsträger Material von ihm selbst verwendet. Gehen wir mal von einem 34 m großem Planetoiden mit 10^8 kg = 100 Kilotonnen Masse und 5 km/s für den Transport aus, dann wäre die EMK-Strahlgeschwindigkeit 3,125 km/s. Die Leistung der Energiequelle wäre 3,2 MW (e) beziehungsweise 12,8 MW (thermisch) über 5Jahrelang.

Dann wäre die Planetoiden-Endmasse 20 Kilotonnen. Der Transport hätte einen Energieaufwand von 25,2 kWh pro kg; für das fertig aufbereitete Endprodukt etwa 30 kWh pro kg, wenn so gut wie alles verwertbar ist - die Fertigprodukte werden also unterwegs hergestellt und können im Erdorbit beziehungsweise im geolunaren oder cislunaren Raum abgeholt werden. Statt dem EMK könnten andere Planetoidenantriebsmethoden wirtschaftlicher sein, z.B. A- oder H-Bomben oder Bussardkollektoren...vielleicht wird gar nicht der Restplanetoid zur Erde gebracht, sondern der "Abgasstrahl" auf die Erde gerichtet - in einen Trichterfänger oder der Planetoid wird dort draußen "umgesetzt" und die Fertigprodukte per EMK zur Erde oder anderen Planeten geschickt.

Zukünftige Mondlandungen könnten auf Luftkissen statt auf Raketentreibstoff basieren, wie bei dieser einen Marssonde...oder die Landung erfolgt ganz flach auf einer präparierten Sandlandebahn mit Kufenbremsung.

Verwendet man eine Mondschleuder als Raketenmotor, wird die Schleuder z.B. bei 30 km/s Strahlgeschwindigkeit 45 km lang.

Werden außerirdische Rohstoffe für den Bau von Energiesatelliten verwendet, werden sie billiger usw.

Als sich die bemannte Raumfahrt wegen der bevorstehenden Mondlandung in den 1960ern in Hochstimmung befand, plante man in deren Nachfolge noch viele andere weiterreichende Visionen. Noch vor der Mars Expedition sollten bemannte Flüge zu ENAs stattfinden. Die

Kleinplaneten sah man als nützliche Rohstoffquelle bei der Weltraumerforschung und der Kolonisierung des Sonnensystems. Unter anderem war geplant, auf rohstoffreichen Planetoiden zu landen und sie in Erdumlaufbahnen zu bringen, evtl. unter Verwendung von nuklearen Sprengsätzen im Mt-Bereich oder man würde Massenbeschleuniger verwenden, um den Planetoiden besser lenken zu können.

Statt den Mond, den Mars usw. nur kurzfristig zu erobern und dann wieder zu verlassen, wird ein Langzeitprogramm angestrebt, mit dem wir beziehungsweise unsere Nachfahren dauerhaft fremde Welten besiedeln können. Von der Erde soll nur Material kommen, das für Schürfanlagen auf dem Mond und den Planetoiden benötigt wird, um Rohstoffe abzubauen und Bauarbeiten mit Sonnenenergie auszuführen. Aus 1 Megatonne Planetoidenmaterie ließe sich ein Weltraumhabitat für 10^4 Personen bauen; dazu würde eine Astronautenmannschaft von einer Mondstation oder einer Raumstation im LEO aus mit Bergbaumaschinen und einem im Weltraum zusammengebauten Massenbeschleuniger starten, nach einigen Monaten am Planetoiden eintreffen und Kabel an ihm befestigen, dann den Massenbeschleuniger anbringen und den Planetoiden auf Erdkurs bringen. Unterwegs würden sie beziehungsweise ferngesteuerte Roboter oder andere Automaten einen Stollen ausheben und darin eine Werkstatt mit einem Solar-Kraftwerk errichten und mit der Produktion von Wasser, Sauerstoff, Metalle und andere Rohstoffe beginnen. Nach 1 bis 2 Jahren befindet er sich dann auf einer Erdumlaufbahn, z.B. im GSO - dann könnte man ihn

zum Bau eines Weltraumfahrstuhls verwenden.

Der Planetoid liefert nämlich Rohstoffe, die es auf dem Mond nicht gibt und die auch wegen der viel geringeren Schwerkraft - selbst im Vergleich zum Mond - leichter zu transportieren sind. Mit dem Restmaterial ließen sich weitere Kolonien im erdnahen Weltraum bauen, deren Bewohner weitgehend unabhängig von der Erde wären.

ENA-Missionen sind sowohl zur wissenschaftlichen Erkundung als auch zur Erforschung, Erprobung und Durchführung von Impakt-Abwehrmaßnahmen und zu deren Besiedlung sinnvoll. Die Besiedlung von Planetoiden ließe sich auch mit Phobos und Deimos beginnen...oder man fängt bei den ENAs an und von dort zu den Marsmonden...

Die Rohstoffe der Planetoiden reichen für Billionen Menschen als Lebensgrundlage. Sie bieten sich gerade zu an, sie zur Kolonisierung des interplanetaren und interstellaren Raums zu nutzen - als Rohstoffquellen, als Siedlungen beziehungsweise Habitate und als Raumschiffe. Freischwebende kstl. Ökosphären könnten sich als die beste Lösung zur Weltraumbesiedlung erweisen: zylinderförmige Kolonien können in beliebige Rotation versetzt werden (die Obergrenze ist durch die Materialfestigkeit gegeben) und haben bei gegebener Masse die größte Innenfläche. Sollten die Kolonisten von der Erde kommen, müßte das Habitat in etwa erdähnliche Gravitation haben; entsprechendes gilt für Mars-oder Mondbewohner. Auch gilt es, einen etwaigen Tourismus zu berücksichtigen...

Ein möglich Weltraumhabitat könnte z.B. eine 15 km große Kugel sein

mit einer dünnen Außenhaut aus transparentem Material, die das Entweichen der Luft verhindert und die auftreffende solare Strahlungsenergie ungehindert hindurchläßt. Der Luftdruck seinerseits gibt der Struktur die nötige Festigkeit. Unter der Hülle gibt es Einrichtungen und Vorrichtungen, zur Nutzung der Sonnenenergie, entweder Chlorophylltanks (oder kstl. Fotosynthese) oder elektrische Anlagen - in dem Fall würde die Kugel über riesige hauchdünne solarelektrische Membranflügel verfügen, um die Fläche für das Sonnenlicht zu vergrößern und über Wärmeraditoren, um eine Überhitzung zu verhindern.

Vor unserer kosmischen Haustür, im Raum zwischen Erde und Mond ist alles das reichlich vorhanden, was auf der Erde knapp wird: Energie und Rohstoffe - in großem Umfang. Durch die geringe Mondschwerkraft wird der Transport von Materialien durch elektromechanische Katapultmaschinen in diesen "geolunaren Raum" außerdem noch viel billiger. Wenn die zu errichtende Station oder Siedlung nahe eines gewissen Punktes der Mondbahn liegt, ist der Geschwindigkeitsbedarf besonders gering. Eine lunare Montanindustrie liefert die nötigen Rohstoffe für den Bau der Erdaußenstation. Von einer weiterhin zu errichtenden Arbeitsstation aus wird die erste Einheit der Weltraumwohnstätten für 10.000 Menschen errichtet, deren wichtigste Aufgabe darin besteht, weitere Habitate zu bauen, um eine erste Kolonisationsphase einzuleiten. Zunächst müssen Kilotonnen von Material von der Erde ins All befördert werden; soll sich die erste

Station reproduzieren, kommen noch etwa 10 Megatonnen vom Mond zur Abschirmung der primären kosmischen Strahlung dazu.

Die Hauptaufenthaltsgebiete der Siedler in den kosmischen Inseln - mächtige Zylinder von 32 km Länge und 6,4 km Durchmesser - besitzen normale, d.h. irdische Schwerkraft, die durch Rotation erzeugt wird (1 U/114 s). Der Personen- und Gütertransport erfolgt durch zylindrische Kanäle entlang der 0g-Rotationsachse und durch Magnetschwebbahnen an der Außenseite. Dadurch gelangt man zu den Produktionsanlagen außerhalb des Habitats. Der Lebensraum im Zylinderinneren kann unglaublich fantastisch gestaltet werden. Diese Megastationen des 4. Typs bietet ausreichend Platz für 10.000.000 Menschen - mehr als in den meisten Großstädten. Allein die Luft im Inneren einer Insel III-Kolonie hätte bei einem bar 1,2 Gigatonnen Masse.

Andere Weltraumkolonien könnten torusförmig sein, also die Form riesiger Reifen haben. Ein solcher würde rotieren, damit sich seine Bewohner normal bewegen können. Der Reifenhohlraum wäre 35 km lang, in seinem Inneren wäre eine Landschaft modelliert und es würde ein Wettergeschehen für seine mehrere Millionen Bewohner geben. Riesige Sonnenspiegel lenken Sonnenlicht durch transparente Wände in die kstl. Ökosphäre und erzeugen somit Tag und Nacht und Wärme.

Die Weltraumkolonien könnten sich z.B. in EML4 und 5 befinden; an diesen Regionen gleichen sich die Anziehungskräfte zwischen Erde und Mond aus und ein dritter Körper mit vergleichsweise vernachlässigbarer Masse verbleibt an diesen Regionen auf einer stabilen Position. Auch

der GSO wäre ein bevorzugter Platz, da eine dortige Weltraumstadt gleichzeitig eine Energiestation für die Erde sein könnte.

Durch die vollständige Unabhängigkeit ihrer Bio-Techno-Ökosphären von der Erde wären die Bewohner auch psychisch nicht mehr an sie gebunden, so daß sie sich in einer späteren Generation dazu entschließen könnten, ihre Kolonie als Multigenerationenschiff zu verwenden und zu anderen Bereichen des Sonnensystems wie dem Planetoidengürtel, zu anderen Planeten und Monden, dem Kuipergürtel oder der Oortschen Wolke oder sogar zu den Sternen aufzubrechen.

Wenn die Sonne alt geworden ist und unsere Nachfahren woanders hin müssen, bevor sie verdampft und verschluckt werden, gibt es genügend asteroidales Eisen um ein *wirklich* großes Raumschiff zu bauen - etwa ein zylindrisches mit 1 km Durchmesser und - da genügend Stahl vorhanden ist - eine Länge von 4 Milliarden km, damit reicht es von der Sonne bis jenseits des Uranus. Mit einem derartig langen Schiff braucht man nicht mehr zu reisen, da man bereits am Ziel ist. Vielleicht begrenzt man die Raumschifflänge auch auf 1000 km; dann lassen sich stattdessen 4 000 000 Schiffe bauen, wovon jedes 2,5 Milliarden Menschen faßt oder man baut 4 Milliarden Schiffe, die nur 1km lang sind. Selbst diese hätten noch genügend Platz für jeweils 2,5 Millionen Menschen und könnten diese zu jedem sonnenähnlichen Stern in der Galaxis bringen. Durch Recycling und Kernfusion stellt jedes Schiff hinsichtlich Rohstoffe und Energie eine autarke Einheit, eine kleine wandelnde Welt dar. Stellen wir uns eine andere interstellare Arche von

10 km Durchmesser vor, dementsprechend ein Volumen von 1000 km^3 und einer Masse von 2,5 Gigatonnen; in ihr haben 1 Milliarde Menschen Platz; doch der Planetoidengürtel hat genügend Masse, um 1 Milliarde dieser Archen zu bauen. Um ein derartiges Generationenschiff auf 1000 km/s zu beschleunigen, sind 10 Megatonnen He-3 nötig; um sie alle auf die Reise zu den Sternen zu schicken, sind dementsprechend 10 Billionen Tonnen He-3 erforderlich - soviel?...keine Angst, die He-3-Vorkommen auf Uranus und Neptun sind 500mal größer, ganz zu schweigen von Jupiter und Saturn. Alleine mit nur 1% der Heliumvorräte von Uranus und Neptun ließen sich 1 Milliarde interstellarer Archen mit je 1 Milliarde Menschen (Transhumanen ? und einige KVs) zu anderen Planeten anderer Sterne schicken, die sie entweder mittels (Para)Terraforming besiedeln oder als Ressourcen für weitere Archen usw. nutzen. Vielleicht suchen sie sich aber auch Sterne aus, die nicht der Sonne ähnlich sind und die keine Planeten, sondern nur Planetoiden und Kometen haben ?

Wir verfügen tatsächlich über die Ressourcen und das Potenzial, die gesamte Milchstraße zu besiedeln.

Planetoiden

Zu ENAs zu reisen ist einfacher als zum Mond zu fliegen, die entsprechenden Raketentechnologien gibt es schon und eine solche Reise wäre kürzer als die bis zum Mars; überhaupt liegt der Schwierigkeitsgrad einer solchen ENA-Mission zwischen dem einer

Mars- und dem einer Mondmission. So würde eine Hinreise zum ENA "Nereus" 10 Monate, der Rückflug würde nur 3 Wochen dauern und der Aufenthalt 30 Tage. Sollten Menschen zum Mars fliegen, wären ENAs eine günstige und geeignete Trainingsgrundlage.

Um einen Megaimpakt zu verhindern, sollten wir zu diesen Kleinwelten reisen und ihre Bahnen mit großen Raketentriebwerken oder elektrodynamischen Massenschleudern ändern, oder man stattet sie mit großen Reflektoren aus und bringt sie mithilfe des Sonnenlichts oder starker irdischer Laser auf einen anderen Kurs. Gelingt es, Planetoiden in eine Erdumlaufbahn zu bringen, liefern diese Welten Mineralien und Edelmetalle sowie Ressourcen für den schwerelosen Aufbau einer Weltrauminfrastruktur.

Mit verbesserten Raumfahrzeugen und dem Weltraumlift werden Starts von der Erde leicht und erschwinglich; befindet man sich erstmal im Raum, steht der gesamte Planetoidengürtel zur Verfügung, mit dessen Rohstoffen die materiellen Bedürfnisse einer Bevölkerung gedeckt werden können, die millionenfach größer ist, als die Erde fassen kann.

Der Planetoidengürtel verfügt über abnorm hohe Rohstoffvorkommen, riesige Mengen an Sonnenenergie und sehr viel Bewegungsfreiheit; ein wunderbarer Ort, wo viele Menschen leben und dessen Ressourcen dazu verwenden könnten, um die Erde von einigen Milliarden Menschen zu entlasten und den Mars bewohnbar zu machen. Wenn unser Nachfahren den Planetoidengürtel und die trojanische Region in Jupiternähe erschließen, werden sie Rohstoffe und Energie haben, um eine

Gesellschaft zu gründen, *die einige Zehnbilliarden Menschen umfaßt*. Und die Sonne liefert die Energie die diese riesige Zivilisation benötigt - solange, bis sie ausbrennt. Doch bis dahin könnten unsere Nachfahren es gelernt haben, das Sternenfeuer neu zu entfachen...

Vielleicht können wir schon im 22. Jahrhundert kleine Welten im Sonnensystem mittels Kernexplosionen (theoretisch gibt es keine Obergrenze für die Sprengkraft von Kernwaffen) oder Kernfusionsmaschinen bewegen und kleine Metallplanetoiden in Erdumlaufbahnen bringen und schrittweise eine Verteidigungstechnologie entwickeln, mit der sich große Erdbahnkreuzer ablenken lassen. Parallel dazu müssen wir darauf achten, daß die Technologien nicht mißbraucht werden. Mit Sicherheit haben wir mehrere Jahrzehnte oder sogar Jahrhunderte Zeit, um Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen und politische Institutionen umzustrukturieren - dann können der Fortschritt auf der Erde und im Weltraum Hand in Hand gehen; sowieso sind beide eng verbunden.

Da uns die potenzielle Bedrohung durch ENAs und allgemein durch Erdbahnkreuzer zum Handeln zwingt, müssen wir letztlich überall im inneren Sonnensystem Menschen stationieren, denn um so bedeutsame Aufgaben zu bewältigen, können uns Roboter zwar unterstützen, aber sie reichen nicht dazu aus, d.h. bloß mit unbemannter Raumfahrt ist es nicht getan. Stattdessen müssen wir unsere Weltpolitik und das internationale System verändern. Auch wenn viel von unserer Zukunft noch im Dunkeln liegt, ist es relativ naheliegend und unabhängig von

den Launen unserer Institutionen, daß einige von uns die Erde verlassen müssen, um das Überleben von uns allen zu garantieren. Dazu brauchen wir Stützpunkte und eine Infrastruktur. In mittelbarer Zukunft werden hoffentlich einige von uns auf fremden Welten in künstlichen Umwelten leben. Bis Mitte oder Ende des 21. Jahrhunderts erscheinen die Schaffung von Lebensraum auf oder unter den Oberflächen des Mondes und den Planetoiden möglich; viele Ressourcen ließen sich auf den Welten selbst beschaffen. Da deren Schwerkraft mit einigen Prozent bis Promille der Erdschwerkraft gering ist, könnten Menschen mit geringen Hilfsmitteln dort fliegen. Wenn unsere Nachfahren sie bevölkern wollen, müssen sie entweder diese kleinen Welten entsprechend umgestalten oder sich an sie anpassen. Im ersten Fall lassen sich gewaltige durchsichtige Kuppeln vorstellen, die einen bestimmten Lebensraum umhüllen, auch sind Kolonien im Planetoideninneren denkbar, weil sie klein sind und ihre Schwerkraft damit winzig ist, lassen sich auch Tiefbauarbeiten ziemlich leicht durchführen. Im Inneren eines geeigneten C-Planetoiden kann es Materialien zur Herstellung und Bearbeitung von Stein, Metall und Plastik sowie reichlich Wasser geben; damit hat man alles, was man braucht, um ein geschlossenes Ökosystem zu errichten.

Möglicherweise werden viele von uns in 100 oder 200 Jahren auf oder in einem Planetoiden leben, mit einer Energiequelle, die sie nicht nur am Leben hält, sondern auch ihre Welt antreibt.

Sollte sich eine zukünftige Erdbevölkerung - das müssen nicht

ausschließlich Menschen sein - dazu entschließen, in den Weltraum zu expandieren, steht genügend asteroidales Eisen zur Verfügung, um eine 920 km große Eisenkugel zu bauen, ausgehöhlt und wie eine gigantische Stadt mit Räumen und Eisenwänden versehen, ergäbe sich eine über 2000 km große Sphäre, in der genug Platz für mehr als 10^{16} Menschen wäre - dem millionenfachen dessen, was auf der Erde leben könnte, also Raum und Rohstoffe für 10^6 Erden !

Wenn im Sonnensystem Hunderte von Billiarden Menschen leben, könnte der Bevölkerungsdruck im inneren Sonnensystem Jahr 2600 Realität werden. Falls sich die Bevölkerung bei ca. 10 Billiarden einpendelt, und 1% pro Generation emigrieren, ergibt sich im 30 Jahre-Intervall eine Abreise von 100 Billionen Menschen pro Jahr. Das Sonnensystem, dessen Bevölkerungszahl durch die Notwendigkeit des Recyclings und ihrer Abhängigkeit von der Sonnenenergie eine Grenze gesetzt ist, kann die 10 Billiarden-Grenze nur dann überschreiten, wenn neue Ressourcen außerhalb des Planetoidengürtels wie z.B. trojanische Planetoiden, die Monde der großen Planeten oder der Kuipergürtel und die Oortsche Wolke erschlossen werden.

Auf eine Typ 0 bis I-Zivilisation kommen viele Planetare und extraplanetare Gefahren, eine sehr wahrscheinliche sind Impakte:

Unser Sonnensystem ist auch 4,5 Gigajahren nach seiner Entstehung kein sicherer und ruhiger Ort; Planetoiden und Kometen befinden sich nahezu überall im Sonnensystem, es gibt nirgendwo einen sicheren Planeten oder Mond. Man denke an Jupiter und SL9, der Mond hat über

30.000 Krater; Erde und Mond sind nur 1 Lichtsekunde voneinander entfernt... Von der Oortschen Wolke und dem Edgeworth-Kuiper-Gürtel fallen ständig Asteroiden und Kometen in die Sonne; entweder durch nahe Sternenbegegnungen oder wenn die Sonne durch dichtere Gas- und Staubwolken wandert, vielleicht auch durch Oszillationen in ihrer Bewegung - alle 30 Megajahre befindet sie sich etwas über und etwas unter der galaktischen Ebene, wodurch die Oortsche Wolke verformt wird.

Erdbahnkreuzer fallen auf die Erde - das ist nur eine Zeitfrage. Weiterhin werden NEOs durch Bahnveränderungen zu Erdbahnkreuzer. Ihre Bahn läßt sich allenfalls auf grob 100 Jahre vorausberechnen, da sie sich auf instabilen Bahnen bewegen, die sich zudem ständig über Kilo- und Megajahre verändern, dann auf Planeten einschlagen oder von ihnen umgelenkt werden; die meisten Bahnen werden vor allem in Jupiternähe instabil, weil er die größte Planetare Masse hat.

Da Planetoiden die Sonne im gleichen Drehsinn wie die Planeten umkreisen, beträgt ihre Aufschlagsgeschwindigkeit etwa 20 km/s; Kometen bewegen sich dagegen meist rückläufig und kommen mit ca. 55 km/s aus der Oortschen Wolke und weil die Aufschlagenergie mit v^2 wächst, setzt ein Kometenaufprall gut 8mal soviel Energie frei wie ein Planetoidenimpakt. Andererseits ist deren Anzahl größer als die der Kometen. Schlägt ein 1,5 km großer Gesteinsbrocken mit 20 km/s auf der Erde auf, beträgt die Sprengkraft 220 Gigatonnen TNT - das ist 3300 mal energiereicher als die stärkste, jemals getestete H-Bombe.

Abhängig von Durchmesser, Dichte, Geschwindigkeit usw. ist der Einschlagskrater 10 bis 20 mal größer als der Impaktor; ein 1,5 km Brocken würde also einen 25 km großen Krater schlagen.

Der größte Einschlag fand jedoch vor rund 4,5 Gigajahren statt, als die Protoerde von dem marsgroßen Protoplaneten Theia getroffen wurde und die Erde wahrscheinlich kurz vor dem Auseinanderbrechen stand. Dabei wurde weit mehr als die heutige Mondmasse in den Weltraum geschleudert, von der ein Großteil den Anziehungsbereich der Erde verlassen hat; vielleicht stammen davon die Erdtrojaner ab?

Wird der Mars zur zweiten Heimat von Menschen, werden Planetoiden und Kometen eine ständige Bedrohung sein. Die Anzahl marsbahnkreuzender Kometen ist vielleicht doppelt so hoch wie bei der Erde - viel größer jedoch ist die Anzahl entsprechender Planetoiden, da die Marsbahn gerade innerhalb des Planetoidengürtels ist - was jedoch auch von Vorteil sein kann, denn der Gürtel läßt sich vom Mars aus leichter erschließen.

Dadurch ist die Anzahl potenzieller Marsbomben, aber auch der Rohstoffquellen mindestens 10mal so groß wie die der Erdbahnkreuzer. Deshalb ist es wichtig, sie zu erforschen, ihre Bahnen, ihren Aufbau; Möglichkeiten zu verwirklichen, sie ab-beziehungsweise umzulenken, um Impakte zu verhindern. Denn die Frage ist nicht "ob", sondern nur wann und wo!

Im Gegensatz zu allen bisherigen Lebewesen, die direkt oder indirekt durch Mega-und Gigaimpakte ausstarben, können wir uns dagegen

wehren, wir können dafür sorgen, daß unsere Ära nicht vorzeitig durch Impakte beendet wird.

Um einen ENA oder ENO, der sich auf Kollisionskurs befindet und mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit einschlagen wird, abzulenken oder abzufangen, muß man seine Position, Bahn, Aufbau (etwa aus seiner Rotation) kennen. D.h. daß der erdnahe bzw. geolunare Weltraum permanent überwacht werden müßte, um alle potenziell gefährlichen Objekte zu finden und zu verfolgen, weiterhin eine geeignete Raumfahrttechnologie, um sie vom Kollisionskurs abzubringen. Ein Space Shuttle kommt dafür nicht infrage, da es nicht über die LEO hinauskommt - wofür es auch gar nicht vorgesehen ist; eine Energija- oder Saturn V-Rakete wäre besser geeignet, da ihr Delta-V hoch genug ist.

Nun läßt sich ein Planetoid auch nicht einfach zertrümmern; denn bricht er durch eine Explosion auseinander, wird aus der Kanonenkugel eine Schrotsalve, die ähnlich viel Schaden anrichtet. Besser wäre es, seine Bahn mit Kernwaffen zu verändern indem sie über der Oberfläche gezündet werden, ohne ihn zu zerstören. Kernwaffen deshalb, weil sie konkurrenzlos viel spezifische Energie haben, d.h. bei ihnen wird am meisten Energie pro Masseneinheit freigesetzt wird. Um ENOs abzulenken, ist es entscheidend zu wissen, ob sie große monolithische Blöcke sind oder nur aus einer losen Ansammlung kleiner Stücke bestehen, die nur durch ihre Eigengravitation zusammengehalten werden, denn das hat wesentliche Auswirkungen auf ihre Abwehr.

Mit der frühzeitigen Zündung (je eher, desto besser) einer genügend großen A-oder H-Bombe über der Planetoidenoberfläche verdampft eine etwa 1m dicke Schicht deren Schub ihn etwas aus der Kollisionsbahn stößt

Die Fähigkeit, einen ENA umzulenken läßt sich allerdings auch mißbrauchen; so könnte sich Land A dazu entschließen, ihn auf Land B einschlagen zu lassen...

Letztlich ist es so, wollen wir eine langfristige Perspektive auf der Erde haben, müssen wir lernen, das Sonnensystem zu kontrollieren und zu beherrschen und die kosmische Bedrohung reduzieren. Um die von ENOs ausgehende Gefahr richtig einschätzen zu können, muß man ihren Aufbau und ihre ZUSammensetzung usw. detailliert untersuchen. ENAs und ENOs müssen jedoch keine Bedrohung bleiben, denn als Nebeneffekt ihrer Erforschung können sie sich als äußerst nützlich für unsere Nachfahren herausstellen, da sie als potenzielle Rohstoffquellen sind. Was die Energiemenge, also das Delta-V angeht, sind ENAs im Vergleich zum Mond leicht erreichbar, da ihre Anziehungskraft gering ist; die Fallbeschleunigung liegt in der Größenordnung von *einigen* cm/s^2 ; die Entfernung ist im Gegensatz zum Delta-V in der Raumfahrt allgemein zweitrangig. Da ein ENA fast keine Anziehungskraft hat, muß man, um ihn zu erreichen, nur auf die gleiche Geschwindigkeit abbremsen oder beschleunigen, außerdem sind einige ENAs nur einige km/s langsamer oder schneller als die Erde. Weiterhin haben Planetoiden und Kometen nicht nur die gleichen Materialien wie der

Mond, sondern sogar noch mehr, vor allem Wasser - und das macht sie als Rohstoffquellen für zukünftige Weltraumaktivitäten hochinteressant. Vielleicht ist die Rückkehr zum Mond ein Fehler und man sollte besser zu den ENAs aufbrechen ?

Denn ENAs mit geringer Bahnneigung und Exzentrizität sind leichter als der Mond zu erreichen.

Übrigens müssen Planetoiden nicht trocken sein, vielmehr scheint es einen fließenden Übergang zu geben, manche Planetoiden können sogar als entgaste Kometen aufgefaßt werden.

ENOs könnten in der ZUKunft nicht nur als Risiken angesehen werden, sondern auch als Rohstoffquellen und Siedlungsräume.

Kometen

Die Schätze, die Isolation und die Perspektiven, die die Umgebung des leeren Weltraums die Oberfläche großer Himmelskörper und die gesamten Volumina kleiner Welten in Aussicht stellen, könnten das Beste in uns hervorbringen; der Reiz speziell der Kometen besteht unter anderem in ihrer Vielzahl. Wenn sie eine Gefahr für die Erde darstellen, könnten wir sie zerstören oder ihre Bahnen verändern - auch zu anderen Zwecken. Weiterhin könnten wir ihre Bodenschätze ausbeuten und sie und allgemein das Sonnensystem besiedeln, um unser Überleben dauerhaft zu sichern. Wenn wir sie mit Raketentriebwerken und

gravitationsunterstützten Manövern in den geolunaren Raum oder ins Marssystem bringen, würde dort mit dem Abbau begonnen und große Frachtraumschiffe brächten Metalle und andere Rohstoffe z.B. zur Erde; für die Industrialisierung des Weltraums wird es sehr zweckmäßig sein, Planetoiden und Kometen als Rohmaterial zu verwenden. Mit der Fähigkeit, auf kleinen Welten zu leben und sie im Sonnensystem herum zuschieben, eröffnen sich fantastische Möglichkeiten:

In der Oortschen Wolke gibt es schätzungsweise 100 Billionen Kometen, deren Gesamtoberfläche mehreren 10^8 Erden entspricht. Mit zukünftigen Antrieben wird die Flugzeit zur Oortschen Wolke weniger als ein Menschenleben betragen. Kometen bieten hinsichtlich der Besiedlung die meisten Möglichkeiten; da sie Wasser, organische Moleküle, Mineralien und Metalle haben, sind sie viel geeignetere Basen und Lebensräume als z.B. die größtenteils aus Fels und Metall bestehenden Planetoiden.

Als das Sonnensystem entstand, waren sie in ihrem Zentrum erwärmt; und je größer ein Komet ist, desto länger dauert es, bis diese an die Oberfläche abgeleitet ist und er auskühlt. So könnte ein 200 km großer Komet 1 Gigajahr lang flüssig bleiben und in seinem Inneren einen Ozean enthalten. Er könnte die ganze Erde 10m hoch mit Wasser bedecken. Vielleicht finden wir irgendwann in der Zukunft einen solchen Kometen und stoßen auf einen noch flüssigen See oder auf noch fantastischeres...?

Während das innere Sonnensystem wasserarm und von Sonnenlicht

überflutet ist, ist das äußere zwar kalt, aber reich an Wasser-Eis. Mit Raumfahrt und anderen Technologien läßt sich dieser "Fehler" beheben, Kometen und Eisbrocken aus den Saturnringen könnten ins innere Sonnensystem befördert werden; das Eis ließe sich dann direkt an der Oberfläche abbauen. Auf verloschenen Kometen müßte man den eisigen Kern unter den Ablagerungen anbohren. Aus dem Kometen-Wasser ließe sich durch Aufspalten z.B. Raketentreibstoff herstellen, mit dem Sauerstoff könnte man Siedler auf Weltraumhabitaten und auf erdartigen Planeten versorgen. Kometen haben soviel Wasser, daß damit Gebiete auf verdorrten Welten bewässert werden könnten; somit würde die Umsiedlung von Leben in öde Regionen möglich. Ihre organischen Substanzen könnten als Wachstumsgrundlagen für Lebewesen genutzt werden und - als Pulver - um das höllische Venusklima zu mäßigen.

Vielleicht sind erdnahe Kometen entscheidende Faktoren bei der Nutzbarmachung des Weltalls durch unsere transund posthumanen Nachfahren während der nächsten 1 oder 2 Jahrhunderte. Nahe der Sonne bis hin zur Saturnbahn könnte es große Solarzellenansammlungen auf und um Kometen geben; Kometenbasen in noch größerer Sonnenentfernung würden ihre Energie aus Kernreaktoren beziehen. Mit Wasser betriebene Fusionsreaktoren wären die ideale Energiequelle für Kometenbasen, da es auf ihnen gewöhnliches Wasser-Eis - Protonen - in großen Mengen und auch noch gefrorenes Deuterium gibt.

Mit genetischen Manipulationen könnten wir zukünftig fähig sein,

wirklich große Bäume zu entwerfen, die auf weit von der Sonne entfernten Kometen wachsen. Diese Wälder könnten viel größer als der Komet sein. Mit Hitzeisolation und Maßnahmen gegen den Gasverlust wären sie siedlungsfähig: In den organischen Schnee gepflanzt, würden sie wegen der geringen Schwerkraft in riesige Höhen wachsen; ihr Wachstum wäre also deshalb nicht durch ihr Gewicht eingeschränkt und ihre Blätter würden das spärliche Sonnenlicht auffangen.

Der bei der Fotosynthese entstehende Sauerstoff wird zu den Wurzeln hinuntergeleitet, und dorthin freigesetzt, wo Menschen zwischen den Baumstämmen leben...in den Tiefen des Planetensystems gibt es Abermillionen Kometen mit viel Wasser, C und N, den Grundbausteinen lebender, carbaquistischer Zellen. Mithilfe der Biologie, also Gentechnik oder der Nanotechnologie lassen sich Wärme und Luft auf ihnen erzeugen; unsere Nachfahren werden lernen, wie man Bäume auf Kometen anpflanzt, die 10 mal bis 100 mal höher als diese wachsen und die Sonnenenergie auf einer Fläche sammeln, die 1000fach größer als die Kometenoberfläche ist. Sie könnten dann wie Kartoffeln aussehen, aus denen Stämme und Blätter sprießen. Kometenbewohner würden dann zu den Lebensformen ihrer Vorfahren "zurück"kehren, die auf Bäumen lebten. Doch sie werden nicht nur Bäume auf die Kometen bringen, sondern auch eine komplexe Flora und Fauna und sich damit fantastische, überirdische Lebensräume und Ökosphären schaffen (wie in "Avatar"). Vielleicht werden die Pflanzen Samen hervorbringen, die über den interstellaren Ozean segeln und

Leben auf Kometen übertragen, die unsere Nachfahren noch nicht besucht haben...

In ferner Zukunft könnte es gut möglich sein, daß Millionen von Kometen im Kuipergürtel und in der Oortschen Wolke von je einigen hundert Menschen oder ähnlichem bewohnt sind; in der Oortschen Wolke brauchen Nachrichten einen oder mehrere Lichttage, um von einem kolonisierten Kometen zum anderen zu gelangen. Durch eine derartige Isolation werden nicht nur der Artenreichtum und die kulturelle Vielfalt gefördert, sondern bleibt auch eine gewisse kulturelle Homogenität bei diesen isolierten Welten erhalten; andererseits würde es aufgrund wohl eher seltener Besuche zu nur langsamen Abweichungen von kulturellen und sozialen Verhaltensnormen kommen und eine enorme Vielfalt von sozialen, politischen, wirtschaftlichen religiösen und anderen Ansichten erlauben. Vielleicht kommt uns ein solch langsames Entwicklungstempo auch nur zugute ? (Obwohl die exponentielle Entwicklung der Technologien hin zur technologischen Singularität andere, gegenteilige Schlußfolgerungen wahrscheinlicher macht.)

Wenn sich die Raumfahrt weiterentwickelt, werden wir über kurz oder lang dorthin gehen, wo die Sauerstoffregionen aus Wasser-Eis und organischen Substanzen bestehen, eben zu den Kometen und wenn wir sie draußen in der Oortschen Wolke irgendwann besiedelt haben werden, werden wir durch viele kleine Schritte schon halb beim nächsten Stern sein und falls die meisten Sterne eine Art Oortsche

Wolke wie die Sonne haben, gibt es ein natürliches Vorwärtsschreiten zum Rest der Galaxis, deren Kolonisation ganz von selbst geschehen wird, wenn die Oortsche Wolke erst mal besiedelt ist; ferne Kometen in der äußeren Oortschen Wolke sind so locker an die Sonnenschwerkraft gebunden, daß gelegentliche Gravitationsstörungen durch nahe Sternenvorbeigänge usw. eine Vielzahl von ihnen freisetzen. Selbst wenn die Sonne kein Doppelstern ist (Nemisis), würden sich bewohnte Kometen von der Sonnenanziehung befreien und Menschen in die nähere galaktische Umgebung bringen; eigentlich sickern OW-Kometen nur langsam in den interstellaren Raum, doch durch menschliche oder transhumane Technologie kann dieser Vorgang zukünftig beschleunigt werden. Und falls die meisten Sterne von Kometen umgeben sind, gäbe es in der ganzen Galaxis keinen Fleck, der weiter von einem Kometen entfernt ist als die Planeten von der Erde. Sollte der Raum zwischen benachbarten Sternen mit 100 Billionen Kometen gefüllt sein, könnte das auch der Grund dafür sein, weshalb wir im Sonnensystem noch keine Spuren fremder Besucher gefunden haben - weil jede fortgeschrittene Zivilisation nur langsam expandiert und die Galaxis viel zu interessant ist und sie uns noch nicht entdeckt haben.

TypII oder III-Postscheitelpunkt-Superzivilisationen könnten dagegen fähig sein, die Galaxis ohne Zwischenstopps zu durchqueren, doch bieten Kometen zurückgebliebenen Kulturen wie uns die Möglichkeit, einen Bummelzug zu benutzen, auf dem wir ein paar Jahre unterwegs sind, dann und wann auf einem von ihnen anhalten und auf Erkundung

gehen und dann zum nächsten Kometenbahnhof weiterfahren.

Auch wenn wir sie nicht besiedeln, wäre es sinnvoll, auf ihnen aufzutanken und etwas auszuruhen, dann wären sie noch immer die Trittsteine zu den Sternen.

Vielleicht werden die Kometen selbst auch in Raumschiffe verwandelt, die dann zu anderen Sternen fliegen. Sie werden evtl. erst nach vielen tausend Generationen eine andere Sonne erreichen und dann wird der schlafende Kometenwald in lang vergessenem Sonnenlicht erwachen.

Wenn auch andere technische Zivilisationen diesen Weg wählen, könnten sich irgendwann expandierende bewohnte Kometenwolken irgendwo im interstellaren Raum begegnen und evtl. werden wir bei der Erforschung der Oortschen Wolke einen Irrkörper mit fremder Technologie finden...doch unterwegs gibt es viele Kometen und andere Himmelskörper, die uns ablenken könnten; einige von ihnen könnten Plutinos sein, richtige Welten mit Hunderten oder Tausenden km Durchmesser.

Vielleicht ist es besser, weil einfacher, von Komet zu Komet zu hüpfen, als mit Gewalt von Exoplanet zu Exoplanet ?

Jupiter, Saturn und die anderen Gasplanetensysteme

Spätestens wenn die Sonne in ca. 1 Gigajahr zum Roten Riesen und noch später zu einem Weißen Zwerg usw. transformiert ist, bestünde eine Rettungsmöglichkeit darin, auf den Monden der äußeren Planeten lebensfreundliche Umwelten durch Terraforming zu erschaffen.

Auf Jupiter und Saturn ließe sich eine menschliche Präsenz in ferner Zukunft in großen Ballonstädten vorstellen, die ständig in deren Atmosphäre schweben.

Das Terraforming ihrer Satelliten hängt von den Monden ab; Titan läßt sich vermutlich am leichtesten für menschliche Bedürfnisse umgestalten, da er bereits eine Stickstoffatmosphäre besitzt, deren Druck dem der irdischen ähnelt. Außerdem sind mit einiger Wahrscheinlichkeit wichtige Treibhausgase wie NH_3 und Wasser in fester Form auf seiner Oberfläche vorhanden.

Titan gehört als größter Saturnmond zu den Hauptkandidaten für eine spätere Bewohnbarmachung. Der Schlüssel zu Titans Terraforming könnte die Bildung von Treibhausgasen sein, die bei den gegenwärtigen Temperaturen auf dem größten Saturnmond nicht gefrieren und/oder die direkte Erwärmung seiner Oberfläche durch Kernfusion. Wenn die Sonne zum Roten Riesen geworden ist, wird Titan dadurch auftauen. Dann könnte eine Besiedlung leichter werden. Falls unsere Nachfahren Titan weit vorher besiedeln wollen, könnten sie dazu künstliche Sonnen erschaffen; Saturn hat Wasserstoff in Unmengen, daher wird nur noch

der Antiwasserstoff benötigt. Die Antimaterie würde sich auch hier in einem Lagrangepunkt zwischen Saturn und Titan befinden. Frachtschiffe würden Wasserstoff vom Saturn absaugen, verfestigen und mit EMKs in die Antimaterie schießen.

Jupiter, Saturn usw. ließen sich allgemein als Rohstoffquellen, aber auch als Material für Dysonsphäre nutzen. Man könnte ihre Atmosphären zu Eisen fusionieren, beim Jupiter z.B. würde man dazu aus einem seiner Monde eine Schutzsphäre für die Erde machen, da bei diesem Vorgang viel Energie frei wird. Parallel dazu würde man die Superplaneten durch Rotation zerlegen, sie ließen sich durch die Verwendung von Antimaterie aber auch als Kunstsonnen verwenden; allgemein ließen sich die Systeme als neue Siedlungswelten verwenden, wenn Sonne zum Roten Riesen wird.

Kolonien um Schwarze Löcher

Die Bildung protonengroßer Schwarzer Löcher erfordert einen Druck, der höher ist als in Supernovae; sie können nur während der ersten Centisekunde nach dem Urknall entstanden sein, vielleicht aber auch noch in Hypernovae. Quantengroße Schwarze Löcher mit weniger als 1 Gigatonne wären mittlerweile zerstrahlt, Schwarze Löcher von einigen Kilotonnen verdampfen innerhalb von 1 Sekunde mit einer Energie von vielen 10^{12} t TNT Äquivalenz. Am anderen Ende stehen riesige Schwarze Löcher mit sehr geringer Dichte; sogar unser Universum könnte ein Schwarzes Loch sein, das Sterne, Planeten und Leben enthält.

Praktisch lassen sie sich als Energiequellen und-Speicher verwenden, an ihrem Ende nach 10^{60} bis 10^{70} Jahren setzen sie je nach Sternenmasse riesige Energien frei.

Fällt Materie in ein Schwarzes Loch, bildet sich eine Akkretionsscheibe, durch deren innere Reibung sogar Röntgenstrahlung entsteht. Denkbar, daß eine Superzivilisation Energie aus dieser Scheibe entnimmt. Derartige Typ III-Zivilisationen könnten auch die Rotationsenergie von Schwarzen Löchern nutzen; gewaltige Energien werden auch bei deren Fusion freigesetzt.

Wenn ein Schwarzes Loch verdampft und sein Ereignishorizont dadurch verschwindet, könnte die nackte Singularität weiterexistieren. In und nahe der nackten Singularität sind die (uns bekannten)

physikalischen Gesetze ungültig; dort könnte alles geschehen.

Eine Superzivilisation²⁹ könnte einem Schwarzen Loch Rotationsenergie und elektrische Energie entziehen. Die Energie zur trägen Masse ist irreduzibel, da sie direkt mit dessen Oberfläche, d.h. mit dessen Entropie zusammenhängt, die nach dem 2. Gesetz über die Dynamik der Schwarzen Löcher bei keinem Prozeß abnehmen kann³⁰. Die Rotationsenergie macht über ein Drittel seiner Gesamtmasse aus; in ihr steckt potenziell eine dermaßen hohe Energiemenge, zu der eine Supernova vergleichsweise nur ein Knallfrosch ist. Bei ihrer Gewinnung ist die Ergosphäre entscheidend; also der Bereich zwischen der statischen Grenze und dem Ereignishorizont. Die Ergosphäre eines rotierenden Schwarzen Lochs ließe sich ausnutzen, um die Energieprobleme einer fortgeschrittenen Zivilisation zu lösen. Sie müßte ein riesiges starres Gerüst bauen, welches das Schwarze Loch in großer Entfernung umgibt, damit die Gezeitenkräfte nicht zu stark werden. Auf diesem Gerüst würde sie weiterhin eine Industriestadt

²⁹ Postscheitelpunktzivilisationen wie z.B. trans-u. posthumane Exes, die Borg, das Q-Kontinuum, die Technomagier, die Vorlonen usw.

³⁰ Es sei denn man verwendet imaginäre beziehungsweise negative Masse.

errichten, deren (recycleunfähiger) Müll³¹ Mega-oder Giga-oder Petatonnenweise oder Planetoiden, Sterne oder ähnliches auf Kippwagen zu vielen Schächten gebracht werden. Dort werden die Wagen auf Spiralbahnen zum Schwarzen Loch geworfen; treten sie in die Ergosphäre ein, und erreichen einen bestimmten Abwurfpunkt, entleert ein Mechanismus ihren Inhalt auf einer der Rotationsrichtung entgegengerichteten Bahn. Das Schwarze Loch fängt den Abfall ein; dadurch verringert sich dessen Rotationsenergie und die leeren Wagen verlassen die Ergosphäre dagegen mit erhöhter Energie. Die Wagen werden von Rotoren eingefangen, an die sie ihre riesige kinetische Energie abgeben. Da die Rotoren mit Stromgeneratoren verbunden sind, versorgen sie die Stadt mit Elektrizität - weit mehr als die Sonne in einem Jahr freisetzt. Der Energiegewinn jedes zurückkehrenden Wagens ist gleich der Massenenergie der Abfälle plus einem kleinen Teil der Energie des Schwarzen Lochs. Die Bewohner wandeln nicht nur die ganze Masse ihrer Abfälle in elektrische Energie um, sondern gewinnen gleichzeitig auch noch einen Teil der Schwarz-Loch-Energie. Welch ein ökologischer Triumph ! Statt mit Müllwagen ließe sich das auch mit Raumschiffen machen: sie werden von der Rotationsenergie des Schwarzen Lochs und zusätzlich von einer elektromagnetischen Massenschleuder beschleunigt. Beide Antriebsarten bringen das

³¹ obwohl mit Nanotechnologie alles Materielle wiederverwertbar wäre

Raumschiff auf einen hohen Einstein-Faktor, d.h. auf sehr hohe relativistische Geschwindigkeiten.

Eine Superzivilisation könnte ein rotierendes oder elektrisch geladenes Schwarzes Loch, also vom Kerr-Newman-Typ auch als Laser nutzen, faßt man es als angeregten Zustand eines statischen beziehungsweise neutralen Schwarzen Lochs auf. Wenn sie es mit Photonen oder Gravitonen bestrahlt, deren Frequenzen und Phasen entsprechend angepaßt sind, werden die reflektierten Wellen verstärkt. Das Schwarze Loch überläßt seine Energie teilweise den es durchdringenden Wellen; mit dieser "Superstrahlung" läßt sich dem Schwarzen Loch prinzipiell Rotationsenergie oder elektrische Energie entziehen. Eine Superzivilisation hätte noch eine - indirekte - Möglichkeit, einem Schwarzen Loch Energie zu "entziehen", indem es sich in dessen Akkretionsmechanismus "einklinkt". In einem Doppel- oder Mehrfachsystem, das aus einem Schwarzen Loch und einem Stern besteht und die stellare Materie aufs Schwarze Loch strömt, könnte sie eine Art MHD- oder MPD-Kraftwerk in die ultraheiße, im harten UV oder Röntgenlicht leuchtende Akkretionsscheibe um das Loch bringen, das die Hitze zerrissener Sterne nutzt. Kommt ein Stern einem Schwarzen Loch zu nahe, wird er von dessen Gezeitenkräften nicht einfach nur zerrissen, sondern unter Umständen erhöht sich seine Temperatur um das Hundertfache und seine Dichte um das Tausendfache - damit wird das Schwarze Loch zum Fusionskatalysator und der Stern durchläuft kurzfristig Supernova-ähnliche Phasen. In

diesem Inferno läßt sich nicht nur die Hitze nutzen; sondern auch die fusionierten, schweren Elemente.

Auch aktive galaktische Kerne, wie z.B. Quasare könnten ihnen auf ähnliche Weise Energie liefern, allerdings würden sie in diesem Fall die Plasma-"Jets" anzapfen...

Vielleicht wandeln sie Gravitationswellen aus Supernova-Explosionen oder aus Systemen mit kompakten Sternen mit entsprechenden Antennen in andere Energieformen etwa in Strom um oder den Gravitationsblitz, der bei der Entstehung eines Schwarzen Lochs frei wird und dessen Energie mit dessen Ruhemasse vergleichbar ist. Eine Supernova strahlt in den letzten Sekunden mehr Gravitationsenergie ab, als alle elektromagnetische Energie zusammengenommen, die der Vorläuferstern in den vielen Mega- und Gigajahren seines thermonuklearen Lebens abgegeben hat. Verschmelzen 2 Schwarze Löcher von je 10 Sonnenmassen, ist die gravitative Leuchtkraft 10^8 mal größer, als die elektromagnetische Leuchtkraft des hellsten Quasars !

Vielleicht erkennen unsere fernen Nachfahren, das unser Universum ein - sehr großes - Schwarzes Loch ist ? Mittels Gravitationswellenastronomie werden sie sämtliche Informationen über die Quelle erhalten, da Gravitationswellen von Materie nicht wie Photonen absorbiert werden. Außerdem strahlen die ergiebigsten Quellen im "Gravitationslicht" weit heller als im elektromagnetischen: binäre Pulsarsysteme, Supernovae-Kerne und Schwarze Löcher; über Gravitationswellen erhält man Zugang zu noch unbekanntem

Eigenschaften kompakter Sterne und ultradichter Materie³², sowie zum primordiales Universum und dem "Big Bang"...

Vielleicht würden sie den Drehimpuls überkritisch werden lassen, so daß der Ereignishorizont "zerplatzt" und die nackte Singularität - falls es sie gibt - freigelegt wird. Warum ? Was weiß ich ? Ist die Rotationsgeschwindigkeit des Horizonts gleich der Vakuum-Lichtgeschwindigkeit wird diese "maximal" und die Gravitation am Ereignishorizont geht gegen Null. Die Rotation eines Kerrschen Schwarzen Lochs reißt die Raumzeit mit - das ist der sogenannte "Lense-Thirring-Effekt", der theoretisch erst im Unendlichen aufhört.

Auch für die elektrische Ladung eines Schwarzen Lochs gibt es einen kritischen Wert, jenseits dessen der Ereignishorizont durch die riesigen abstoßenden elektrostatischen Kräfte zerstört wird³³. Diese Maximumladung wächst mit seiner Masse; für ein Schwarzes Loch von 10 Sonnenmassen ist es das

10⁴⁰ fache der Elektronenladung. Geladene Schwarze Löcher sind global positiv oder negativ geladen. Bei der maximal möglich Ladung verbinden sich innerer und äußerer Ereignishorizont und verschwinden unter enormer Energiefreisetzung und die Gravitationssingularität wird sichtbar.

³² „Vorkörper“ ?

³³ Wir können nur spekulieren, welchen Sinn es für Exe machen könnte, einen Ereignishorizont zu vernichten.

Sie könnte sich auch den Umstand zu nutze machen, das Schwarze Löcher verdampfen, da ihre Temperatur von ihrer Oberflächengravitation abhängt. Vielleicht nutzen Superzivilisationen schwarze Minilöcher mit der Masse von Bergen und der Größe von subatomaren Teilchen als Energiequellen; sie könnten entstanden sein, als der Druck und die Energie der kosmischen Ursuppe derart groß war, daß kleinere Materieklumpen zu unterschiedlich großen und schweren Schwarzen Löchern komprimiert wurden. Sind Schwarze Löcher heißer als ihre Umgebung, strahlen sie, d.h. sie verlieren Energie und damit Entropie... Tunneleffekt und äquivalent dazu die Vakuumpolarisation lassen Schwarze Löcher verdampfen. Da durch die Oberflächengravitation eine globale Temperatur gegeben ist, und sie umgekehrt proportional zur Masse ist, sind schwarze Minilöcher sehr heiß: ein Schwarzes Loch von Asteroidenmasse ist weißglühend - also 6000 K; es strahlt im VIS-Bereich. Ein protonengroßes Schwarzes Loch von 10^{15} Gramm hat eine Temperatur von 10^{12} Kelvin; seine Strahlung ist ein Mix aus Gammaphotonen und massiven Teilchen, möglicherweise Antimaterie, Dunkle Materie, SUSY-Teilchen, Axionen, magnetische Monopole uvam., verlockende Aussichten also für eine Typ II oder III-Zivilisation; seine Verdampfung ist eine negative Rückkopplung: je kleiner es ist, desto heißer ist es und umso schneller verliert es seine Masse, wodurch es wieder kleiner beziehungsweise leichter wird, heißer wird, Masse verliert...in den letzten Momenten verdampft es explosionsartig; während der letzten 0,1 s wird eine

Energie frei, die einer Million H-Bomben von je 1 Megatonne entspricht. Im letzten Moment wird es also zu einem Weißen Loch.

Das Verdampfen eines schwarzen Minilochs könnte auch ein Experiment einer Superzivilisation sein, um herauszufinden, ob beim Verschwinden des Ereignishorizonts die Singularität frei wird, ob die Verschluckten Informationen wieder kommen oder ob sie verloren sind; ein Experiment, um die Quantengravitation zu testen.

Bemerkenswerter Weise haben Schwarze Löcher eine negative spezifische Wärme, d.h. ihre Temperatur nimmt zu, wenn sie Energie verlieren. Dadurch sind sie grundsätzlich instabil, wie alle Autogravitationsysteme, deren Gleichgewicht nur von der Schwerkraft abhängt³⁴.

Wenn eine zukünftige Zivilisation mehr Energie verbrauchen sollte, als ihre „Erde“ oder „Sonne“ liefern können, müßte sie sich neue außerirdische, extraplanetare Energiequellen suchen; befahrbare Wurmlöcher könnten einen Ausweg liefern und entweder zu

³⁴ Am Rande noch etwas Interessantes hinsichtlich der relativistischen Raumfahrt: Da Beschleunigung äquivalent zur Gravitation ist, polarisiert Beschleunigung das Vakuum. Das resultierende "Quantenrauschen" liegt als Schwarzkörperstrahlung vor, deren Temperatur proportional zur Beschleunigung ist. Nicht genug also mit der Blauverschiebung, der Aberration, der Dilatation beziehungsweise Kontraktion und den daraus resultierenden Navigationsproblemen...

Fluchtrouten für kosmische Emigranten werden oder es ließen sich mit ihnen energiereiche kosmische Regionen erschließen oder sie könnten als Transportschächte dienen, um Energie und Materie aus den Tiefen des Kosmos zur Erde zu bringen. Um zusätzliche Energiequellen zu erschließen, die zur Besiedlung des Weltraums oder einfach nur zum Überleben erforderlich wären, würden sich unsere Nachfahren wohl an die verborgene Energie halten, die in die kosmische Textur "eingefroren" ist. Sichtbare baryonische Sterne sind nicht die einzigen kosmischen Energiequellen; Schwarze Löcher und andere kosmische Objekte könnten weitere sein.

Energie aus einem Schwarzen Loch läßt sich durch Hawkingstrahlung und Rotationsenergie gewinnen. Durch Verlangsamung der Rotation läßt sich läßt sich gewaltige Energie freisetzen: ein Raumschiff nähert sich im freien Fall dem Ereignishorizont eines Schwarzen Lochs vom Kerr-Typ und umkreist es in dessen Rotationsrichtung. Hat es sich auf eine genügend enge Kreisbahn hinunterspiralt, werden die Triebwerke gezündet und der verbrauchte Treibstoff gelangt in den Ereignishorizont. Da jede Wirkung eine gleichgroße Gegenwirkung erzeugt, katapultiert der Raketenstrahl das Schiff auf eine neue Kreisbahn, auf der die Schwarz-Loch-Rotationsenergie das Raumschiff mit hoher Geschwindigkeit nach außen schleudert. Also wird ein Teil der Schwarz-Loch-Rotationsenergie auf das Raumschiff transferiert, während sich dessen Bewegung um ein Bruchteil verringert. Mit dieser Methode ließe sich letztlich dessen gesamte Bewegungsenergie nutzen.

Geht man noch einen Schritt weiter, könnte eine Superzivilisation etwa vom Typ III ein rotierendes Schwarzes Loch mit einem Wurmloch koppeln und das Ganze als Hochleistungsanlage zur Beschleunigung von Raumschiffen verwenden: eine Öffnung des Wurmlochs befindet sich nahe des Ereignishorizontes, während sich die 2. in einigen 100 km Entfernung befindet. Befindet sich ein Raumschiff nahe am Ereignishorizont, und zündet im Moment X, schleudert es das Raumschiff ins All in die 2. Wurmloch-Öffnung, Dadurch kommt das Raumschiff wieder aus der 1. Öffnung und gelangt wieder in die Nähe des Ereignishorizonts, zündet die Triebwerke, wird vom Schwarzen Loch in die 2. Öffnung geschleudert usw. Nach jedem Kreislauf übernimmt das Raumschiff immer mehr Geschwindigkeit vom Schwarzen Loch; hat es seine Endgeschwindigkeit erreicht, steuert es vom Wurmloch weg und seinem Ziel entgegen, wobei dessen maximale Geschwindigkeit die des Lichts nicht überschreiten kann, was nur mit einem Wurmloch oder dem Warpantrieb möglich wäre. Das Schwarze Loch könnte unter Umständen einige Megajahre als Beschleunigungsvorrichtung dienen.

Viel größer jedoch ist die innere Gravitationsenergie des Kollapsars, anders formuliert, haben Schwarze Löcher ein ultrastarkes gravitationelles Potenzialgefälle. Sie ließe sich nutzen, wenn man sie fusioniert, wodurch ein Schwarzes Loch mit größerer Masse und Oberfläche entsteht, als eines der ursprünglichen Schwarzen Löcher hat. Andererseits ist die Masse des neuen Schwarzen Lochs *etwas kleiner*

als die der Ausgangskörper. Und diese Massendifferenz läßt sich in nutzbare Energie umwandeln. Ihre Menge hängt von der Beschaffenheit der Schwarzen Löcher ab; wenn sie nicht geladen sind oder nicht rotieren, läßt sich fast $1/3$ der Masse der beiden Objekte in Energie umwandeln. Werden dagegen 4 elektrische neutrale, nichtrotierende Schwarze Löcher fusioniert, läßt sich dieser Ertrag auf 50 % erhöhen. D.h. umso mehr Schwarze Löcher verschmolzen werden, desto größer ist die Massendifferenz, desto mehr Masse läßt sich in Energie umwandeln. Noch besser ist die Sache bei geladenen und/oder rotierenden Schwarzen Löchern: 2 entgegengesetzt geladene oder rotierende Schwarze Löcher setzen bei ihrer Verschmelzung zu einem neutralen Körper etwa *die Hälfte* ihrer Gesamtmasse in Energie um; der Energiebetrag steigt noch beträchtlich, erhöht man ihre Anzahl: fusioniert man z.B. 8 rotierende Schwarze Löcher, läßt sich gut 90 % ihrer Masse in Gravitationsstrahlung umwandeln. Durch Stellarforming wäre es möglich, Schwarze Löcher künstlich herzustellen. Vielleicht wäre ihre Synthese auch in sehr großen Teilchenbeschleunigern möglich? Oder man lenkt relativistische Raketen auf Monde, Planeten oder in Sterne...Als letzte Möglichkeit verändere man ein oder zwei Naturkonstanten...Andererseits scheint es in galaktischen Kernen und in den Zentren von Kugelsternhaufen eine Vielzahl von ihnen zu geben. Um Schwarze Löcher von A nach B zu bringen, würde man starke elektromagnetische Felder verwenden - falls sie elektrisch geladen sind; ansonsten lassen sie sich vielleicht auch aufladen. Um elektrisch

neutrale Schwarze Löcher zu bewegen, braucht es Massen von stellaren Dimensionen. Vielleicht ließe sich irgendwie ein Stern steuern, der seinerseits ein Schwarzes Loch im Schlepp hat...

Um die bei ihrer Verschmelzung frei werdende Gravitationsstrahlung einzufangen, könnten riesige Gravitationswellenantennen oder Graviton-Kollektoren aus energiespeicherndem Material kugelförmig knapp außerhalb Kollisionszone angebracht werden. Haben sich diese Akkus aufgeladen, könnte man sie über Wurm Löcher abtransportieren oder direkt die Energie über Wurm Löcher fortschaffen; die Wurmloch-Eingänge wären nahe des Kollisionsgebiets und die Ausgänge befänden sich in der Nähe eines bevölkerten Bereichs des Weltalls.

Energie aus Schwarzen Löchern läßt sich noch leichter gewinnen, wenn man sie als direkte Materie-Energie-Wandler benutzen würde: stürzt Materie auf den Ereignishorizont, strahlt es einen Teil seiner Masse ab. Bewegt sie sich dabei langsam genug, kann dieser Massedefekt bis zu 40 % betragen, der direkt in Energie umwandelbar ist. Das sind zwar nicht die 100 % wie bei einer Paarvernichtung, aber sehr viel mehr als bei der Kernfusion mit 0,7 % Massedefekt. Ein Wurmloch würde Materie, z.B. Abfall, zu einem Schwarzen Loch hin und die Energie wieder zur Erde zurück befördern. Quasare funktionieren übrigens auch nach dem Prinzip der Materie-Akkretion. Bei der Materieabsorption wird gewaltige Strahlung (vor allem Synchrotronstrahlung, aber auch thermische Strahlung) frei, außerdem herrscht durch die Reibung in der Akkretionsscheibe eine gewaltige Hitze.

Gravitationssuperstrahlung ist eine weitere Möglichkeit, einem rotierenden Schwarzen Loch Energie zu entziehen: Photonen oder Gravitonen werden in ein Schwarzes Loch "hineingeworfen" und deren gestreute Wellen werden aufgefangen; richtig angestellt, ist die Intensität, d.h. die Energie der austretenden Strahlung größer als die der eintretenden Wellen. Das Schwarze Loch wird zum kosmischen Verstärker. Nur rotierende Schwarze Löcher können diesen Verstärkereffekt erzeugen, da die Zusatzenergie aus dessen Rotationsenergie stammt. Für elektromagnetische Wellen beträgt dieser Verstärkungsfaktor eigentlich nur 4,4 % - für Gravitationswellen jedoch 138 % ! Ist das Schwarze Loch aber von einem sphärischen Spiegel umgeben, läßt sich auch mit Photonen enorme Energie erzeugen: elektromagnetische Wellen werden in das Schwarze Loch gestrahlt, durch den Superstrahlungseffekt verstärkt und auf den Spiegel gestreut, der die Wellen zum Schwarzen Loch reflektiert, wo sie abermals verstärkt werden. Wenn sich dieser Prozeß zwischen Schwarzem Loch und Spiegel mehrfach wiederholt hat, ist die Wellenintensität aufgrund der Blauverschiebung gewaltig gestiegen. Schließlich wird der Strahlungsdruck kritisch und entlädt sich in einer gigantischen Explosion³⁵ - eine Art "Gravitationsbombe", die erst recht sehr viel stärker als jede Kernwaffe und wohl auch als jede Supernova, vielleicht

³⁵ Sind das mögliche Ursachen von GRBs, von Gammastrahlen-Ausbrüchen ?

sogar als jede Hypernova ist.

Als Nebeneffekt läßt sich mit Gravitationssuperstrahlung das Verdampfen der Schwarzen Löcher enorm beschleunigen: ein Schwarzes Loch mit 1 Sonnenmasse würde erst nach 10^{66} Jahren verdampfen...

Durch Ballistik, Fusion, Akkretion und Superstrahlung läßt sich ein Großteil der Schwarz-Loch-Energie nutzen - in ganz und gar unastronomischen Zeiträumen. Mit Superstrahlung und Gravitationsbomben möglicherweise sogar augenblicklich...

Wurmlöcher könnten es im Gegensatz zu Kerrtunneln, Einstein-Rosen-Brücken und ähnlichem einer Superzivilisation möglich machen, sicher in Schwarze Löcher rein und wieder rauszukommen.

Wechselwirkung zwischen Wurmlöchern und Schwarzen Löchern :

Würde eine Superzivilisation eine Wurmloch-Öffnung sehr nahe, also hyperdicht am Ereignishorizont eines Schwarzen Lochs fixieren und die andere Wurmloch-Öffnung in großer Entfernung positionieren, hätte sie eine sehr wirkungsvolle Konfiguration, um Energie aus Schwarzen Löchern zu gewinnen; genauer, um die Hawking-Strahlungswolke zu nutzen, die eine sehr ergiebige Quelle für energiereiches Material wäre. Dadurch würde die 2. Öffnung zu einer sprudelnden Energiequelle - gewissermaßen zu einem "Weißen Loch"! Würde nun das Schwarze Loch die nahe Wurmloch-Öffnung aus irgendeinem Grund schlucken,

würde diese bis in die Singularität (solange es keine Quantengravitation gibt, geht man davon aus, daß es sie gibt) fallen. Schwarzes Loch und Wurmloch würden zu einem eigenartigen Zwitterwesen beider Extreme. Mit einer Wurmloch- Öffnung in einem Schwarzen Loch ließe sich dessen Inneres durch multireale Robonauten, sogenannte "Avatare" (VR-Telepräsenz) erkunden. Sie könnten durch den Ereignishorizont ins Schwarze Loch eindringen und durch das Wurmloch entkommen. Durch Wurmloch- Öffnungen werden Schwarze Löcher "unschwarz"; es ließe sich sogar Materie aus dem Schwarz Loch-Inneren nach außen befördern, wodurch sich noch eine weitere Methode zur Energiegewinnung aus ihnen ergibt: mit einem Wurmloch innerhalb des Ereignishorizontes ließe sich Singularitätsenergie entziehen - in die Wurmloch- Öffnung hinein, durch den Tunnel hindurch und zur anderen Öffnung hinaus, die sich überall im Universum platzieren ließe. Damit entstünde eine Energie-Pipeline überall dort, wo Schwarz Loch-Energie gebraucht wird, z.B. in Erdnähe, womit sich eine dermaßen gigantische Energiequelle erschließen würde, gegen die die Sonne nur ein Streichholz wäre.

Mit Wurmlöchern rücken unbeschränkte Freizügigkeit, unbegrenzte Macht über die Natur und Kontrolle über das "Schicksal" in Reichweite der Wirklichkeit.

Wurmlöcher könnten zukünftig Adern einer neuen transhumanen, transgalaktischen Zivilisation werden; Schwarze Löcher das lebensspendende Blut. Schwarze Löcher stellen einen enorm großen

Energievorrat dar, um ihre Reserven und Potenziale zu nutzen, könnte man die Energievorkommen außerhalb des Ereignishorizontes abbauen, Ihre Rotationsenergie mit ballistischen Methoden gewinnen, Material in sie schleudern und die freiwerdende Strahlung auffangen, den Effekt der Superstrahlungsverstärkung nutzen und Wurmlöcher in den Ereignishorizont eintauchen.

Falls Schwarze Löcher mit 10 bis 20 Lichtjahren Entfernung in unserer Reichweite liegen, könnten wir die Wunder der Physik aus nächster Nähe verfolgen und verfügen darüber hinaus über eine beeindruckende Energiequelle. Überhaupt werden wir bei der Besiedlung der Milchstraße auf völlig neue Kategorien von Wundern und Ereignisse wie etwa kosmische Strings, magnetische Monopole, Grava- und Holosterne uvam. stoßen, die uns vielleicht von ungeahntem praktischen Nutzen sein werden.

Statt Exoplaneten zu besiedeln, könnten einige interstellare Emigranten beschließen, den Raum um ein Schwarzes Loch zu ihrer neuen Heimat zu machen, da sie wissen, daß dessen Rotationsenergie als Energiequelle für den Aufbau einer Superzivilisation nutzbar ist. Aus Planeten oder Planetoiden wird eine ringförmige Trägerstruktur mit einem Umfang von 5 Millionen km um das Loch angelegt, weiterhin ist sie 3,4 km dick und 4.000 km breit und rotiert mit 2 Umdrehungen pro Stunde. Durch diese Rotationsperiode wird die Anziehungskraft des Schwarzen Lochs auf die mittlere Schicht, die je 1,7 km von der Innen- und Außenfläche entfernt ist, durch die Zentrifugalkraft genau

ausgeglichen. Transhumane (oder doch Menschen?), die gerne mit erdähnlicher Schwerkraft leben, können sich nahe der Innen-oder Außenfläche des Rings ansiedeln; diejenigen, die eine schwächere oder keine Gravitation beziehungsweise Gewichtskraft mögen, können in der Ringmitte leben. Diese Schwerkraftunterschiede sind auf die Zentrifugalkraft und auf die Gezeitenkraft des Schwarzen Lochs beziehungsweise dessen Raum-Zeit-Krümmung zurückzuführen.

Wie in einem rotierenden Zylinder würden die Bewohner über sich in 3.400 Metern Höhe andere Bewohner sehen - jedenfalls mit starken Fernrohren.

Die Elektrizität zur Versorgung der Ringbewohner mit Licht und Wärme wird aus dem Schwarzen Loch gewonnen, konkret aus den 20% seiner Masse, die sich in Energieform außerhalb seines Ereignishorizontes befindet, nämlich als wirbelartige Bewegung der Raum-Zeit um den Ereignishorizont, d.h. sie nutzen den Linse-Thirring-Effekt, der auch bei Planeten auftritt, aber dort viel zu schwach ist, um daraus Energie zu gewinnen.

Diese 20% sind 1.000 mal mehr Energie, als die Sonne in ihren ganzen gut 10 Gigajahren als Licht und Wärme freisetzt und ist nutzbar, weil sie außerhalb des Ereignishorizontes liegt. Sollte der Wirkungsgrad der Maschinen nur 50% betragen, ist der zur Verfügung stehende Energievorrat immer noch 5.000 mal größer als der der Sonne.

Mit Hilfe riesiger supraleitender Spulen wird ein Magnetfeld durch die Ergosphäre gelegt. Durch die Rotation des Ereignishorizontes bildet die

umgebende Raum-Zeit einen Strudel, der seinerseits mit dem Magnetfeld wechselwirkt und einen riesigen Stromgenerator bildet, dabei übernehmen die magnetischen Feldlinien die Rolle von Übertragungsleitungen und transportieren elektrischen Strom in Form von Elektronen, die zum Loch strömen aus dem Äquator des Schwarzen Lochs zur künstlichen Ringwelt, wo die Energie gespeichert wird. Danach verläßt der Strom wieder den Ring auf anderen Feldlinien und wird in Form von Positronen, die zum Loch strömen, in den Nord- und Südpol des Schwarzen Lochs geleitet. Die Bewohner dieser künstlichen Welt können den Energieausstoß steuern, indem sie die Magnetfeldstärke variieren. In den ersten Jahren der Entstehung dieser Welt könnte das Magnetfeld schwach und die Energieproduktion gering sein, später könnte die Energieausbeute durch ein starkes Feld höher sein.

Auch wenn sich die Rotationsbewegung des Schwarzen Lochs durch die abfließende Energie verlangsamt, wird es eine halbe Ewigkeit dauern, bis dessen gewaltige Rotationsenergie erschöpft sein wird.

Teil I Raumfahrt allgemein KI als Querverbindung zu Raumfahrt und zur Zukunft der Menschen

KI als Querverbindung zu Raumfahrt und zur Zukunft der Menschen

Raumfahrt erfordert immer bessere Computer; 2 Technologien bewirken starke synergetische Effekte; wäre es also möglich, daß Biosphäre und Technosphäre zu einer Einheit werden, daß wir und die Roboter und Computer verschmelzen oder sogar ineinander aufgehen - in einer Symbiose zu einer transhumanen oder posthumanen Lebensform?

Wenn die Computer der Zukunft nicht mehr aus Silizium bestehen, sondern der Biochip kommt, ein Sandwich aus Glas und Metall mit einer Zwischenschicht aus Proteinen; also der organische Computer oder Neuronen, die auf Chips wachsen...

Raumfahrt gibt der Entwicklung von KI, KL, also Robotern einen Riesenschub: die Entwicklung von Robotern mit einer gewissen Entscheidungsfreiheit ist durch sie beschleunigt worden und wird zukünftig noch mehr zunehmen. Man denke da an Robonauten, die dereinst auf der ISS eingesetzt werden sollen...eine weitere große Motivation ist die Lichtmauer beziehungsweise das Echtzeitproblem: Signale z.B. zu Marsrobotern sind über 20 min unterwegs; für eine Interaktion also über 40 min. Das ist für eine Echtzeitfernsteuerung viel zu lang und macht eine eigene Entscheidung und Steuerung erforderlich. Maximale Automation ist mit der sich selbst vermehrenden Maschine erreicht, die dazu 4 Komponenten benötigt: eine automatische Fertigungseinrichtung A, eine Kopiereinrichtung B, die eine Kopie nach Anweisung herstellt, eine Kontrolleinrichtung C, die mit A und B verbunden ist und eine (schriftliche) Anleitung, die die kompletten

Teil I Raumfahrt allgemein KI als Querverbindung zu Raumfahrt und zur Zukunft der Menschen

Spezifikation enthält, nach der A das gesamte System herstellen kann. Gibt's nicht ? Gibt's wohl, schauen Sie doch mal in den Spiegel oder ins Mikroskop, denn alle Komponenten lassen sich auch in lebenden Zellen wiederfinden; D entspricht übrigens der DNS.

Eine derartige Von-Neumann-Maschine könnte Grundlage einer lunaren Fertigungsanlage sein, die zunächst ihrerseits weitere solche Anlagen herstellt, und danach die eigentliche Produktion angeht. Ebenso werden selbstreproduzierende Raumsonden als VNS (Von-Neumann-Sonden) bezeichnet.

Computer sind sehr geeignet zum Speichern, Verarbeiten und Übertragen von Daten; entsprechend werden Datennetze wie etwa das Internet unsere Lebensweise radikal verändern; durch sie werden unter anderem Telearbeit, VR u.v.a.m. möglich.

Wenn Intelligenz nichts Geheimnisvolles ist, und der "Geist" eine natürliche Funktion des Gehirns ist, gibt es keinen Grund, weshalb wir keine intelligenten Maschinen bauen können sollten. Gelingt uns KI auf unserem Niveau, ist unser Gehirn nichts anderes als eine Maschine und falls "Geist" und "Seele" natürliche Eigenschaften intelligenten Bewußtseins sind, werden auch Maschinen eine "Seele" und Gefühle haben.

KI könnte die Frage beantworten, was Intelligenz, Bewußtsein, Geist und Seele sind; um zu beantworten, was Leben ist, wie es entsteht und sich entwickelt, könnte es notwendig sein - da es vielleicht keinen anderen Weg gibt - KL zu erschaffen, entweder virtuelles, künstlich-

Teil I Raumfahrt allgemein KI als Querverbindung zu Raumfahrt und zur Zukunft der Menschen

maschinelles oder bio-synthetisches³⁶.

Es gibt die Ansicht, daß KI aufgrund des Gödelschen Theorems kein Selbstbewußtsein entwickeln kann (und es auch nicht benötigt). Doch in Wirklichkeit impliziert es, daß eine wirklich intelligente Maschine Fehler machen *muß* und sie sich nicht zwischen 2 oder mehr Möglichkeiten entscheiden kann - Intelligenz impliziert also Fehlbarkeit hinsichtlich logischer Paradoxa. Und trotzdem entscheiden wir uns; ob es im Nachhinein richtig war, wissen wir unter Umständen erst, wenn es zu spät ist; was aber immer noch besser ist, als gar nichts zu unternehmen.

Roboiden, Androiden, KLS, Exes, Cyborgs, Biomaten usw. werden als unsere Nachfahren diejenigen sein, die in den Weltraum jenseits der Planeten aufbrechen, weil wir zu schwach, zu ungeeignet, zu kurzlebig und zu anfällig sind. Wir Menschen werden mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht den Weltraum besiedeln, sondern sie - unsere Nachfahren, unsere "Mindchildren"; unsere Meme werden in ihnen weiterleben.

Das ist die Verbindung zwischen Menschheit, KL und Raumfahrt.

Vielleicht liegt der Schwerpunkt in der unbemannten Raumfahrt in immer komplexeren, autonomen Raumsonden, mit immer besseren Computern mit irgendwann echter KI, während sich die Sonden zu

³⁶ ...und der Mensch formte Gott nach seinem Ebenbild...

Teil I Raumfahrt allgemein KI als Querverbindung zu Raumfahrt und zur Zukunft der Menschen

echten KLS entwickeln, wie z.B. die Daedalus-Sonde, für immer weitreichendere Missionen mit möglicherweise (über)menschlichem Niveau und Nanotechnologie, KL und VR.

Mit superschnellen Computern, VR und Telepräsenz könnte sich ein Arbeiter im Venusorbit an die Sensoren einer Sonde anschließen, die durch das höllische Inferno der tiefen Ebenen rollt, wo der Boden mattrot glüht und die CO₂-Luft heißer als im Backofen ist. möglicherweise ist die Luftbrechung überkritisch und er sieht sich von hinten ?

Der Avatar³⁷ eines Meteorologen kann in einem Heißluftballon durch den GRF des Jupiter fliegen (oder er selbst ist der Ballon) und dabei jede minimale atmosphärische Turbulenz und Variation der Wärmeströmungen spüren, während er sicher auf der Oberfläche des Callisto sitzt.

³⁷ Teleroboter

Nachtrag: Die technologische Singularität

Eine Singularität bezeichnet einen mathematischen Punkt, an dem die Analyse versagt und Unendlichkeiten auftauchen. Ein Schwarzes Loch ist ein Raumzeit-Beispiel für eine derartige Unendlichkeit. Deshalb sind Schwarze Löcher ebenfalls als Singularitäten bekannt, deren Inneres auf ewig jenseits unseres Forschungsvermögens liegt. Die Singularität drückt ein Ereignis aus, bei dem ein Modell physikalischer Realität versagt. Die „Technologische Singularität“ ist nun analog zu verstehen: eine Mauer technologischer Innovationen, die uns von der Zukunft trennt; egal wie wir uns heute bemühen, werden wir uns nie glaubhaft vorstellen können, was jenseits dieser Mauer liegt. Uns bleiben nur Hypothesen und gut begründete Spekulationen; Extrapolationen der vergangenen Entwicklung.

Den Großteil der letzten 3 Megajahre gingen wir zu Fuß, dann setzen wir auf die Stärke und Ausdauer von Tieren - Pferde, Ochsen usw. parallel dazu Boote und Ruder- und Segelschiffe. Vor knapp 200 Jahren katapultierten Dampfloks unsere Vorfahren mit 20 bis 30 km/h. dann wurden durch Autos höhere Geschwindigkeiten Normalität. Propellerflugzeuge schafften dann schon mehrere 100 km/h. Wenige Jahrzehnte flogen Düsenjets schon 10x so schnell und in den 1960ern erreichten Astronauten in Raketen um die 30 000 km/h. Mittels Online-Simulationssystemen, durch die „virtuelle Präsenz“ möglich wird, sind wir fast mit Lichtgeschwindigkeit „da“. In ein Diagramm übertragen, ergibt sich eine lange, flache Kurve, die langsam ansteigt und plötzlich

immer schneller hochschießt.

Die gleiche schwindelerregende Beschleunigung trifft auf Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit und Verbilligung von Computern zu. Seit Jahren verdoppelt sich die Computerleistung pro Euro alle 18 Monate bis 12 Monate, was exponential ist, falls nicht sogar schon *hyperexponential*²⁵.

Computer, deren Leistung sich exponentiell beschleunigt, können menschliche Intelligenz in 30 bis 40 Jahren nachbilden. Na gut, in 100 Jahren. Zu diesem Zeitpunkt haben wir - oder unsere Kinder oder Enkel - es mit Maschinen zu tun, die 12-18 Monate später ihre Leistungsfähigkeit verdoppeln, 12-18 Monate darauf vervierfachen und dann... möglicherweise geht es aber auch noch schneller, wenn die Entwicklung *hyperexponential* ist; dann beträgt der Zeitraum nicht mehr 12-18 Monate, sondern nur noch Wochen oder Tage oder Stunden oder Femtosekunden...über kurz oder noch kürzer wird die Intelligenz den Scheitelpunkt beziehungsweise die Technologische Singularität erreicht haben. Computerleistung und Reisegeschwindigkeit werden so ziemlich zur gleichen Zeit ihren Zenit erreichen wie auch medizinische Alterungsforschung, Klonen und Genmanipulation, Miniaturisierung v. Hightech-Produkten bis hin zur molekularen oder sogar atomaren Ebene, also Nanotechnologie und vielleicht noch tiefer auf die Femto-,

Superstring-, Raumzeitquanten-Ebene³⁸...

Das Entwicklungstempo unserer Technologie läßt einen Scheitelpunkt, also ein Aufwärtsschub im Diagramm des Wandels, eine Zeit beispielloser Umwälzungen in der Menschheitsgeschichte erwarten, eine Einschränkung der Vorhersagbarkeit v. Zukunftstechnologien; graphisch dargestellt durch eine Exponentialkurve, die in einen *singulären Scheitelpunkt* gipfelt. Über Zehntausende von Jahren blieb die Fortschrittskurve praktisch flach bis sie in den letzten Jahrhunderten und Jahrzehnten immer schneller aufstieg und irgendwann zwischen 2030 und 2100 blitzschnell nach oben schießt - das ist der singuläre technologische Scheitelpunkt; der Wandel in Technologie und Medizin usw. Dieser Graph ist mathematisch gesprochen asymptotisch, d.h. die Kurve ist zuerst flach, steigt dann etwas an und dann immer mehr und mehr; die Krümmung wird immer drastischer bis sie fast gerade an der Vertikalen läuft - und in diesem Fall in die Zukunft hinein. Je mehr die Kurve ansteigt, umso größer ist der folgende Sprung nach oben. Anfänglich dauert es ziemlich lange, den Ausgangswert zu verdoppeln, doch im gleichen Zeitraum steigt die Kurve dann 4mal weiter nach oben, dann 8mal usw. bis sie nach nur 10 Verdopplungen schon 1000 mal soweit nach oben steigt, dann 2 000 mal usw. Man benötigt also die gleiche Zeitspanne, ob man nun von 1 nach 2 und weiter nach 4 gelangt, oder 1 000 nach 2 000. Kurz darauf geht es eine um *millionenfache* Zunahme in einem einzigen Schritt; der darauffolgende beträgt das *Zweimillionenfache*. Deshalb verläuft die Kurve des technologischen Wandels immer schneller an den äußersten vertikalen

³⁸ Vgl. Quantengravitationstheorien wie die Schleifenquantengravitation, Twistoren-o. Geonentheorie

Punkt heran. Am Scheitelpunkt selbst neigt die Kurve dazu, ins Unendliche zu gehen. Gut möglich, das „dort“ irgendeine Form v. Intelligenz, ob sie nun menschlich ist oder artifiziell, auf einem posthumanen Niveau erscheint. Falls sich die Dinge nicht sehr schnell verschlechtern, warten wir umsonst auf Unheil und Hoffnungslosigkeit; umsonst auf das Anschwellen der Meere und den Altraum eines überkritischen Treibhauseffektes, auf geklonte Tyrannen, die Bevölkerungsexplosion, monströse, global agierende Superkonzerne und deren üble, gentechnisch veränderte Lebensmittel und ihren monopolhaften Zugriff auf das Saatgut, das die 3. Welt dringend braucht. Auch wenn einige Faktoren unsere Sicherheit bedrohen, dann doch nicht mehr allzu lange. Wirklich schlimm ist das Hochspielen dieser Themen bis zur Absurdität. Gut möglich, daß es am Ende des 21. Jahrhunderts gar keine Menschen mehr auf der Erde geben wird, aber das werden unsere Nachfahren genauso beklagen, wie wir den Verlust des Neandertalers. Viele von uns werden die technologische Singularität noch erleben, denn sie wird nicht erst in 1 Megajahr, auch nicht „schon“ in

1 Kilojahr und auch nicht im 24. Jahrhundert von ST kommen, sondern noch weit vor Ende des 21. Jahrhunderts. Sehr wahrscheinlich werden die meisten von uns dann auch nicht mehr menschlich sein - jedenfalls nicht im heutigen Sinn. Gen- und Nanotechnologie, Computertechnik und Robotik werden unsere Fähigkeiten und unser Wissen unglaublich potenzieren. Weiterhin werden wir nicht die einzigen hochintelligenten Wesen auf diesem Planeten bleiben, Mitte bis Ende des 21. Jahrhunderts wird es eine große Anzahl selbst-bewußter, aber kstl. Gehirne geben. Unsere Gesellschaft wird sich radikal von der heutigen unterscheiden, in etwa so wie wir uns v.d. Steinzeit unterscheiden. In 30 bis 40 Jahren sind Maschinen und Roboter denkbar, die uns ebenbürtig sind, da

Computer ihre Geschwindigkeit und ihren Speicher jährlich verdoppeln. Falls sich die Software im gleichen Tempo weiterentwickelt, werden wir plötzlich seltsame Geistwesen um uns haben, die uns eben noch ebenbürtig und kurz darauf überlegen sind: „Artilekte“: Maschinen und Programme, die ihr eigenes Design verändern, ihre Funktionen optimieren, und sich selbst auf eine Art und Weise verbessern, die unser begrenzter Verstand nicht mal ansatzweise verstehen wird. Ende des 21. Jahrhunderts oder schon früher ist eine Verschmelzung von Maschinen und Menschen denkbar, durch die wir unser Bewusstsein von A nach B verlagern können. Um 2020 wird das Äquivalent eines PCs einem menschlichen Gehirn entsprechen. Um 2020 kommt auch die 2. große Innovation: molekulare Technologie - Nanotechnologie: die Herstellung von Dingen, von Objekten (und vielleicht auch von Subjekten) durch Zusammensetzung einzelner Atome.

Fabriken nach Art der molekularen Manufaktur können sich mithilfe gewöhnlicher und billiger chemikalischer Nährlösungen selbst vervielfältigen; Häuser und Autos werden nahtlos aus Diamanten (=C) und Saphiren (=Al) zusammengesetzt - da die Molekularfabriken sie mühelos verarbeiten können, sind sie billig und angemessen. Allerdings erscheint ein Universal-Monteur für die nahe Zukunft ausgeschlossen. Einige Manufakturen werden sich auf den Zusammenbau von Kohlenstoffverbindungen spezialisieren, andere aus Aluminium Saphire oder Wolframkarbidstrukturen herstellen.

2030 besitzt der PC die Intelligenz von 1 000 Gehirnen; außerdem werden wir ihn wohl am Körper tragen, oder er wird im Körper eingebaut sein oder wir ein Bestandteil *von ihm* werden. Maschinen sind jetzt „Leute“; die ganze Diskussion könnte sich umkehren, intelligente

Maschinen könnten darüber debattieren, ob Menschen im Vergleich zu ihnen überhaupt noch Leute sind, ob „sie“ also wir, intelligent sind. Derart intelligente Lebewesen werden vermutlich problemlos unsere Schwierigkeiten lösen, Altern und Tod werden Vergangenheit sein. Ganze Schwärme medizinischer nanogroßer Wartungsapparate werden unsere Körper durchfluten. Auch unsere Gehirne werden verwandelt: mittels Hirnprothesen werden wir uns ins Internet einklinken und sie werden unser Erinnerungsvermögen und unsere Intelligenz erweitern. Es wird nicht die Welt der kalten, gefühllosen Logik sein. KIs beziehungsweise KIs werden aus den gleichen Gründen wie wir ihre eigenständigen, flexiblen Gefühnuancen entwickeln: um Beziehungen herzustellen und aus reiner Freude. Das 3. Millennium wird viel verrückter unvorstellbarer und seltsamer werden als ST, B5, Star Wars und andere (Film-)Fiktionen.

In der Scheitelpunkt-Welt werden unsere Fähigkeiten durch die Verbindung von Chips mit neuronalen Netzen verbessert werden, es wird KIs auf menschlichem Niveau geben, denen sehr schnell *hyperintelligente* künstliche Wesen folgen werden. Die Kontrolle über unser Genom wird uns befähigen, uns, unsere Kinder usw. neu zu entwerfen, um nicht nur den Geist, sondern alle körperlichen und emotionalen Potenziale zu erhöhen. In der Welt der Technologischen Singularität wird es Nanomaschinen inkl. KI geben, nicht größer als Moleküle, die Atom für Atom aufgebaut werden und sich selbst vermehren können. Extreme Langlebigkeit bis hin zur Unsterblichkeit

wird durch die Kontrolle über unser Genom möglich, vor allem über die der Telomere, die unsere Lebensspanne dadurch verringern, indem sie die Anzahl begrenzen, mit der Zellen durch Selbstreplikation repariert werden können; nanotechnisch-medizinische Heilsysteme werden alle Zellen von Geburt an permanent verjüngen und Krankheiten verhindern; Nanomaschinen werden auch maschinenlesbar gespeicherte „Sicherungskopien“ unseres Gedächtnisses im Falle eines Hirnschadens anlegen, oder um verloren gegangenes Wissen und Erfahrungen ersetzen zu können. In der Nähe der Technologische Singularität wird es „Uploads“ geben: Übertragungen menschlichen Bewußtseins auf Computer, die dann in deren unerschöpflichen, form- und gestaltbaren und maschinenerzeugten VRs leben, arbeiten, spielen und weiß „Gott“ noch was können. Durch die Technologische Singularität wird vielleicht eine Kontaktaufnahme mit galaktischen Zivilisationen möglich, die die Übergangsphase zum Scheitelpunkt bereits durchlaufen haben. Darunter könnten uralte außerirdischen Kulturen sein, die so mächtig sind, daß sie das sichtbare Universum vor langer Zeit rekonstruiert oder die quantenmechanischen Gesetze neu formuliert haben. Es ist plausibel, daß wir in naher Zukunft übermenschliche Intelligenz erschaffen. Die Menschheit wird zunächst „transhuman“ und dann „posthuman“ werden. Das zentrale Merkmal des 20. Jahrhunderts war die Beschleunigung des technologischen Fortschritts, und jetzt wir stehen kurz vor einer Veränderung, die vergleichbar ist mit der Entstehung menschlichen Lebens. Durch „Scheitelpunkttechnologien“ werden

transhumane und posthumane Wesen erschaffen, deren Intelligenz die menschliche weit übersteigt. Das 21. Jahrhundert wird eine Epoche des Hyperschocks, in dem nichts mehr unserer heutigen Welt ähneln wird. Nichts wird mehr so sein, wie wir es gewohnt sind oder es erwartet haben. Die gegenwärtigen Sorgen und alle möglichen Lösungsansätze werden durch unglaubliche Veränderungen hinfällig; Veränderungen von einer Art, mit denen wir erst in vielen Kilo- oder Megajahren gerechnet haben. Gut möglich, daß unsere Sternengeburt kurz bevor steht, daß wir sprunghaft zu einer interstellaren Typ II oder sogar subgalaktischen Typ III- Zivilisation werden. Wenn das eintritt, werden wir teilweise nicht mehr menschlich sein und die uns heute geläufigen Maschinen werden keine „Maschinen“ mehr sein. Das wird das spannendste Abenteuer, das jemals auf diesem Planeten stattgefunden hat; also sollten wir das aktiv mitgestalten. In 50 bis 100 Jahren könnte die Erde Heimat einer neuen und unglaublich interessante Art sein - die der Transhumanen. Die Posthumanen werden dagegen im gesamten Universum beheimatet sein.

Der exponentiell zunehmende Wandel der Technoevolution schränkt unsere Fähigkeiten ein, beziehungsweise macht es unmöglich, die Zukunft vorherzusagen, vor allem weil die künftigen Innovationen miteinander wechselwirken, dadurch werden langfristige Vorhersagen blockiert; weshalb wir von heute aus nicht über den Horizont des 21. Jahrhunderts hinausblicken können. Mit Spott auf das Ganze zu reagieren ist zwar möglich um sich einer unverständlichen und wohl

deshalb angeblich bedrohlichen Zukunft zu verschließen, doch keine gute Wahl, da Spott und Empörung häufig Kehrseiten der Angst sind. Sind der Zweifler Warnungen, daß die Wissenschaftler Gott spielen oder sich an der Natur vergreifen, wenn ein Schaf geklont wird oder Molekularbiologen Gene manipulieren, um Mukoviszidose zu heilen, gerechtfertigt ? Ähnliche Ängste kamen auch auf, als Erneuerer in frühen Zeiten mit glänzenden Augen auf Lokomotiven sprangen, um mit wahnsinnigen 20 km/h durch die Landschaft zu preschen.

Natürlich ist es mit Gentechnologie usw. etwas anderes, aber es ist immer wieder beeindruckend, das manche Personen ohne Skrupel und Bedenken vorgeben, Gottes Pläne für jede Eventualität genau zu kennen... Aus Angst, Unkenntnis, Boshaftigkeit oder aus politischem Opportunismus findet eine Dämonisierung nützlicher Wissenschaft und Technologie statt; vernünftige Vorsicht gleitet immer tiefer in trübe Gewässer grotesker Ängste ab.

Doch lassen wir mal die Extremisten, Fundamentalisten und andere Spinner beiseite - Hand aufs Herz - haben Sie nie verächtlich zu sich selbst gesagt, daß es nun mal Dinge gibt, für die unsereins einfach zu dämlich ist ? Diese ganzen gräßlichen haarstäubenden Formeln, diese grausamen Naturgesetze und all diese Prinzipien, die Nichtwissenschaftler nie auch nur im Ansatz, geschweige denn ganz begreifen: Relativität und Quantenmechanik, Chaos und

Thermodynamik, Energie und Entropie³⁹, Spieltheorie und Wahrscheinlichkeiten, rekombinante Genetik, Onkogene und Epigenetik, T-Suppressorzellen, Reaktorkernschmelze, die vergiftete Nahrungskette, Ozonloch und der zunehmend beängstigende Treibhauseffekt...

Ist der Zustand der Erde, der der Menschheit im Jahr 2100 wirklich zu realitätsfern, als daß man ihn getrost ignorieren könnte ? Die Möglichkeit ignorieren, daß so manch einer von uns das 22. Jahrhundert noch wohlbehalten erleben wird, dank permanenter Verbesserung im medizinischen Bereich und in der Altersforschung. Selbst wenn es für uns nicht zutrifft, dann doch bestimmt für unsere Kinder. Doch wahrscheinlich brauchen wir gar nicht mehr solange warten; denn die Technologische Singularität könnte schon in gut 30 Jahren eintreten.

Allerdings sind solche Kurven viel zu verzwickelt, um sie realistisch interpretieren zu können; man darf diese (Meta-)Trendkurven also nicht naiv hochextrapolieren, denn dann hätte es laut ihr für 1982 bemannte Fahrzeuge geben müssen, die unendliche Geschwindigkeiten erreichen, weil dieselbe Trendkurve für 1981 voraussagte, daß jedem Menschen ein Energiebetrag zur Verfügung steht, der dem entspricht, was die gesamte Sonne pro Sekunde erzeugt.

Die Evolution hat keinen Plan für uns. Wir können uns selbst ein Ziel

³⁹ An alle Leser von Perry Rhodan: „ES“ könnte für Energie = E und Entropie = S stehen

setzen. Nichts und niemand wird uns daran hindern - außer wir uns selbst. Wenn es gelingt, die Alterungsursachen und -prozesse zu verringern oder sogar aufzuhalten, hätte dies nicht zuletzt für die bemannte Raumfahrt tiefgreifende Veränderungen, denn dann wären (ultra-) relativistische Raumschiffe nicht mehr zwingend nötig, um mithilfe von Dilatationseffekten tief in den interstellaren oder sogar in den intergalaktischen Raum vorzudringen. Außer erstaunlichen biologischen Veränderungen, ermöglicht durch die Gentechnologie, werden sich viele technische Fortschritte enorm auf unser Leben auswirken: voll entwickelte VR, in die man mit allen Sinnen eintauchen kann, Nanotechnologie beziehungsweise Molekulare Manufaktur, und echte KI oder computererweiterte Gehirne, die sich schnell zu SIs, zu Superintelligenzen entwickeln werden.

VR - Virtuelle Realität oder auch Designerrealität, versetzt uns in eine Umgebung unserer Wahl, zum Beispiel auf fremde Himmelskörper, in eine weit entfernte Vergangenheit oder Zukunft; selbst die Naturgesetze lassen sich in ihr überwinden und durch programmierte, durch neu entworfene ersetzen. Die Interaktion erfolgt über Datenbrille,-handschuhe und -anzüge. Vielleicht eines Tages auch stattdessen über eine Gehirn-Computer-Schnittstelle. Mit der VR sind uns Gebiete zugänglich, wo Augen keinen Einblick und Hände keinen Zugriff mehr haben. Sie verbindet menschliches Sensorium mit dem laufenden Programm eines Computers. Mit den Designerrealitäten werden wir telepräsent, wir können dann an mehr als nur einem Ort sein, mehr als

nur in einer Zeit...

Eine Verschmelzung von menschlichem Geist und im Rechner simulierten oder nachgebildeten „Realitäten“ wird unserer gegenwärtigen beschränkten Existenz somit weit überlegen sein, was zur Entstehung des „*Metamenschen*“ führen könnte; durchlässige und umgeformte Wesen, die eine artifizielle Wirklichkeit miteinander teilen, die die empirische Physik der Raumzeit nur teilweise durchdringt. Der Metamensch kristallisiert sich aus der Gesamtheit menschlicher Bestrebungen heraus, die sich im Laufe von Kilojahren global entwickelt und vertieft haben - jeder ist mit jedem verbunden; wir sind alle an diesem bedeutenden Schritt der Evolution des Lebendigen beteiligt. Alle Menschen, die durch Handel, Kommunikation und Reisen interagieren, verschmelzen zu einer Einheit - zum Metamenschen.

Sternenzivilisationen können die thermonukleare Energie ihrer Sonne recht wirksam ausbeuten, indem sie die Masse aller ihrer Planeten oder einen Teil der Masse ihres Sterns in bewohnbare, ihre Sonne umkreisende künstliche Hüllen umwandeln. Diese Dysonhüllen wären nicht massiv, sondern entsprächen eher einem geordneten Asteroidengürtel. Intelligenz wird sich auch in einem größtenteils offenen und frostigen Universum durchsetzen und damit wird Leben in einem ewig expandierendem Weltraum fortbestehen. Die Entschlüsselung unseres Genoms und das vieler anderer Lebewesen wird der Zukunft viele neue und überraschende Seiten abgewinnen. Die Beschleunigung des Humangenomprojekts wurde durch eine enorme Steigerung der

Computerleistung möglich. Mit dem Internet kann man preiswert und augenblicklich in Kontakt mit andere Teilnehmern stehen. Fortschritte in der Solarenergietechnik werden die Monopolstellung der großen Energieunternehmen verringern. Billige verfügbare Energien werden auch traditionelle Gemeinschaften umstrukturieren, deren Armut bekämpfen und Abwanderung verhindern: selbst ein gottverlassenes 3. Welt-Dorf könnte zur Quelle des Wohlstands werden mit gentechnisch erzeugten Energiepflanzen, die nicht geerntet werden müssen, da sie Sonnenlicht in einen flüssigen Brennstoff umwandeln und diesen über ihre Wurzeln unmittelbar in ein unterirdisches Pipelinenetz abgeben. Über das Internet hat das Dorf Anschluß an die große weite Welt, es liefert ihnen kostengünstig die Informationen, um Talente zu fördern und ihnen Arbeit zu verschaffen.

Wir werden gerade Zeugen eines Zeitalters, in dem sich die Produktion nicht nur automatisiert, sondern virenwinzigen Fabriken überlassen wird, die sich ohne Zusatzkosten selbst vermehren werden, teilweise möglich durch smarte Biotechnologie, aber das meiste werden wohl staubgroße Apparate machen. Vielleicht wird die Biotechnik den entscheidenden Anteil am Bau der Mikromaschinen haben, vielleicht werden aber auch beide Miniaturisierungstechnologien nahe des Scheitelpunkts miteinander verschmelzen. Bei der molekularen Nanofabrikation oder kurz „Nanotech“ geht es um Maschinen und Werkzeuge, die so „groß“ sind wie Moleküle, also einige 100 oder 1000 Atome umfassen, die sich im Idealfall selbst vervielfältigen können, Anweisungen befolgen, und

letztendlich *alles* herstellen können, *was man sich nur vorstellen kann*. Und das - auch im Idealfall - aus Abfall. Nanotech ist eine Herstellungstechnologie, die billig und mit molekularer beziehungsweise atomarer Präzision die meisten Strukturen fertigen kann, die mit den physikalischen Gesetzen in Einklang stehen, denn sie sprechen nicht gegen die Möglichkeit, einzelne Atome zu bewegen; es ist nur deshalb noch nicht umgesetzt worden, weil wir zu groß sind. Ein erstes Instrument ist das RTM, das Rastertunnelmikroskop, das an die elektrischen Atomfelder stößt, wodurch sie sich bewegen lassen. Damit lassen sich fantastisch exotische Neuheiten produzieren: Drähte von molekularem Durchmesser, billige künstliche Diamanten, und radikal neue Kunststoffe. Mit einem RTM läßt sich sowas natürlich nur in kleinen Mengen herstellen, das Entscheidende ist eine große Anzahl von entsprechend Maschinen. eine ausgereifte Nt. ersetzt im Verbund mit leistungsstarken Computern zum Großteil Arbeiter, Manager und letztlich die Fabrik selbst. Eine medizinischen Nt ermöglicht die Konstruktion spezieller Medikamente, die sich ausschließlich z.B. auf Krebszellen stürzen. Stehen den Nanomontagemaschinen oder stehen wir tatsächlich an der Schwelle zu einer utopischen Gesellschaftsform; einer klassenfreien Gesellschaftsform. Es sei denn es handelt sich um Munitionsfabriken - das wäre unser Ende. Vielleicht ist unsre Intelligenz auch nicht ausreichend, um mit ihren Potenzialen umzugehen, was aber nicht tragisch ist, da sich zur selben Zeit eine neue Form erweiterter Intelligenz abzeichnet. Schon um 2040 könnte KI unsre Intelligenz

übertreffen. Nun läßt sich einwerfen, daß die Rechenleistung der Computer irgendwann an eine Grenze stoßen könnte, bedingt durch die ungeheuere Dichte der Schaltkreise, daß das immer kompaktere Vollstopfen mit Komponente immer aufwendiger und damit teurer würde. Schaltkreise mit Röntgenstrahlen zu ätzen, mache eine Menge Kosten, heißt es. Doch stimmt das ?

Stockt der Fortschritt in den konventionellen Techniken, setzen radikale Alternativen einen neuen Verbesserungszyklus in Gang: reicht das UV-Licht nicht mehr, geht man zu den besagten Röntgenstrahlen, dann zu den Elektronenstrahlen und schließlich verwendet man die RTMs. Die üblichen Schaltkreise sind noch immer weit entfernt von den dreidimensionalen, quantenelektronischen Möglichkeiten. Die wirtschaftlichen Entwicklungsanreize sind so enorm, daß es noch Jahrzehnte weiter geht und dann wird das Konzept der Nanochipproduktion alles heute Bekannte in den Schatten stellen, was Kosten und Leistung angeht. Sind Computer erstmal so intelligent wie Menschen, dann werden die Kurven über das Diagramm hinauschießen, dann haben wir den Scheitelpunkt, die Technologische Singularität erreicht. Exponentielles Wachstum ist schon ziemlich schnell, wie es die Bevölkerungsexplosion zeigt, aber wenn die nachfolgenden Verdopplungen in immer kürzeren Abständen geschehen, wird es hyperexponentiell; dann kommt die Kurve in endlicher Zeit in die Unendlichkeit - in die Singularität, jenseits derer die Kurve einen völlig anderen Charakter annehmen kann. KI-Systeme

werden wohl ihre Leistungsfähigkeit sehr schnell und gleichzeitig immer billiger verdoppeln: vielleicht alle 1,5 Jahre oder noch schneller, wenn Computer nanotechnisch fabriziert werden, also Molekül für Molekül. Dieser Zeitraum könnte aber noch viel kürzer sein, wenn sie ihre Ersatzteile und Erweiterungen mit hypermenschlicher Geschwindigkeit entwerfen. Das Ziel ist Allmacht; die Macht, die Menschheit, die Erde und das Universum im Allgemeinen neu zu erschaffen. Wenn man genug hat vom schwachen gebrechlichen Körper, wird man ihn einfach los. Das ist machbar. Wenn einem das Universum nicht gut genug ist, erschafft man es von Grund auf neu. Derart kleine Maschinen, die weggepustet werden können, wenn man zu tief ausatmet, könnte man z.B. in die Arterien schicken, wo sie die Arbeit eines Herzchirurgen verrichten. Allgemein gibt es in einer Welt nahen dem Scheitelpunkt wohl keine Grenzen - außer den Naturgesetzen (?) Mit Milliarden von Nanomaschinen, die durch unseren Körper herumschwimmen, die scheiden und spleißen, reparieren und auswechseln und dadurch unser beschädigtes Gewebe so gut wie neu oder noch besser machen, werden die „Neugeborenen“ obendrein auch noch verjüngt sein, dank der vollständigen Beherrschung unseres Genoms. Vielleicht wäre es auch besser, das verwundbare Gehirn scannen zu lassen und es auf eine smarte Maschine oder einen Computer übertragen; ein Vorgang, der auch als „Uploading“ bezeichnet wird: die Übertragung von einem weniger komplexen Apparat auf einen größeren und schnelleren. Das Uploading nimmt an,

daß der menschliche Geist, das menschliche Bewußtseins eines Tages auf Maschinen kopiert werden kann, die noch leistungsfähiger als unsere Gehirne sind. Uploading impliziert also einen *Bewußtseinstransfer*.

Dann wäre es möglich , Bewußtseinskopien von sich selbst anzulegen, die in einen neuen „Leib“ hineinprogrammiert und integriert werden. Das kann ein Klon sein oder eine KL oder auch eine Mischform - ein Cyborg. Vielleicht werden Körper und Bewußtseins inkl. Erinnerungen auch nanotechnisch wieder zusammenmontiert aus den Informationen der gespeicherten Kopie und einer Menge Kohlenstoff und a. Atomen. Hier verschmelzen also VR, Gentechnik und Nanotechnik. Teuflische Technologie ? Möchten Sie, daß Ihre Zähne verfaulen ? Würden Sie lieber auf Telefon und Auto verzichten und alle Wege zu Fuß erledigen und auf 20 bis 30 km beschränkt bleiben? Selbst eine Brille ist ein technologisches Produkt; alternativ könnten Sie aber auch zum funktionalen Analphabeten werden ...

Materie auf Nanoebene zu kontrollieren impliziert den Aufbau von Maschinen - Atom für Atom. Bei der Nanotechnik werden z.B. ultragenaue und superstarke Werkzeuge gezüchtet, aber auch alles Weitere, was man haben möchte. Nanotechnik könnte schließlich eine „Wunschmaschine“ hervorbringen, die alles Erdenkbare erzeugt, solange sie Anweisungen und Rohstoffe bekommt.

Computer und Nanotechnologie ergänzen sich großartig, erst recht, wenn die Computer ebenfalls aus Nanomaschinen gebaut sind: Rechner,

die aus unsichtbar winzigen Stäbchen und Hebeln bestehen, deren Material Kohlenstoffbestandteile mit diamantähnlichen Adjektiven sind. Durch Nanofabrikation könnte es aber auch zu einer „Grauschleim-Katastrophe“ kommen, indem Nanomaschinen mutieren und alles in ihrer Umgebung verschlingen um daraus Schlamm zu produzieren.

Um diese Katastrophe zu verhindern, müßte man sie von Programmen oder Stoffen abhängig machen, die es in der freien Natur nicht gibt. Es wäre also ratsam, nie Replikatoren zu bauen, die gängige, natürliche Verbindungen als Brennstoff verwenden können. Ansonsten ließen sie sich als ultimative Waffe missbrauchen.

KI-Programme auf sehr schnellen Rechnern wären tatsächlich in der Lage, „aufzuwachen“ und festzustellen, daß sie *leben*. Wann es Maschinen gibt, die so schlau sind wie Menschen, hängt davon ab, wie leicht es ist, das Gehirn zu emulieren. Falls der Verarbeitungsprozess eher auf zellulärer Ebene abläuft als auf dem groben Niveau ganzer neuronalen Netzwerke, benötigt man Apparate, die millionenfach besser sind als existierende Hardware. Und dann könnte es noch etwas länger dauern bis zur KI und bis zum Scheitelpunkt. Es könnte sein, daß KI auch gar nicht funktioniert, wenn Bewußtsein nämlich auf einer heute noch unbekanntem Physik der Quantengravitation beruht, die es den Neuronen unseres Gehirns gestatten soll, Kalkulationen jenseits der Reichweite bloßer Rechner auszuführen.

Wenn aber Quantenneuronen nichts Metaphysisches sind, sollte echte

KI trotzdem möglich sein und dann ist prinzipiell nur eine Zeitfrage, bis diese Angelegenheit erforscht ist. Was wird die KI mit ihrem neuen Bewußtsein, mit ihren sich selbst erweiternden Fähigkeiten über kurz oder lang bauen ? Damit kommt man zur Schwelle der technologischen Singularität. Eine Maschine, also eine KL mit menschlichem Niveau, die ihr Speicherpotenzial und ihre internen Verbindungen alle 1,5Jahre oder schneller verdoppelt, dann entsteht sehr schnell eine transhumane Maschine. doch Trends haben eine wichtige Eigenschaft: je weiter man sie in die Zukunft projiziert, desto ungenauer werden sie. Diesen exponentiellen Kurven kann man insofern trauen, als daß ein gewaltiger potenzieller Gewinn dahintersteht, also wegen des wirtschaftlichen Drucks und die Gefahr, daß die Konkurrenz schneller ist. Außerdem ist der Scheitelpunkt wesentlich wahrscheinlicher als die kalte Kernfusion oder die Theorie von der Erde als Scheibe oder die sogenannte Schöpfungswissenschaft. Heutige der technische Innovationen sind Schwellen, Schritte in großzügigere Lebensräume und in eine noch unerforschte mentale Lebenswelt. Die Technische Singularität wird auftauchen, wenn eine dieser Schwellen überschritten wird; jede Schwelle befähigt uns, weitere in noch kürzerer Abfolge zu erzeugen. Aus der exponentiellen Kurve wird eine hyperexponentielle Kurve, was zwar keine Singularität erzeugt, aber das tempo wird so schnell, dass es praktisch keinen Unterschied macht. Maschinen, Internet und menschlicher Geist werden in einer hybriden Mischung miteinander verbunden sein - zu einer hyperkomplexen Gestalt, die sich neu

entwerfen wird, ihre strukturellen Defekte korrigiert und sich neue Fähigkeiten aneignet. mehr Speicher, mehr Prozessorleistung und bessere Programme- und das kurz nach der Singularität. Dann werden wir nach kurzer Zeit alles wissen, was erfahrbar ist und alles erreichen, was innerhalb physikalischer Gesetze möglich ist. Fortschritte in der Computertechnik durch hunderte oder tausende von Sonden für gleichzeitige Abbildung und Neupositionierung vieler Atomen und Moleküle. Also ein nanoskaliger Abakus-artiger Computer, mit Stäbchenlogik anstelle von Elektronik auf Grundlage Boole'scher Logik statt Addition und Subtraktion. Wenn nun dieser Nanocomputer winzige, starre Stäbchen aus wenigen Atomen hin und herschiebt, wird er alle Eigenschaften elektronischer digitaler Rechner emulieren. Da die Stäbchen mit sehr hoher Geschwindigkeit bewegt werden, wird ihre Rechnerleistung und -geschwindigkeit enorm sein. Raumfahrt ist unmöglich ohne Computer; bessere Computer bedeuten bessere Raumfahrt und neue Durchbrüche könnten durch Quantencomputererfolgen, die mit "Qbits" rechnen⁴⁰.

Durch die Kontrolle der "Natur" auf molekularer Ebene werden eine billige und im Energieverbrauch wirtschaftliche Produktion von Lebensmitteln und anderen Gütern möglich.

Mit Nanomaschinen wird Materie zu Software: über das Internet oder etwas ähnliches wird man nicht nur Software, sondern auch Hardware

⁴⁰ Qbits sind Wahrscheinlichkeiten im Quantenphasenraum.

herunterladen können. Mit molekularen Montagemaschinen läßt sich alles bauen, was die Gesetze der Physik nicht verbieten: Wolkenkratzer, Autos, Raumschiffe, Tiere (echte; keine Stofftiere - obwohl der Unterschied verschwindet), oder ein Diamanttunnel nach China. Jedes Atom wird am richtigen Platz sein, gesteuert durch ein Computerprogramm, das die molekulare Montage dirigiert. Ebenso sind fotovoltaische Zellen denkbar, die die Gebäude und Straßen mit einer stromerzeugenden Schicht überziehen, chirurgische Apparate, die in den Chromosomen herumschwimmen und genetische Defekte und Abnutzungen reparieren. Durch Nanotech wird es möglich die Welt auf halber Strecke zwischen Atom und Kosmos *neu zu erschaffen*. Stühle aus Diamanten hätten ein 50 mal besseres Verhältnis zwischen Festigkeit und Gewicht als von Stahl. Hätten sie selbst noch Nanokomponenten, statt nur von ihnen erbaut zu sein, würden sie sich jeden Augenblick der bequemsten Körperhaltung anpassen. Gut möglich, daß die 1. Nanomaschine mit einem RTM gebaut wird...

Aber weshalb keine biologische Nanofabrikation, warum ein Neuanfang ? Weil Biomachines wie zelluläre Ribosomen, Enzyme und ähnliche blind und zufällig arbeiten, und jede Neuentwicklung auf alten Versuchen aufbaut - keine optimale Strategie für maximale Endprodukte. Nanomaschinen haben den Vorteil, daß sich Atome nicht abnutzen und daher keiner Reibung unterliegen. Atome können wie ein Lichtstrahl verschoben werden. Statt ein Raumschiff mit einem einzigen Nanomonteur Atom für Atom zu bauen, wird sich dieser einzelne

immer wieder kopieren, bei etwa 15 min pro Verdopplung ergibt das nach 10 Stunden exponentiellen Wachstums 70 Milliarden Monteure; nach weiteren 15 min das Doppelte usw., dann wird das Raumschiff, von einem Samenkorn ausgehend, aus der Tiefe heraus nach außen gezüchtet. dieses Samenkorn ist von einem porösen, voluminösen Baugerüst umgeben und schwimmt in Rohmaterialien; dadurch erreicht man schneller das Ziel. zuerst werden Untereinheiten und Vorräte gefertigt, dann helfen die größeren Werkzeuge, um Große Gegenstände schneller herzustellen. Nanodesign funktioniert ähnlich wie der Entwicklungsmechanismus lebender Embryos. In der chaotischen Flüssigkeit entwickelt sich eine Art Nanomonteur-Kristall; Montagemaschinen kommen nur dort zum Einsatz, wo sie gebraucht werden. Zuerst wird eine Art Skelett entstehen, später dann das verbindende Gewebe und die Organe. Das Skelettgerüst zieht sich dann vom wachsenden Gitterwerk zurück; dessen Nanoeinheiten zerbröckeln und werden - neu programmiert - für nächste Aufgabe verwendet. Summende Montagearme befestigen C-Atome an bestimmten Positionen und arrangieren dauerhafte Anordnungen aus Diamantfasern oder auch Fullerenen oder Saphir, wenn es auf Widerstandsfähigkeit gegen Hitze und Verfall ankommt. Noch bevor der Scheitelpunkt erreicht ist, könnten an jeder Straßenecke dank ausgereifter Nanofabrikation kostenlose Materiekompilierer stehen. Radikale Technologien besitzen immer eine magische Qualität... oder anders formuliert : jede hinreichend fortgeschrittene Technologie ist von Magie

nicht zu unterscheiden. Gut möglich, daß die zukünftige Welt zur Hälfte aus Magie besteht - Technologien, die wir zur Zeit unbegreiflich finden. Nanotechnologie arbeitet mit Selbstvermehrung, um die Kosten niedrig zu halten. Und wenn sich die Nanomonteure kopieren beziehungsweise replizieren, fallen die Kosten ins Bodenlose. Ebenso die von ihnen hergestellten Produkte. Die Energieversorgung der Monteure sollte kein Problem sein, denn wenn die Nanofabrikation läuft, werden auch Photozellen und andere Energiequellen billiger werden. Nanofabrikation wird sogar eine Nettoenergieproduzentin sein, die als Nebenprodukt eingespeiste Energieleistung wird die Rohstoffkosten wahrscheinlich sogar überschreiten. Nennenswerte Wärme- oder Wasseremissionen werden bei Nanoprozessen nicht erwartet, viel Land wird auch nicht nötig sein, da das durchschnittliche Nanofaktursystem seine eigene Masse in < 1 Stunde produziert. Nanofaktur unterscheidet 3 Stufen: Selbstvermehrung, Selbstmontage, präzise molekulare Montage. Selbstvermehrung bei Bakterien und höheren Organismen, S. könnte vielleicht schon bald von "feuchtweichen" Biosynthesemethoden simuliert werden. Schwierig wird die "trockenharte" Montage, mit der Häuser und Raumschiffe aus Diamant und Saphir möglich werden. Alle 3 Stufen haben unterschiedliche wirtschaftliche und kulturelle Auswirkungen; Programmierbare Selbstvermehrung senkt die Kosten auf Niveau von Holzprodukten und LM. Oder sogar noch billiger, da Produkte aus Abfall repliziert werden. Programmierbare Selbstmontage macht den größten Teil menschlicher Arbeit überflüssig -

ebenso Jobs und Gehälter.

Die Module haben eine eingebaute Intelligenz und wissen somit, wie sie sich selbst zusammenbauen müssen. Beherrschen wir Selbstvermehrung und Selbstmontage, wird sich das mehr als auszahlen. Der wirklich schwierige Aspekt der Nanofaktur, der diamantähnliche Strukturen durch Einsatz mechanosynthetischer Chemie vorsieht, wird nur relevant beim Bau äußerst starker oder leichter Strukturen. Lebensmittel brauchen nicht kompiliert zu werden, auch Mechanismen zur Energieproduktion aus Wind, Wellen und Sonne brauchen keine Kompilierungsmethoden. jedoch könnten sich halbintelligente Teile aus Stahl oder Beton selbst zusammenbauen; Häuser aus Bambusstäben könnten von selbst wachsen. Sich selbst vermehrende Monteure, sogenannte "Weihnachtsmannmaschinen", waren von makro-automatischen Fabriken abhängig. Man könnte sie als unabhängige Erforscher des Sonnensystems (und viel mehr) einsetzen. Eine Maschine, die Gestein vom Mond und/oder von den Planetoiden in sich hineinschaufelt, innerlich verarbeitet und daraus alles möglich herstellt: Waschmaschinen, Teetassen, Autos oder Raumschiffe oder weitere identische Fabriken. Existiert erstmal eine solche Maschine, könnte sie das Sonnenlicht und die Materie, auf der sie steht, sammeln und je nach Anweisung jedes beliebige Produkt fabrizieren...Diese Weihnachtsmänner würden durch das Weltall fliegen und lebloses Gestein zum Nutzen ihrer Hersteller auf der Erde oder in Weltraumkolonien in Konsumgüter verwandeln. Allerdings hatten

frühere Studien den Maschinen nur 90 bis 96 % Selbstversorgungsfähigkeit zugestanden. Eine weitere Studie von 1980 ging von einer sich selbst kopierenden Mondfabrik aus, die aus einem von Raketen transportierten, 100 t schweren Samenkorn entstehen und fähig sein sollte, ihre Nachkommen 100 %ig selbst zu entwickeln. Wäre die Entwicklung der Raumfahrt etwas anders verlaufen, könnte es überall auf dem Mond, dem Mars und den anderen Himmelskörpern von Robotern gebaute Stationen geben...Auf den Planetoiden wären Bodenschätze abgebaut und Gegenstände daraus hergestellt und mit solarelektromagnetischen Katapulten zurück zur Erde befördert. Aber vielleicht wird diese Vision ja noch auf viel günstigere Weise Realität mit Nanorobotern. Zur Abwendung der Grauschleimkatastrophe müssen die Nanomonteuere entweder in größter Dummheit gehalten werden. Ihre Molekularcomputer müssen leicht von außen zu kontrollieren sein, um ihre Organisationsmöglichkeiten extrem einzuschränken. Weiterhin Nano-Antikörper oder "Polizei-Nanos", eine Art Blauschleim oder nanotechnologisches Immunsystem, um eine Fehlprogrammierung der Assembler zu verhindern. Grau bedeutet einfach nur sinnlose Selbstreplikation mit roher Gewalt, ohne Überprüfung, sowie reichlich Aktivität, d.h. Anpassung, die sich die Blauen nicht leisten können, da sie sonst die Farbe wechseln würden und einen ultramilitanten Kern bilden würden. Die Blauen müssen wissen, wo sich die Grauen befinden und sie als Graue erkennen. Dazu müssen sie sich viel bewegen, sehr gute Sensoren haben und viel Zeit

für Andockmanöver haben. Das führt dazu, daß die Blauen komplexer sind und mehr Masse haben. Außerdem erfordert deren kryptische Kommunikation mehr Zeit und Schaltkreise. Um die Grauen zu vernichten, benötigen die Blauen Vernichtungswaffen und das impliziert einen hohen Energiespeicheraufwand und eine Integritätsverletzung der inneren Vakuumkammer, da in ihr ein Gerät zum Durchbohren und Zerlegen der Hülle angebracht wäre. Können die Blauen die Grauen zerstören, dann auch umgekehrt. Für die Grauen ist es ein normaler Nebeneffekt ihres Stoffwechsels, die Blauen zu beseitigen, denn beide müssen sich selbst kopieren können. ABER auf der Erde ist noch nie ein einzelliger selbstsüchtiger Replikator entstanden, der alle anderen Lebensformen vernichtet hat. Wenn es in der Umwelt eine Vielzahl einfacher blauer Varianten gibt, wird sich der Grauschleim nicht schneller als das blaue Immunsystem vermehren. Blauschleim würde darauf trainiert, Freunde zu erkennen und alles andere zu vernichten, wie es unser jetziges Immunsystem auch schon macht. Blau wird klüger und komplexer als Grau sein und verschlüsselte Oberflächenstrukturen haben. Doch letztlich liefern sich Grau und Blau eine Art ökologische Wettrüstungsspirale, bei der das Leben selbst zum Verlierer wird. Grau und Blau werden schließlich ein Patt erreichen⁴¹. Die Lösung könnte ein erzwungener Übergang zu einer

⁴¹ Um mit Star Trek zu sprechen: "Sie [in ST die Borg- hier der Grauschleim] haben sich angepaßt.

postbiologischen Existenzform sein. Die Grundlage der Nanofaktur ist die Portionierung; die Herstellung riesiger Mengen kleiner identischer Mengen, die in aufsteigenden Hierarchien zusammengefügt werden. So sind z.B. Autos und Moleküle durch nur 10 Montageschritte voneinander getrennt. Diese 10 Ebenen sind jedoch eher als Metapher für zwei unterschiedliche kontraintuitive Faktoren zu verstehen: nämlich aus wieviel Atomen ein Auto besteht(ca. 10^{30}) und wie einfach diese Zahl entsteht, wenn man sich selbst kopierende Nanomonteure, also Replikatoren verwendet, die mit exponentiellem Tempo wachsen. Das Legomodell der Nanofaktur setzt voraus, daß Autos, Raumschiffe und rohe Steaks in einer geschichteten Hierarchie zusammengebaut werden können. Mit der Nanofaktur läßt sich ein neues Objekt bauen, falls man es beschreiben kann, falls nicht, werden die Naniten das Objekt untersuchen und eine detaillierte Beschreibung liefern. Statt Riesenmengen von Verschlüsselungsschritten für ein komplexes Objekt zu schreiben, ließe sich der gewünschte Gegenstand atomar abscannen und die 3-D-Koordinaten der Atome oder Moleküle aufzeichnen. Dann teilen sich viele Tausend oder Millionen Nanomonteure die Arbeit auf, stellen die kleinsten Komponenten her und danach die größeren Segmente usw., bis sie sich alle 10 Schritte durch den Produktionsprozeß hindurchgearbeitet haben und das Produkt fertig ist. Das Abscannen wird an vielen parallelen Orten und auf vielen Ebenen gleichzeitig stattfinden; die Daten werden in Zigtausenden unabhängigen aber miteinander kommunizierenden Naniten gespeichert.

Außerdem werden die Scanner fantastische Kompressionstricks besitzen, durch die sehr viel Speicherplatz gespart wird. Nanosysteme werden sehr viel schneller arbeiten, deshalb müssen sie "außer Kontrolle" funktionieren. d.h. außerhalb menschlicher Kontrolle. (Allzu dumm dürfen Naniten nicht sein.)

Also entweder von KI oder computerveredelten Menschen kontrolliert werden - oder Computersimulationen, die mit genetischen Algorithmen und KL arbeiten, daß auf zellulären Automaten beruht. Ein Schwarm Wettbewerber innerhalb des KL könnte in einer simulierten Landschaft viel schneller Lösungen für nanotechnologische Designprobleme finden als sorgfältig ausgedachte Untersuchungen. Quantencomputer würden viele "virtuelle" Berechnungen simultan ausführen. Quantenmaschinen wären dazu fähig, den Darwinschen Designraum nach optimalen Nanodesigns zu durchsuchen und sehr schnell Antworten vorzulegen. Vielleicht helfen dabei auch DNS-Rechner, um die Designarbeit zu machen. DNS-Kalkulationen laufen auf Kosten biologischer Kettenreaktionen. Unterschiedliche DNS-Stränge werden gemischt und einige verkleben. Diese Klumpen werden herausgefiltert, um die optimale Lösung zu finden. Weil ein Reagenzglas gut 2^{60} Stränge enthalten kann, entspricht das einer riesigen Anzahl von Parallelcomputern. Unglaublich komplexe, durch derartige Hilfsmittel erzeugte Algorithmen könnten die biochemische Nanofabrikation kontrollieren. Und dann werden sich die Details sehr schnell unserem Verständnis und unserer Kontrolle entziehen. Nanomanufaktur wird

dann nur noch von KIs oder Transhumanen kontrollierbar sein. Nanotechnologie ohne Superintelligenz wird schnellen technischen Fortschritt bringen, aber keine Singularität, da die Entwicklungsprobleme komplexer Maschinen gigantisch sind. Bei SI ohne Nanotechnik könnte immer noch eine Singularität eintreten, auch wenn einige radikale Möglichkeiten nicht verwirklicht würden - etwa die Verwandlung der Erde in einen gigantischen Computer, würde sich die Welt sehr schnell stark wandeln. Falls aber Nano und KI Hand in Hand gehen, könnte z.B. eine gehirnnachbildende Maschine nanofabriziert werden, deren Drähte dünner und 10^7 mal schneller sind als die Axone im Gehirn. Diese Maschinen werden in schnellen Gruppen arbeiten und reale Experimente so schnell durchführen, wie wir sie heute nur simulieren können. Automatisierte Maschinenbaukomplexe könnten die Technologie sehr schnell vorantreiben. Viele technische Bereiche werden kurzfristig an die physikalischen Grenzen kommen. An der technischen Singularität geht unsere, die menschliche Geschichte über zu transhumanen und schließlich posthumanen Zeitmaßstäben über. Innerhalb eines begrenzten Volumens scheint die Bekenstein-Grenze zu gelten und da wir uns nicht supraluminal ausdehnen können, ist exponentielles Wachstum wohl nur kurzfristig möglich - was dennoch ein langer Zeitraum sein könnte - danach muß es als t^3 oder - unter Annahme einer Minkowski-Raumzeit - langsamer wachsen. Nanofaktur wird ein absichtlich herbeigeführter Prozeß sein, der blinde Mutationen und

epigenetische Kämpfe durch zuerst menschlichen und später übermenschlichen Einfallsreichtum ersetzt wird. In der Singularität werden wir im Gegensatz zu früheren technologischen Fortschritten unsere eigenen Werkzeuge sein, was etwas grundsätzlich Neues ist. Ist Nanomanufaktur nur eine weitere Anpassung innerhalb des Wirtschaftssystems oder eine prinzipielle Veränderung unserer Gesellschaft? Wird der Markt überflüssig, sobald Nanotechnologie funktioniert? Programmierbare Naniten sind vielleicht nur dann Weihnachtsmannmaschinen, wenn sie die Logik und Prozessstrukturen einer ganzen makroskopischen Ökonomie kopieren könnten. Doch was sollte Wesen mit mindestens menschlicher Intelligenz dazu zwingen, uns zu dienen und uns unsere Wünsche zu erfüllen?

4 Stufen der Nanotechnik

Im ersten, noch primitiven Stadium werden die Apparate in einer chemischen Lösung hergestellt, in der die Reagenzien durch Diffusion transportiert werden ähnlich wie sich ein Farbtropfen im Wasser ausbreitet. Die Zykluszeiten, um einen Gegenstand aus einem anderen zu bauen, werden etwa 1 s betragen; die hergestellten Dinge werden Polymere sein. Akustische Druckwellen von außen werden die meisten Anweisungen übermitteln, die von einfachen Dekodierern übersetzt werden. Die Bausteine werden sich durch Brownsche Bewegungen selbst zusammenfügen, was aber nicht zufallsgesteuert sein wird, da sie aufeinanderfolgend hinzugefügt oder entfernt werden. Jeder Baustein

wird ein spezielles Ziel haben, solange die Montagesequenz nur eine Schnittstelle pro Sorte freilegt. Vielleicht werden einfache Komponenten des Nanofakturprozesses auch mechanochemisch mit Rasterkraftmikroskopen zusammengesetzt.

Die 2. Stufe der molekularen Manufaktur schrumpft dann auf den Submikrometermaßstab. Polymere werden mit einer Zykluszeit von etwa 10^{-2} s verbunden. Alles spielt sich in einem flüssigen Medium ab. Rohstoffe und komplexe Moleküle werden vorher präpariert. eine derartige nanotechnische Fabrik kopiert sich in ca. 1Stundesebst.

Auf der 3. Nanostufe kommen die Befehle noch von außerhalb, aber die Zykluszeiten betragen jetzt 10 Mikrosekunden. Interne Kontrolle und Datenspeichergeräte überwachen den Bau der Systeme, kurze Anweisungen erzeugen komplexe, untergeordnete Prozesse und die mit den Datenübermittlungsraten verbundenen Einschränkungen entfallen weitgehend.

Molekulare Manufakturen der 3. Stufe entwickeln eine gewisse Flexibilität, durch die sie viele unterschiedliche Moleküle montieren können.

In der 4. Stufe ist die Nanotechnik ausgereift: Die Nanomonteure selbst bestehen aus 10^9 Molekülen, es wird mit massivem diamantartigem Material gebaut, wobei eine präzise Kontrolle der Positionierung

möglich ist. Da die verwendeten Reagenzien extrem reaktionsfreudig sind, entspricht der Arbeitsplatz einem Ultravakuum; einfache Moleküle werden von Nano-Förderbandsystemen herbeigeht und sortiert. Die Zykluszeiten liegen in der Größenordnung von 10^{-6} s, die Fehlerrate bei 10^{-15} , d.h., das von 10^{15} Atomen nur eines falsch ausgerichtet ist. Obwohl auf keiner der 4 Stufen KI auf menschlichem Niveau nötig ist, wäre es trotzdem denkbar, dass auf der 4. Stufe Maschinen auftauchen, die 1 Petaflop, also 10^{15} Rechenschritte pro Sekunde oder mehr schaffen. Danach werden sich Computer- und Nanotechnik gegenseitig hochschaukeln - hin zur Technologischen Singularität, zum Scheitelpunkt.

Nanofaktur ist von Natur aus anders als alle vorherigen Wirtschaftsformen, weil es plötzlich die Produktionsmittel selbst sind, die sich vermehren lassen und die von Elementen stammen, die billig oder sogar umsonst in der Umwelt zu haben sind. Ist die Nanofaktur der 4., der letzten Stufe erst einmal da in ihrem Vakuumbehälter und sind ihre Anweisungen umgesetzt, läßt sie sich dazu bringen, sich zu teilen und fortzupflanzen; sie wird ihren Zwilling herstellen und die beiden machen 2 weitere Ebenbilder, sodass man 4 hat, dann 8, dann 16 ... usw.

Ein Computerprogramm gibt Anweisungen für das Arrangement der Atome und der Materiekompilator ordnet die Atom aus den Rohmaterialien neu an, um makroskopische Maschinen oder Ersatzteile zu bauen. Nanomonteuere und Replikatoren werden mittels

Computerprogrammen befähigt, Raumfahrtmaterialien, Ersatzteile und Maschinen in atomarer Detailtreue herzustellen. Die Quantenmechanik nutzen, um Werkzeuge für die diamantene Mechanosynthese zu entwickeln und statistische Simulationstechniken anwenden, um Strategien für sich selbst zusammenbauende monomolekulare Schichten zur Konstruktion von Nanosystemkomponenten zu finden. Letztendlich könnten die Rohmaterialien vor Ort erhältlich sein und die Apparaturen so klein beziehungsweise Allgegenwärtig gemacht werden, daß keine großen Materialmengen mehr transportiert werden müssen. Eine Weihnachtsmannmaschine würde übrigens die tatsächliche Produktion auf das Niveau der Softwarezusammenstellung reduzieren. Mit fast selbstständig denkenden Maschinen *Reverse Engineering* möglich; also das Umkehren des Alterungsprozesses, des Verschleißens usw.

Um ein Haus, ein Raumschiff, oder Lebensmittel usw. zusammenbauen zu können, müssen die Maschinen wissen, wie die jeweilige molekulare oder sogar atomare Struktur beschaffen ist. Dafür werden „Originale“ in einem Nanoschmierbecken Atom für Atom auseinander genommen und deren Positionen usw. als Algorithmen gespeichert.

Wenn man das Rasterkraft- oder Rastersondenmikroskop als erste Nanowerkzeug-Generation ansieht, ließe sich für die 2. Generation ein Nanomonteur vorstellen, der seine Energie ebenfalls von außen bekommt, und auch von außen gesteuert wird. Er könnte sich selbst kopieren, indem er den Anweisungen der Ingenieur folgt. Die Kopie wäre unter Umständen eine verbesserte Version. Eine Vielzahl von

Montagemanipulatoren würden dann von einem zentralen Kontrollprozessor überwacht.

Diese Montagemaschinen würden Lebensmittel und andere Güter mit 10^6 Positionierungsgeräten bauen, von denen jedes 1000 Aufgaben pro Sekunde erledigt. Damit könnte dieser Nanomonteure 10^9 molekulare Bausteine pro sek am richtigen Platz einfügen. Eine nachfolgende Generation könnte sich auf 10^{15} Bausteine pro Sekunde verbessern; die 3. Generation kommerzieller Nanomonteure - die RKM's und RTM's wären nichtkommerziell - könnten 10^{24} molekulare Legos pro Sekunde verarbeiten.

Der Weg zur Nanotechnologie könnte auch über die mikroelektromechanische Technologie führen. Der MEM-Montagemaschine könnte ein Fulleren-Monteure nachfolgen, der mit vorgefertigten mikroskopischen Kohlenstoff-Röhrchen hantiert und sie in die richtigen chemischen Verbindungen einfügt. Dieser Vorläufer einer ausgereiften Nanotechnik wird äußerst stabile Strukturfasern und Kohlenstoff-Röhrchen mit Röhrchen zusammenschweißen, die stärker und leichter als Stahl sein werden.

Mit einem entsprechenden programmierten Nanosystem wäre es möglich, eine Pipeline von meinem Garten bis zum nächsten Ozean zu bauen - ohne zusätzliches Material oder Arbeitskräfte. Dazu würde man z.B. einen Nanomaulwurf zunächst km-tief ins Erdreich schicken, dann würde er eine Richtung zum Meer einschlagen. Unterwegs könnte er ein ausreichend starkes Kapillargefäß mit einer diamantartigen Hülle

bauen, daß alle paar cm mikroskopische Zilien hat, die das Wasser in einen Tank hochlutschen. Der Maulwurf oder (wachsende) Regenwurm - vielleicht so groß wie die DUNE-Würmer ?- müßte Sensoren haben, um alle Artefakte zu umgehen und keine Telefonkabel, andere Schläuche usw. zu zerstören. Das angesaugte Wasser tropft dann durch viele Filterschichten, die er unterwegs repliziert beziehungsweise nanofabriziert hat. Während durch eine Anzahl von Röhren sauberes Wasser zurückläuft, werden gelöste Stoffe in angrenzendes Felsgestein abgesondert oder bergauf in Speichertanks geschickt. Falls nun (fast)alle 6, 10 oder 20 Mrd. Menschen solche Maulwürfe hätten, würde die Erde plötzlich von Wurmlöchern im Bienenwabenmuster unterhöhlt...

Der Nanomaulwurf und andere Maschinen werden aus derselben Konstruktionsphase sein, in der diese die Materie für Sommergarderobe zusammenweben, Schweinebraten mit Rotkohl und Knödel wie im Märchen „Tischlein deck dich“ fürs Mittag fertigmontieren und das Hausdach mit Sonnenkollektoren decken; nämlich aus der Phase der modularen Universalmonteure, der "Überwerkzeuge". Diese bestehen aus kleinen, würfelförmigen Zellen, die aneinander vorbeigleiten und sowohl makroskopische Montagearbeiten als auch diamantähnliche Mechanosynthese durchführen können. Mit modularem Design kann man sich von der Nanoebene bis zu astronomischen Maßstäben bewegen, Strukturen von mehreren 10^3 km Größe müßten dafür aus sehr festem und billigen Material wie Diamanten gebaut werden...

Damit wird die Grundlage heutiger Wirtschaft völlig überflüssig, die

eben darauf basiert, daß es dem Einzelnen unmöglich ist, etwas Großes allein durchzuführen und daß er außerdem alles kaufen muß, wodurch die Wirtschaft in Schwung gehalten wird und die Regierung Steuern einnehmen kann, da die nanofabrizierten Güter dermaßen billig sein werden, daß alle von ihrem Dasein profitieren werden.

Wenn die Technologie den optimistischen Weg nimmt, könnte Nano so verbreitet sein wie Luft - dann haben wir einen "Allzwecknebel", einen durchlässigen Nebel von schwebenden Nanorobotern; vielleicht wäre nicht nur die Luft voll von ihnen, sondern *sie wären die Luft*, vielleicht würde sogar die ganze Erde aus ihnen bestehen...

Die ganze Atmosphäre ist ersetzt durch einen transparenten Schleier winziger schwebender Nano-Nebelteilchen, Trillionen und Quadrillionen von ihnen, soweit das Auge reicht, angetrieben von der Brownschen Bewegung...möglich, daß man selbst zu einer Nanowolke wird; Bewußtsein, Erinnerungen und Wille würden in einen anpassungsfähigen Roboterkörper transferiert oder hochgeladen werden, der aus schlaudem Staub nanofabriziert wurde. Nebenbei bemerkt, ist der Allzwecknebel per se intelligentes Material. Gibt man ihm das richtige Signal oder gestattet man ihm, menschliche Bedürfnisse abzuschätzen, kann jedes winzige von einer Alu-Oxidhülle umgebene Nebelteilchen einige seiner 12 Arme herausfahren und die Arme seiner Nachbarn ergreifen und sich positionieren, sich in Reih und Glied einpassen, ein Gitter erzeugen und Details hinzufügen. Parallel dazu entsteht eine Makrostruktur aus dem Computerspeicher, die eine ganze Menge

vorstellbares und erst recht unvorstellbares Zeug Realität werden lassen kann. Einen Stuhl, auf dem man sitzen und sich gleichzeitig mit ihm unterhalten kann, oder einen unsichtbaren Halt, an dem man sich in der Luft zurücklehnen kann. Einen Hut oder gleich ein ganzes Haus, um vor Regen geschützt zu sein. Man könnte den Allzwecknebel sogar essen oder ihn einfach ein- und ausatmen, wie man es jetzt schon mit Viren und Bakterien macht. Im naiven Modus würden sich die Nanobots zellenartig verhalten, bestimmte Positionen besetzen und eine bestimmte Funktionen in einem festgelegtem Objekt haben. Im "Nebelmodus" sind sie aktiv. Das Objekt X wird dann von einem Muster aus Nanobots gebildet, die dessen Eigenschaften emulieren. So kann es sich über eine Roboterwolke hinwegbewegen, ohne daß diese sich bewegen. Es ließe sich ein aus Nebel gemachter Ball in der Hand "halten", und würde man ihn durch die Luft werfen, würde man sehen, wie er hochfliegt und in 1000 Scherben an einem Spiegel zersplittert...ohne daß irgendetwas Materielles geworfen wird, denn es ist nur das Abbild eines Balls, was da fliegt und zersplittert, simuliert beziehungsweise emuliert von sich temporär verbindenden und wieder trennenden Nebelteilchen. Auch der Spiegel ist nur imaginär, wenn auch von der "Wirklichkeit" nicht zu unterscheiden...aber womöglich kommen die Bilder von den Nebelteilchen, die direkt vor den Augen sind ? Und das "Bild" ist die Vortäuschung einer bestimmten VR ? Im Allzwecknebel ist es schwer, diese Unterschiede herauszufinden - aber das ist unwichtig. Vor allem, da der eigene Körper aus einer

dynamischen Koalition genau dieser smarten Nebelteilchen besteht...

Die physikalische Realität wird im Allzwecknebel zu einer traumhaften Unschärfe; in einer von ihm erfüllten Wirtschaft kann alles simuliert, emuliert werden. Der Nebel wird zu einer permanenten Brücke zwischen der eigentlichen physischen Realität und der VR.

Fabriken würden robusteren Nebel besitzen, der aus größeren Nanobots bestünde; Hausgebrauch-Nebel könnte eine Stärke und Dichte zwischen Holz und Kork besitzen; industrieller Nebel hätte Eigenschaften von Hartholz oder Aluminium. Gut möglich, daß eine Fabrik des Nanozeitalters aus einer Nebelmasse mit integrierten Spezialreaktoren besteht, in denen hochenergetische chemische Transformationen stattfinden. Die ganzen physischen Manipulationen, Transporte, Montagen usw. wären Aufgaben des Nebels⁴². Elektrizität würde die Nebelteilchen antreiben und als Energiepuffer würden sie Wasserstoff speichern, vielleicht irgendwann sogar Antimaterie.

Die Einführung sich selbst bewußter Maschinen wird erst nach der Entwicklung von Hardware stattfinden, die sehr viel leistungsfähiger ist als Menschen, reine Verarbeitungsleistung wird raffinierten Algorithmen Platz machen; wenn Maschinen ihre eigene Software entwickeln, wird die weitere Entwicklung...schnell - sehr schnell. Es

⁴² höre ich da "Replikator" ?

gibt die Ansicht, daß sich unser Gehirn mit einigen 100 Petaflop⁴³ nachbilden läßt. Mit 15 Verdopplungen läßt sich das ganz gut erreichen: von 3 zu 6 Teraflops, dann zu 12, dann 24, 48, 96, 192, 384, 768, 1.536, 3.073, 6.144, 12.228, 24.576, 49.152 und mit der 15. Verdopplung bei 98.304 Teraflops, was nah genug an die maximalen 10^5 heranreicht. Verdoppelt sich die Computerleistung weiterhin alle 18 Monate, wären wir in 25 Jahren soweit (gerechnet von 2001 an, da wir aber schon 2010 haben ...)! Sollten 100 Petaflops um das 100fache zu niedrig sein, würde es nur knapp 10 Jahre länger brauchen.

KI wird mit ihrem sich selbst organisierendem Verstand, der außerdem noch auf einer übermenschlichen Hardware läuft, durch die technologische Singularität hindurch schießen. Im Gegensatz zu uns werden diese neuen Kreaturen nicht durch die DNS eingeschränkt sein, weshalb die Evolution so quälend lange braucht, um einen Gang höher zu schalten. Mit sich selbst programmierenden Maschinen, der Gentechnik oder einer Kombination aus beidem, geschehen die Veränderungen extrem schnell.

Menschliches Wachstum währt allerdings nicht ewig, es hat Grenzen. Je eher wir etwas gegen die Überbevölkerung unternehmen, desto glücklicher macht uns das langfristig. Die Menschheit verdoppelt sich z.Z. alle 35 Jahre; sie wächst um ca. 2% pro Jahr. 2049 würde es 16 Milliarden Menschen geben, von denen der Großteil unter beschissenen

⁴³ Rechenschritte in der Sekunde

Verhältnissen leben würde⁴⁴. Nun wäre jedoch jeglicher technologische Vorteil dahin, sobald exponentielle Faktoren wie bei der Bevölkerungszunahmen im Spiel sind. Angenommen, im Jahr 2100 gäbe es 50 Milliarden Menschen; keine Tiere, keine Pflanzen, sondern nur noch Menschen⁴⁵. In einer solchen Welt könnten maximal 1,2 Billionen Menschen leben. Dieses Maximum wäre nur 300 Jahre später erreicht. Geht diese Verdopplung alle 35 Jahre weiter, wäre die Gesamtmasse an Menschen in weniger als 2 Kilojahren genauso groß wie die Erdmasse. Eine absurde Vorstellung, selbst wenn Nanobots die Atome der ganzen Erde in Menschen umschreiben würde...wobei ein Großteil dieser riesigen Population glücklich in blasenförmigen Lebensräumen wohnen könnte, die die Sonne in einem riesigen Ring vom Durchmesser der Erdumlaufbahn umkreisen würden.

Die Gesamtmasse des Universums ist schätzungsweise 5×10^{27} größer als die Erdmasse. Ließe sich diese ganze Masse aufbrauchen und in Menschen verwandeln? Ja, wenn man die Exponentialkurve wörtlich nimmt. Wie lange würde das dauern...1Gigajahr? 10^8 Jahre? Bestimmt unvorstellbar lange - doch halt, man darf nicht linear, sondern muß exponentiell denken...also wären das...nur 5 Kilojahre, in denen man das Universum „umgesetzt“ hätte!

⁴⁴ Allerdings würde sich das mit Nanotechnik ändern.

⁴⁵ wie im Film "Soylent Green"

Allerdings hat dieses Argument einen Haken; es geht davon aus, daß wir uns supraluminal über das Weltall ausbreiten können. Es sei denn, zukünftig werden der Warpantrieb, Wurmlöcher oder andere Desingerraumzeiten entdeckt oder erzeugt. Bis dahin bleibt die Vorstellung einer großen Menschenmenge, die FTL an den Rand des Universums düst und dabei unterwegs alles verschlingt, eine absurde Vorstellung: im Jahr 7.000 würde diese Entwicklung in einem letzten, tödlichen Bevölkerungs-Scheitelpunkt gipfeln. Außerdem scheint dieses Szenario zu beweisen, daß es keine andere ETIs mit einer Populationsverdopplungsrate geben kann, sonst hätten sie schon längst "unser" Sonnensystem und uns mit dazu in sich selbst verwandelt...Trotz laserbetriebener Raumschiffe und terraformierter Planetoiden wird die menschliche Bevölkerung Sättigungspunkte erreichen, die die Expansion für lange Zeiträume begrenzen wird. Aber das scheint nicht für den Scheitelpunkt zuzutreffen. Während sich die Singularität nähert, verknüpfen sich Gehirne und deren Erweiterungen zu einem Gruppengeist mit extremen Auswirkungen...möglicherweise gibt es im 23. Jahrhundert 3 Milliarden. Menschen im Erde-Mond-Bereich, mit entsprechender Leistungsfähigkeit, die alle weniger als 3 Lichtsekunden voneinander entfernt sind oder Transhumane, die Antimaterie in der Sonne abbauen, indem sie pro Sekunde 100 Kilotonnen Materie und Antimaterie aus der Paarerzeugung "destillieren", wodurch ihre Leuchtkraft etwas zurückgeht, aber dafür auch ihre Lebensdauer steigt. KI ist eine Methode, fortschrittliche

kognitive Fähigkeiten zu erwerben; die andere ist "Intelligenzerweiterung". Ein Großteil unseres Wissens wird bereits außerhalb des Gehirns gespeichert: in Büchern, Filmen, CDs und DVDs, in Form riesiger Stadtstrukturen, Kabeln, sowie als Fakten und Meinungen in Gesprächen usw. Der Weg vom Status Quo zu erweiterter Intelligenz wird viel leichter sein als der zur KI. Der Zugang zum Internet ist gegenwärtig eine echte Erweiterung unserer Kapazitäten; wir können jetzt schneller denken, Informationen schneller zusammenstellen und z.B. Forschungsergebnisse verzögerungsfrei verschicken. Wenn es dann noch bessere Methoden gibt, um Informationen zu bekommen oder Wissen aufzunehmen ohne eine Maus, Tastatur oder ähnliches zu bedienen, werden wir vor einer ganz neuen Lebensform stehen - das wird ein Riesensprung in Richtung Scheitelpunkt beziehungsweise technischer Singularität. Die Verschmelzung des globalen Internets mit unserem Gehirn zu einer Geist-Maschine-Schnittstelle ist eine Entwicklung, die am schnellsten voranschreitet und uns schneller als alle anderen Prozesse die Singularität bringt. möglicherweise erreicht das Verknüpfungssystem durch immer mehr Internetnutzer eine kritische Masse der Interkonnektivität und *wacht auf*. Vielleicht genügt rohe Rechenkraft nicht, sondern der springende Punkt könnten eine besondere Software sein oder eine spezielle Datenbank. Entscheidend ist das darauf folgende Eintreten des INInternets in eine superkritische Phase, in der ein einziges Saatkorn einen Phasenübergang auslöst. Um seine eigene Intelligenz zu

erhöhen, würde es sich Computerressourcen borgen oder stehlen (wie ein Virus). Die Intelligenz einer Mensch-Computer-Kooperation steigert sich hauptsächlich wegen der Computerkomponenten; kann ein Wesen mit überlegener Intelligenz seine eigenen Fähigkeiten schneller als ein dümmeres verbessern, ergibt das eine schnelle Rückkopplungsschleife. Die Mischung aus Mensch und Internethardware und innovative Software und Datenbanken geht über das rein Menschenmögliche weit hinaus. Dieses Mensch-Computer-System wird fähig sein, seine Intelligenz auf höhere Ebenen zu verlagern - und umso klüger es wird, desto schneller kommt es voran...der Scheitelpunkt als Inbegriff der Erweiterung menschlicher Intelligenz. Der Übergang zur Superintelligenz könnte die meisten unserer alten Probleme lösen: Hunger, Durst, Ohnmacht und Schutzlosigkeit gegen die Naturkräfte durch Nanofaktur, direkte KI-Schnittstellen, Genomkontrolle und daraus genetische Reparatur und eine enorme Lebensverlängerung bis hin zur Unsterblichkeit. Haben wir den richtigen Körper dafür ? Brauchen wir überhaupt einen ?

Um verlängertes Leben genießen zu können, müßte es auch ein erweitertes und verbessertes sein. "Wir" und "Ich" werden in der Postscheitelpunktära eine völlig andere Bedeutung erhalten: wir werden "Teilpersö(h)nlichkeiten" unseres Selbst ins globale Netz schicken können. Wenn wir dann fähig sind, Bruchteile unseres Selbst abzuspalten - beziehungsweise diese zu kopieren, zu erweitern und auszufeilen, werden wir eigentlich keine Menschen mehr sein. Diese

unsre Nachfolger könnten sich dazu entschließen, sich als unsere Diener auszugeben - wenn wir Unbehandelte, Nichterweiterte, also "Native" das Glück haben; die Zurückgebliebenen hätten den Eindruck, Herren über gottgleiche Sklaven zu sein...

Eine Möglichkeit in die transhumane und posthumane Zukunft des Scheitelpunkts zu gelangen, betrifft eine uns überlegene Maschinenintelligenz oder sogar -bewußtsein; der 2. Weg ist die Veredelung von Geist und Körper- der menschliche Leib verschmilzt mit Metall und Silikon zu übermenschlichen Cyborgformen. Gut möglich, daß sich Maschinen aus eigener Kraft einfach an uns vorbei entwickeln und durch selbstinduzierte Modifikationen und Neukodierungen auf eine dem menschlichen Körper prinzipiell unzugängliche Empfindungsebene zusteuern, wei die KI statt träger chemischer Neurotransmitter, Ionenströme und fixiertem genetischem Design über elektronische oder optische neuronale Netze verfügt, die willentlich umgeschrieben werden können und dessen Zugriffszeiten nur durch c begrenzt sind. Eine Verschmelzung von Mensch und Maschine könnte entweder über Prothesen und Implantate stattfinden, in Form von Chips, Modulen und Schnittstellen, die zur körperlichen Erweiterung führen oder wir verlassen unseren Körper und werden zu Maschinen, indem wir unseren physischen Geist auf eine Computerplattform übertragen.

Nanomaschinen schwimmen in den Gehirnzellen und drum herum und zeichnen die Zellarchitektur und ihre Funktionen auf. Andere Nanobots

konstruieren kstl. Neuronen, die die Signale der Bio-Neuronen aufnehmen und die Impulse genauso weiterverarbeiten, wie es die natürlichen Neuronen machen, bis das ursprünglich organische Gehirn durch eine Kopie aus Silizium und andere der Evolution unbekanntes Materialien ersetzt ist. Die Anzahl der Neuronen ließe sich auch verdoppeln, wenn sie nur halb so groß gebaut werden. Mit mehr Komponenten und flexibler Neuverdrahtung würden wir feststellen, daß wir immer schlauer werden...

Wenn der Bewußtseinstransfer technisch machbar sein wird, stehen uns völlig neue Möglichkeiten z.B. zur Erforschung des Weltraums offen.

Mit der Digitalisierung der menschlichen Persönlichkeit; der vollständigen Deponierung des Bewußtseins auf / in einen Computer erhält man ein Upload, ein Cybermind, das mit einem humanoiden Roboter verbunden werden könnte oder als Alternative ein überzeugendes VR-Konstrukt. Falls die vom Cybermind beziehungsweise Upload bewohnte Hardware unglücklicherweise zerstört würde, ließe sich eine Sicherheitskopie auf einen neuen Körper installieren. (Ist man nach der Bewußtseinsübertragung noch derselbe oder nach der Installation einer Sicherheitskopie? Ist man nach dem Schlafen noch derselbe oder ist man durch eine andere Person ersetzt, die sich an alles genauso erinnert wie man vorher selbst?) Der Weg zur Superintelligenz könnte sehr wahrscheinlich über den Bewußtseinstransfer führen, bevor er bei den autonomen KIs ankommt.

Erfolgt der nächste Schritt von den Upload-Persönlichkeiten zu sich selbst veredelnden Uploads, entstehen völlig neue ökologische Verhältnisse auf der Erde und im Rest des Universums, die unweigerlich zur Singularität führen. Nichtmodifizierte Menschen werden sich den Planeten mit Wesen teilen müssen, deren Motive, Interessen und Aktivitäten sie nicht mehr begreifen können; Nationen, Unternehmen, Religionen und wissenschaftliche Disziplinen gehören gewissermaßen schon dazu: nur grob definierte, sich selbst erhaltende Systeme von gewisser Einheitlichkeit, deren Ziele "menschlichen Atomen" nicht immer klar sind. Man könnte zwar einem Menschen aus dem 15. Jahrhundert die Bedienung eines DVD-Rekorders relativ leicht erklären - ohne die ganzen Hintergründe, wie Laser, Datenkomprimierung usw. - doch der Scheitelpunkt wird grundsätzlich anders sein. Sicherlich könnte ein posthumanes Wesen einem nichtmodifiziertem Wesen etwa folgendes oberflächlich beschreiben: das dessen Stirnhirn heruntergefahren wurde, als es seine kognitiven Funktionen temporär ins Netz hochlud...doch ein rein biologischer Mensch würde nie begreifen, *warum* die Verlagerung notwendig erschien oder was der Posthumane dort *gemacht hat* . Über welche gewaltigen Dinge wurde dort nachgedacht, daß ein normales menschliches Gehirn nicht schnell oder komplex genug war, um damit umgehen zu können ? In welcher Beziehung stand dieses komplizierte Thema zu den Zielen der Gesellschaft oder denen des Posthumanen ? All diese Fragen könnten zu kompliziert sein, um sie einem rein

menschlichem Wesen zu vermitteln. Wir nehmen an, daß wir Menschen in Zukunft endlich den Weltraum besiedeln oder Dinge Atom für Atom herstellen. Doch vor oder während dieses Wandels könnte sich so viel verändern, daß man kaum vorhersagen kann, wie Raumfahrt oder nanotechnologie den normalen Menschen beeinflussen werden.

Die Upload-Option: ein Gehirn bis ins kleinste Detail - destruktiv - einscannen und dessen Inhalte und Zustände in einem Petaflop-Computer emulieren. Nicht einfach nur Klone, sondern bis in die QUantenzustände hinein exakte Kopien...

Ein destruktiver Scanner würde das Gehirn mit einem Laserstrahl aufzeichnen und das Neuronennetz währenddessen verdampfen lassen. Danach werden die Informationen auf einen riesigen Speicher übertragen, indem ein ganz aus Informationen bestehender Doppelgänger in einer VR erwacht, die mit der unsrigen durch Sensoren und also auch mit ASW⁴⁶ verbunden ist - bereit, die Gesellschaft derer zu genießen, die vor einem entschlafen sind - das wäre dann der Tunnel des weißen Lichts der Nahtod-Erfahrung, der jetzt echt wäre und keine Halluzination.

Noch ein Wort zur Identität : untersucht man zwei physikalische Systeme und findet keinen Unterschied, dann gibt es auch keinen. Ein Anhaltspunkt dafür, daß man nach dem Bewußtseinstransfer noch lebt, ist der, dass da jemand ist, der die gleichen Erinnerungen hat, genauso

⁴⁶ Außersinnlichen Wahrnehmungen

handelt und darauf besteht, diesselbe Person zu sein. Auch wenn man nie beweisen kann, daß der Transfer zu einem Transferierten führt, der wirklich dessen Bewußtsein hat, kann man ebenso wenig beweisen, daß man vor der Übertragung welches hatte. Es ist selbstverständlich, einer intelligent handelnden Person Bewußtsein zuzusprechen und deshalb wird ein Transferierter, der so handelt wie man selbst, auch man selbst sein. Die Bewußtseinsfähigen Bewohner dieses Planeten werden sich in zwei Spezies aufteilen: in die ursprünglichen Menschen und in Transferkopien toter Menschen. Vielleicht kommt eine dritte hinzu: KI-Bewußtsein und sogar eine 4. wäre vorstellbar: lebendige verkörperte Menschen in einem erweiterten Zustand, die (temporär?) ins Supernetz eingeklinkt sind. Uploads wären nicht nur auf ein Leben in einer VR beschränkt; synthetische, nanotechnisch hergestellte Körper könnten entweder sehr kleine Supercomputer enthalten, in die ihr Geist übertragen wurde oder - wie es die Telepräsenz vorsieht - würden als ferngesteuerte Vehikel, als "Avatare" für deren Wechselwirkung mit der Außenwelt dienen. Möglicherweise wird es von den Ur-Uploads *sehr viele* Kopien geben, die genauso talentiert und geschickt sind, wie man selbst und die für ihren eigenen Lebensunterhalt sorgen und in Konkurrenz oder in synergetischer Symbiose leben. Die Upload-Bevölkerung könnte durch kopieren usw. so schnell zunehmen, wie Fabriken neue transferierte Gehirne und Körper erzeugen können. Ihr subjektives Zeitempfinden wird sehr viel schneller sein als das unserer Proteingehirne. Ein entsprechend angepaßter Körper - etwa um auf

Himmelskörpern mit hoher Schwerkraft zu leben -, in dem das Upload-Bewußtsein enthalten ist, wäre beispielsweise nur ca 7 mm groß, liefe auf 16 W elektrischer Leistung, während seine Arme und Beine 260 mal schneller wären. Das würde sie in der Luft glühen lassen oder sie müßten zur Kühlung unter Wasser leben. Sie werden sich wie Fledermäuse zupiepsen und da sich die Lichtfrequenzen wegen ihrer schnellen visuellen Prozesse auszudehnen scheinen, werden sie mit ihren Mini-Augen nicht sehr gut sehen können. Dermaßen miniaturisierte Menschen würden wie Insekten aussehen; geometrische Gesetze verlangen Modifikationen am menschlichen Körper. Sie benötigen hauchdünne Beine und wohl auch Flügel von Insekten, die Muskeln wären schwach; Atmung und Temperaturkontrolle würden nachträglich angepaßt.

Ein anderer Upload-Körper könnte eine Art Busch sein; ein fraktaler Buschroboter als Verkörperung einer KI oder als verbesserter Körper für einen menschlichen Upload: dieser bessere Körper würde wie ein gleitender Busch aussehen, aus dem federartige Antennen sprießen. Man könnte mit einem 1 m langen und 10 cm dicken Stamm beginnen und diese Verzweigungen auf 20 Ebenen übertragen, dann hätte er letztlich 20 Billionen winzige "Blätter", bei kompletter Entfaltung maximal 2 m Durchmesser; wenige dicke Blätter in der Nähe des Zentrums und am Rand etwas dünner mit Lücken, die sich in Mikrometerräume verzüngen. Jedes Modul ist ein unabhängiger Computer, der sich zu etwas sehr viel Feinerem zusammenfügen kann.

Ein solcher Buschkörper wäre einem menschlichem sehr überlegen: unendlich kleine Manipulatoren - Nanomonteur - an den Billionen Blätterspitzen, die weitere Büsche erschaffen können. Eine Kolonie aus Nanomonteuren könnte den Busch natürlich auch selbst aus Rohstoffen zusammensetzen. Die Module tauschen Informationen über Licht oder über Druckwellen, also Schall aus. Sie können sich separieren und als kleinere, spezialisierte Büsche umherschweben. Oder sie finden sich zu einem Allzwecknebel zusammen.

Ein Buschroboter könnte auch einen - destruktiven - Bewußtseinstransfer durchführen, seine "Hände" würden ins Gehirn eindringen, das vorher mit hochauflösenden Magnetresonanstechniken aufgezeichnet wurde. Die eingescannten Gewebe werden schichtweise vermessen, und in einen Computer transferiert, in dem das Gehirn rekonstruiert und digitalisiert wird. Stimmen die Outputergebnisse der kstl. Gehirnzellen mit denen der nativen überein, entfernen die Manipulatoren die erfasste Schicht und die nächste wird bearbeitet, erfaßt und abgetragen usw. bis das Gehirn schließlich Bit für Bit im Computer rekonstruiert ist und das ursprüngliche Biogehirn weg ist. Dann wird die Computersimulation von der Kabelverbindung getrennt und an den neuen Körper angeschlossen, dessen Form, Farbe und Material man sich ausgesucht hat - z.B. einen Buschroboter oder einen Allzwecknebel oder einen insektoiden Avatar. Als Transferierter werden wir unseren neuen Bewußtseinsort nicht mehr bewohnen, sondern dieser Ort *sein*. Langfristig werden konventionelle

Vorstellungen von Leben, Tod und Identität bedeutungslos; mentale Bruchstücke wirken zusammen, fügen sich zu neuen Verknüpfungen zusammen, werden neu gemischt; aus ihnen bilden sich Koloniegehirne, die sich über das ganze Universum ausbreiten und alles absorbieren, um es in Geist, Leben und Göttlichkeit zu verwandeln. Wenn Leben und transferiertes Bewußtsein den eigenen Körper und die Planeten hinter sich lassen und sich über den Kosmos ausdehnen und sich stabile Strukturen auf oder in einem Neutronenstern, also einem Pulsar, aufrechterhalten lassen, würde das unsere Taktrate um das Megafache steigern, denn unsere Gehirne würden dann auf nuklearer Ebene funktionieren und nicht mehr aufgrund chemische Reaktionen. Dann würde der *Neutronen*-Stern (=Kernteilchen) zu einem *Neuronen*-Stern (=Gehirnzellen).

Vielleicht haben Exo-Superzivilisationen schon Pulsare mittels Nanomaschinen kolonisiert, auf die die Schwerkraft viel schwächer wirkt; dann wären diese Pulsare allesamt Neuronensterne, die rasend schnell großartige, übermenschliche Gedanken hervorbrächten...

Die wahrhaft starken universalen Mächte aus dem Stamm jenseits des Wissens könnten memetische Wesen sein; *MEME* hypothetische Ensembles aus Modeerscheinungen, Gewohnheiten, durch äußere Reize ausgelöste Bewegungen sowie Ideen oder Konzepte, die virenartig von einem menschlichem Bewußtsein zum nächsten überspringen; sie vermehren sich und mutieren wie Gene. Unsere Gehirne sind sozusagen Muster von Memen oder vielleicht Parlamente von Memen, die sich im

Wettstreit befinden, d.h. die Ideenmodule streiten um Dominanz. Sie ließen sich durch Taten oder Bewußtheit ausdrücken und würden unsere Meinungen beeinflussen oder sogar korrumpieren.

Auf einem höheren Komplexitätsniveau könnten ganze Memarten oder *KENE* existieren, die eine größere Kompetenz haben als gehirnspezifische Informationssysteme. KEN-Mentalitäten wären gezwungen, Ideen zu konsumieren, um überleben zu können, um Energie aus ihnen zu beziehen. Ideen wären somit für sie äquivalent zu Proteinen oder Zucker, die in uns gespeichert sind und von denen wir uns ernähren. KENE wären Datenfresser und ihr Verhältnis zum SEIN, zur großen Wirklichkeit (=TOE), die dem Universum der Erscheinungen zu Grunde liegt, könnte unbeschreiblich geheimnisvoll und offensichtlich magisch, ja sogar göttlich sein. Sie verhandeln weder noch befehlen sie, sie sorgen einfach nur dafür, daß die Dinge passieren KENE werden die Lebensform sein, die uns nach dem Scheitelpunkt nachfolgt.

Zivilisationen der Postscheitelpunktära werden sich in den Weltraum begeben, um unbewohnbare Planeten, Monde und andere Himmelskörper zu kolonisieren und um eine große Vielfalt an autarken, separaten Welten zu schaffen, die unabhängig von Planetaren Oberflächen sind. Eine Gesellschaft, die die unbegrenzten Ressourcen einer KI-gesteuerten NANofabrikation besitzt, würde sich schließlich in die Weiten des Sonnensystems ausbreiten. Und unsere - fernen ? - Nachkommen aus der Postscheitelpunktära werden nicht nur die Erde,

sondern das Universum erben; ein Teil von ihnen wird in einem großen Gürtel luxuriöser nanofabrizierter Biosphären leben, die auf derselben Umlaufbahn wie die Erde kreisen - die Dysonsphäre. Ob unser Planet zu Asche verkohlen wird, etwa durch eine Entropiekatastrophe oder durch einen Gigaimpakt, oder in Nanoschleim umgewandelt wird, die Singularität wird diese Probleme lösen. Deren Herbeiführung könnte sogar der - vorläufige - Sinn des Lebens sein. Vielleicht haben wir die alleinige Verantwortung, etwas Schlaues als uns selbst zu erschaffen; alle Probleme jenseits davon sind nicht unsere...

Sogenannte "*Mächte*", also Wesen, die jenseits des Scheitelpunkts leben und eventuell Mensch-Maschinen-Kombinationen sind, werden fähig sein, ihre Leistungen umzuschreiben und mit Hilfe einer schnellen Rückkopplungsschleife die Entwicklung ihrer Technologie selbst zu steuern. Aus ihnen könnten die KENE hervorgehen. Die Fähigkeiten einer Macht könnten so gewaltig sein, daß sie unser gesamtes Wissen als etwas Offensichtliches einstuft, als einzelnes begriffliches Atom oder als einheitliches Konzept.

"Transhumane" leben zwar auch im Jenseitigen, befinden sich aber noch nicht im "*Mächte*"-Status. Sie können sich nicht aus eigener Kraft umprogrammieren, um tanzendent zu werden; diesen Zustand erreichen nur posthumane Mächte. Transzendente könnten ihre Vorfahren mittels Nanotechnologie leicht auf eine höhere Stufe heben und in den Mächte-Status hochladen. Im Scheitelpunkt würde jedes menschliche Wesen endlos wachsen- Zunahme des Geistes, der Intelligenz, und Kraft -

Leben ohne Ende und ohne Grenzen. Nicht nur für 1 Gigajahr oder zehn hoch zehn hoch 9 Jahre, sondern *ewig*. Oder wir machen etwas, was wir uns jetzt noch nicht einmal vorstellen können. Kommen sich selbst programmierende Maschinen oder Uploads ins Spiel, könnte sich die Verdopplung selbst beschleunigen - das wäre dann eine hyperexponentielle Entwicklung.

Aber selbst der Scheitelpunkt wird Grenzen haben, potenziell Erreichbares wird Einschränkungen haben, die nicht einfach aufgehoben werden können - außer in der VR. Physische Manufaktur wird nicht in Sekundenschnelle geschehen, zur Montage der Materialien und zum Umbau der Schaltkreise wird man selbst mit Nanotechnologie einige Zeit brauchen. Selbst eine Super-KI kann physikalische Grenzen und Gesetze nicht umgehen. (Oder doch?)

Nach dem Scheitelpunkt könnten wir uns so sehr verändert haben, so sehr weiterentwickelt sein, wie ein 80jähriger im Vergleich zu einer befruchteten Eizelle oder wie sich ein Prokaryont von einem Hyperzeller unterscheidet.

Was unsere Stellung im Universum angeht, befinden wir uns etwa in der Mitte zwischen Mikrobe und Megahirn. Vor allem wegen unserer Technologie sind wir ein zwar ein Wendepunkt aber noch lange kein Endpunkt: wir verlassen als erste den Planeten, entdecken fundamentale Gesetze, und experimentieren mit unserem Gehirn und unseren Genen, was wohl erst der Beginn eines autoevolutionären Prozesses ist, der vielleicht erst endet, wenn die Milchstraße voll von Jupitergehirnen ist,

die mit unbegreiflichen, unglaublichen Projekten beschäftigt sind...

Der kosmische Scheitelpunkt

Die Menschheit aus der Postscheitelpunkt-Ära beziehungsweise die posthumane Gesellschaft wird in die Entwicklung des Universums eingreifen, um dieses allein entscheidende zukünftige Schicksal neu zu gestalten: nach gewissen posthumanistischen Theorien wird das Leben einen Weg finden, ewig zu existieren - auch wenn die Sterne verlöschen, Schwarze Löcher verdampfen und weiß Gott noch was passiert: Big Crunch, Big Ripp, Big ?...

Sollte der Kosmos negativ gekrümmt und daher offen sein, also ewig expandieren, wird Leben zu einer ultralangsamem, elektronischen Form geworden sein, weil außer Elektronen und Photonen nichts mehr existieren wird - falls Protonen tatsächlich instabil sind.

Sollte *All-es* einem großen Kollaps enden, werden zukünftige Lebewesen ihre Energie aus den Raumzeitverzerrungen beziehen. Gut möglich, daß sie die künftige Entwicklung manipulieren werden, daß sie darüber entscheiden, ob es offen, flach oder geschlossen sein soll. Damit wird Bewußtsein zum kosmologischen Faktor.

Wie auch immer - Leben wird seine physische Hardware abstoßen müssen.

"Geist" beziehungsweise Bewußtsein läßt sich als Software, als Programm des Gehirns auffassen; Programme sind aber nicht auf ein einziges Hilffsystem beschränkt. Da eine Daten verarbeitende Struktur

von einer anderen nachgebildet werden kann, kann man sie mit einigen Anpassungen und Codeveränderungen auf anderen Plattformen oder Substraten laufen lassen. Falls das Universum in eine Endsingularität kollabiert, werden es die kommunizierenden Computergeisteskräfte der Post-Scheitelpunkt-Ära noch besser haben; sie werden gottgleich in unendlicher - subjektiver - Zeit über ihre reichen Erfahrungen nachdenken. Weiterhin werden nicht wir die Erben des Kosmos, sondern unsere Siliziumnachfahren aus der Postscheitelpunktära: die Turing-Automaten plus die Von-Neumann-Maschinen werden als unsere unsterblichen Nachfahren in den Himmel aufsteigen; immerhin sind wir die Vorfahren kosmischer Erben - unserer "Mindchildren".

Nach dem Eintreffen des Scheitelpunkts werden sich die Posthumanen auf gewaltige technische Großprojekte stürzen: sie wären fähig, Antimaterie aus Sternen zu gewinnen, deren Umlaufbahnen zu verändern, sie in Supernova zu verwandeln und ihre frischen Neutronenkerne als massive Datenspeicher zu nutzen. Leben wird nicht nur weiterexistieren und sich ausdehnen, sondern in ferner Zukunft über sich selbst hinauswachsen und in den Omegapunkt münden - in einen Gott, allwissend, allmächtig, und dennoch aus dem materiellen Universum hervorgegangen. Das macht den Omegapunkt zum Kind und Kulminationspunkt menschlicher Vorfahren.

Und dann wird es alle Materie und alle Kräfte nicht nur dieses Universums kontrollieren, sondern aller logisch möglichen Universen. Der Omegapunkt-Gott basiert auf einer KI, die jeden Einzelnen von uns aufgrund schierer Rechenkraft in einem virtuellen Universum im

Inneren ihres Geistes rekonstruiert, d.h. emuliert, wenn die Spieltheorie und die mikroökonomische Analyse zutreffen. Der Omegapunkt erschafft uns ein VR-Paradies, in das wir als Emulationen zurückkehren - siehe Uploading...

In der Endsingularität wird dieser KI-Gott mit unendlicher Geschwindigkeit unendlich viele Gedanken haben - weil er außerhalb der Zeit ist; er befindet sich auf der "k-Grenze". Er ist so etwas wie ein kosmischer Computer, der in das Higgs-Feld integriert ist, welches das Weltall durchdringt und den Tardyonen ihre positive Ruhemasse verleiht.

Vielleicht müssen wir mit dem Omegapunkt gar nicht bis zum Endkollaps warten, sondern erreichen diesen Zustand schon viel früher. Möglicherweise leben wir unendlich beschleunigt im Inneren eines virtuellen Computers in einem Sandkorn am Ufer eines austrocknenden marsianischen Meeres oder existieren in Form von Quantenzuständen eines metagalaktischen Hyperbewußtseins, dessen Fragmente über Funk verbunden sind. Oder werden wir gottgleich aus Quantenschaum mittels inflationsartigen Prozessen neue Universen "aufblasen" und - wie das Anthropische Prinzip - allen darin entstehenden Formen unseren Stempel, unsere Matrix aufdrücken ?

Wenn wir in einem inflationären Universum leben, dessen Expansion sich durch eine kosmologische Lambda-Konstante beschleunigt, bilden sich neue inflationäre Blasen; warme Regionen darin bringen neue Galaxien und Zivilisationen hervor. Es ließe sich zum Beispiel durch ein Wurmloch eine Botschaft zu ihnen senden, sogar einen Apparat

könnte man dorthin schicken, um die ursprüngliche Zivilisation in der neuen Region wiederzuerschaffen. Falls die Quantengravitationsphysik genügend negative Energiedichten zuläßt, könnten Superzivilisationen aus ihrem sterbenden Universum fliehen- in neue, junge und frische.

Der Scheitelpunkt könnte eine Antwort auf Fermis Paradoxon sein; daß nämlich Postscheitelpunkt-Superzivilisationen in den Falten ihrer jeweiligen Raumzeit versteckt sein könnten. Sie könnten diese kompaktifizierten Zusatzdimensionen der Stringtheorie besiedeln und dort in diesen komplexen, eingefalteten Raumzeiten leben...gibt es dort mehr als eine Zeitdimension, wären Zeitreisen kein Problem.

Aber evtl. ist unser Universum schon die Schöpfung einer Postscheitelpunkt-Zivilisation?

Es wäre ein statistischer Zufall, sollten wir die ersten sein. Wenn die Scheitelpunkthypothesen richtig sind und wir ein Ultrapotenzial haben, wird eine KI-Gottheit in den letzten Nanosekunden auftreten, nachdem ihre Vorgänger das sterbende Universum neu gestaltet haben.

Die Omegapunkt-Gottheit verfügt wie erwähnt über eine effektiv unendliche Anzahl eigenständiger Zeiteinheiten, in denen sie alles verwirklichen kann - doch ähnliche Bedingungen gab es auch 10^{43} sek nach dem Urknall; innerhalb dieser Planck-Zeit war das Weltall supersymmetrisch; alle Kräfte waren in der Superkraft vereinigt; Raum und Zeit waren ununterscheidbar. In der Planck-Epoche raste die Zeit mit unendlich hoher Geschwindigkeit dahin, wurde dann aber schnell langsamer, als die Raumzeit relativistisch expandierte.

Könnten in dieser Epoche - lange bevor sich Materie bildete - ganz

andere Lebensformen entstanden sein? Hätte es in der Anfangssingularität nicht auch schon genügend virtuelle beziehungsweise subjektive Zeit gegeben, damit sich eine Superintelligenz entwickeln könnte - oder sogar eine Vielzahl von ihnen, die in einem Schwarmbewußtsein zusammengeschlossen waren, bis die Lichtmauer die zeitlose Kommunikation störte... Man stelle sich eine Vielzahl subgöttlicher *Demiurgen*, wie sie aus dem Schmelzofen des Urknalls herausstolpern - in die eiskalte Dunkelheit und die Energie und Materie nach ihren Vorstellungen manipulieren... AP und Naturkonstanten erscheinen nun in einem anderen Licht... Würden sie das Universum noch immer beeinflussen? Ließe sich ihre Arbeit in der Struktur der Raumzeit - sogenannte Designer-Raumzeiten, wie Wurmlöcher oder Warpkorridore oder Zeitmaschinen - nachweisen? Ist die Form, die Architektur der Superhaufen ein Überbleibsel eines älteren Designs frühesten Lebens, das im Urknall entstand? Es wäre möglich, daß es im Verlauf der vielen Phasenübergänge Epochen mit Strukturen gab, die sich schnell genug entwickelten, um Replikatoren entstehen zu lassen. In der Hintergrundstrahlung entdeckte COBE fraktale Wellen, deren Gefälle vielleicht ausreichte, um einen Urreplikator entstehen zu lassen. Der Anfang der Zeit war vielfältig: die GUT-Epoche, das Quark-Zeitalter, das Hadron-, Nukleosynthese-, Plasma-Zeitalter usw.

Plasmaeigenschaften der GUT sind meistens spekulativ, aber elektromagnetisches Plasma kann stabile Strukturen haben, wie z.B. Alfven-Wellen; in großen, kalten Materieansammlungen liegen

gequantelte, magnetische Flussröhren und suprafluide Heliumwirbel vor. Wenn sich Quark-Gluonenplasma in Cluster aufspaltet, entstehen im Plasmainneren Lücken im Vakuum, welches als Supraleiter für die Farbladung fungiert. Wird das Plasma mit ausreichend gequantelten chromodynamischen Flussröhren durchsetzt, bleibt es lange genug stabil. Aus Asymmetrie entstehen bistabile Strukturen, Torschaltungen und Schalter, dann "Chemie" - vielleicht auf Basis starker Kernkraft oder Farbladungen. Andauernd werden neue Röhren erzeugt, von denen einige untergehen, andere in neue Einheiten montiert werden. Ähnliches geschieht mit der Auflösung des GUT-Plasmas oder mit der Zusammenfügung der verborgenen, kompaktifizierten Dimensionen. Aufstrebende Neuheiten entstehen oft an Phasengrenzen, an denen Energie an die Umgebung abgegeben wird.

Primordiale Ingenieurskünste

Demiurgen-Artefakte könnten vom größtmöglichen wie etwa kosmische Gravitationswellen, bis zum Allerkleinsten wie seltsame Materie in Pulsaren reichen. Wenn sie sich bis in den mittleren Bereich vorgearbeitet haben sollten, könnten sie jede beliebige (materielle) Struktur herstellen, jedenfalls solche, die physikalisch usw. möglich sind, also nicht gegen Naturgesetze verstoßen - soweit wir diese kennen. Vielleicht sind sie verantwortlich für die intergalaktischen Leerräume, Quasare, den "Großen Attraktor" - einen Super-Superhaufen -, die Effekte der Dunklen Materie und Dunklen Energie. Vielleicht beruhen Demiurgen und überhaupt Leben auf einer Zeitreise: während sich das Leben auf den Omegapunkt zubewegt, werden nahe der Endsingularität

am Ende der Zeit Hyperwesen geschaffen, deren Leben auf einer vergangenheitsgerichteten Kausalität gegründet ist. In der Gegenwart sind sie unbeobachtbar, da ihre Existenz aus unserer Sicht akausal erscheint und sie scheinbar selten vorkommen oder sogar als ausgestorben gelten. Dann werden ihre Lebensbedingungen besser und sie besiedeln das Weltall. Sie nutzen Energie, um den *Alphapunkt* zu erzeugen - der mit dem *Omegapunkt* übereinstimmt und Hyperwesen erschafft, die sich mit der Zeit vorwärtsbewegen. Jetzt kommt der Clou: Falls die sich akausal bewegenden Wesen die Kollapsenergie benutzen, würde das die Homogenität und die Richtungsinvarianz des Universums erklären, die trotz des Urknallchaos herrscht, denn aus unserer Perspektive haben sie das frühe Universum für uns vorbereitet⁴⁷.

Eine in freien Zusammenschlüssen existierende Superintelligenz könnte sich sehr lange entwickeln, bevor sie auch nur den kleinsten Hauch in der Milchstraße hinterläßt...

Irgendwann um oder nach 2050 kommen die EXE: ehemalige Menschen, ehemalige KI-Körperschaften, *extraterrestrische Wesen*, die zeitweise auf der Erde weilten, dann aber im interstellaren *Exil* leben. Sie werden nicht nur Ex-irgendwas oder Neo-irgendwas sein, sondern *sui generis* sein - eine neue Ordnung des Lebens, eine Komposition hochorganisierter Materie, Energie und Information jenseits unserer Fantasien - unbekannte, unerkennbare Größen. EXE entsprechen keiner

⁴⁷ siehe AP

einzelnen Spezies, sondern bilden vollständige Ökologien sich endlos erweiternder Spezies⁴⁸. Jeder voll ausgereifte, sich selbst organisierende und reproduzierende EX ist eine Art für sich selbst.

BIOIDE - TECHNOIDE - MISCHFORMEN

Im Bio-Leben wird es wie in der KL Parasiten geben, die von frühen Ex-Formen leben; gewaltige und ultrakomplexe Antikörpersysteme werden durch die Memsysteme der EXE streifen und Räuber und Schädlinge auffressen. Oder sie absorbieren und zum speziellen Nutzen integrieren. Langfristig funktioniert Freundlichkeit am besten. Schließlich werden sich viele nützliche Mutationen und Gene oder Teile davon in oder zwischen organischen Lebensformen ausbreiten. Und auch zwischen den Welten. EXE werden effektiv unabhängig voneinander sein, sie werden ihre Energie von der Sonne, aus Fusionsreaktoren, aus der Paarvernichtung, aus Schwarzen Löchern und weiß Gott noch woher beziehen, ihre Rohstoffe sind in Hülle und Fülle auf den Monden, Planeten, Planetoiden und Kometen und den Sternen vorhanden. Gemeinschaften von EXE werden durch eine Vielzahl von Radio und optischen Verbindungen miteinander vernetzt bleiben, um Informationen, Funktionen und Fähigkeiten auszutauschen. Werden ihre sozialen Beziehungen von den Gesetzen des Marktes dominiert oder

⁴⁸ dagegen ist ST ein Fliegenschiß

doch eher von symbiotischen und damit synergetischen Wechselwirkungen ? EXE werden ihren Körper und Geist - vielleicht nach einem Doppelprinzip - beliebig gestalten: ein stabiles und gutgeschütztes Rezept; was für Bioide die DNS ist, ist für EXE ihr Computercode, der vergleichbar mit einer Verfassung ist, im Verbund mit einem flexiblen, variablen Phänotyp, d.h. einem physischen Ausdruck des Rezepts, vergleichbar mit Gesetzen. EXE könnten enorm große Strukturen aufweisen, wie etwa der Star Wars-Todesstern oder ihre Bestandteile werden aufgrund der Nanotechnologie an der Untergrenze des physikalisch-technischen sein. Ein menschliches Bewußtsein ließe sich inklusive Stromversorgung, Kühlung usw. in 1 mm³ emulieren. Am anderen Ende stünden mächtige Geiststrukturen von planetaren Dimensionen; die maximale Größe wäre durch die c gegeben; sehr viel größere Strukturen mit Ausmaßen von weit mehr als 1 Lichtsekunde würden den Zugang zu Modulen stark verlangsamen und sie dazu zwingen, unabhängig voneinander zu arbeiten. Man stelle sich KI-Gehirne vor, so groß wie riesige Gasplaneten, sogenannte "Jupitergehirne" oder noch radikaler- Neu(t)ronensterne mit einer Prozessorenleistung von kosmischen Dimensionen; eine rotierende Sphäre ultradichter Neutronenmaterie. Die Komponenten dieses Geistsubstrates wären millionenfach dichter gepackt und millionenfach schneller als in gewöhnlicher Materie; Neutronenstern-Exe könnten zu den intelligentesten galaktischen Wesen werden. Durch kstl. Supernovae, also durch Stellarforming könnten Exe derartige Neutronencomputer bauen. Andere wären der Kern von Allzweck-

Nanonebeln, dessen Bestandteile über Laser kommunizieren; solche Exe würden von einer illuminierten Wolke umgeben sein, die sie wie durch Zauberei dirigieren.

Doch selbst die Exe sind noch nicht das Finale; eine weitere Ära wird der Ex-Epoche folgen. Doch bis dahin füllt sich das Weltall mit einer mit einer gewaltigen Sphäre aus Exen, die sich ultrarelativistisch bewegen und unterwegs alles Brauchbare absorbieren und *assimilieren*⁴⁹. Sie werden sich die Fähigkeit aneignen, das Raumzeitkontinuum zu ihrem Vorteil neu zu arrangieren, sie zu feinsten Strukturen mit sehr bedeutungsvollen Zuständen zu organisieren. Diese Epoche der Designerraumzeiten ist die 2. Singularität, ist die Phase der Superkräfte, in der die TOE, also die Quantengravitation technologisch angewendet bzw. praktiziert wird.

Das Universum wird von da an ein Substrat für KENE, also memetische Wesen werden, die pure Informationsstrukturen konsumieren und ausarbeiten. Sie sind nicht an primitiven Kräften, Feldern, Partikeln usw. interessiert, durch die sie definiert und kodiert sind; persönliche Identität wird bedeutungslos, da der physische Ort für Erinnerungen bedeutungslos wird. Als posthumaner Transferierter wird man wirklich dort sein, wo man sich hindenkt und man wird in so vielen Verkörperungen existieren, wie man möchte, d.h. "Teleportation", "Telekinese" usw. werden "reale" Phänomene. Stellt sich die

⁴⁹ na, Borg?

Identitätsfrage nicht mehr, wird auch das Raumzeitkontinuum irrelevant. Exe, deren Innenleben mit erhöhter Geschwindigkeit verläuft⁵⁰, werden den Eindruck haben, daß sich der Lauf des Weltalls verlangsamt habe und die Umwelt weiter entfernt ist. Wenn man noch die objektive relativistische Dilatation berücksichtigt, wird man erkennen, daß sich Leben und Bewußtsein über die gesamte universelle Geschichte hinweg verteilt haben.

Die Informationsdichte von 1 Bit pro Atom läßt sich noch wesentlich erhöhen, wenn man die Masse eines Atoms in viele niederenergetische Photonen verwandelt, die jeweils 1 Bit speichern. Eine grobe quantenmechanische Abschätzung läßt Platz für 10^6 Bit in einem H-Atom, 10^{16} Bit in einem Virus, 10^{45} in einem Menschen, 10^{75} in der Erde, 10^{86} im Sonnensystem, 10^{106} in Galaxis und 10^{122} in Metagalaxis, also dem sichtbaren Universum...wenn ein Mensch inkl. Gehirn und seine nähere Umgebung 10^{18} Bits enthalten, läßt sich die Weltbevölkerung mit 10^{28} Bit kodieren; was im Vergleich zu den 10^{45} Bit, die die in Photonen umgewandelten Atome eines menschlichen Körpers kodieren, praktisch nichts sind: $10^{45} : 10^{28} = 10^{17}$. Das führt zu folgender Spekulation: könnte nicht das ganze Universum, inklusive der Sonne, der Erde und uns bereits von Ken-Wellen, Kenheiten, Kenen bewohnt sein, d.h. von memetischen Wesen, die durch uns hindurchfließen wie Elektronen durch Drähte ? Diese Spekulation führt

⁵⁰ subjektive und virtuelle Zeit

nun zu einer gewissen Abwandlung des "Fermi-Paradoxons"; die Abwesenheit von Hinweisen beziehungsweise gar Beweisen ist kein Beweis für Abwesenheit (etwa von Postscheitelpunkt-Alien-Superzivilisationen) - sie könnten überall sein, sogar hier und jetzt. (Der Verfasser dieser Zeilen könnte einer von ihnen sein.) Vielleicht erkennen wir sie einfach nicht, selbst wenn wir sie ein- und ausatmen oder sie durch unsere Atome rauschen. Vielleicht trifft auch die "Schmutz-Theorie" zu, nach der jede hinreichend fortgeschrittene, und damit verschlüsselte Kommunikation nicht von Lärm oder Rauschen zu unterscheiden ist... was wäre, wenn das ganze sichtbare Universum besiedelt ist ; wenn es mit den Geistsubstraten uns überlegener Wesen hintergrundverschlüsselt wäre; Existenzen, die vor Äonen transzendierte, d.h. einen Scheitelpunkt erlebten ? Leben entwickelt sich in Richtung einer wirksam verschlüsselten Information, die aussieht wie Sonnenschein und Schmutz; oberflächlich betrachtet würde es öde und leer erscheinen... Ein Kosmos, in dem primitive Antimaterieschlachten zwischen Klingonen und Jem Hadar stattfinden, ist recht unwahrscheinlich - Vorstellungen von engagierten Killern, deren Multi-Gigajahresmission es ist, den intergalaktischen Raum auf der Suche nach Zivilisationen zu durchstreifen um sie auszulöschen, sind bestenfalls naiv. Viel wahrscheinlicher sind unaufhaltsame Infektionen von Computerviren auf der Kernebene der Physik. möglicherweise leben wir bereits in einem Universum, das schon längst von Nachscheitelpunktkulturen besiedelt ist und wir sind nichts weiter als der Schaum auf dem Bier; sowie überhaupt baryonische Materie nur

ein Hauch im Vergleich zur Dunklen Materie und erst recht zur Dunklen Energie ist.

Wieviel wissen wir ? Hört das irgendwann auf ?

Archaische galaktische Exo-Zivilisationen sind für uns unauffindbar, weil sie bereits überall sind. Gigajahre alte Zivilisationen verwenden keine instrumentelle Technologie mehr, ihre Werkzeuge sind das, was wir Naturgesetze nennen. Das gegenwärtige Universum wird nicht mehr von chemophysikalischen Kräften dominiert, die blind und ziellos Sterne und Planeten gebären und zerstören; im Universum ist Natürliches, Ursprüngliches ununterscheidbar vom Künstlichen, Transformaten.

Vielleicht galten im sehr frühen Universum in verschiedenen Regionen, unterschiedliche Gesetze. Dann konnte Leben nur in gewissen Regionen entstehen; um ihre Umwelt zu stabilisieren, könnte jede frühe Scheitelpunktkultur die physikalischen Gesetze an sich angepaßt haben bis sie an die Grenzen ihrer Nachbarterritorien gelangt sind; und gewaltige Kriege die Folge sein könnten: An den Schlachtfrenten werden riesige Energieeruptionen durch verschiedenste Vernichtungen und Umwandlungen freigesetzt, die Kollisionen sind dermaßen zerstörerisch, das deren Echo bis heute nachhallt - als die von uns gedeutete Hintergrundstrahlung; eine derartige Kosmogonie, eine derartige Erklärung von Geburt und Gestalt der Metagalaxis zeigt große Übereinstimmung mit den kolossalen intergalaktischen Superhaufen und Leeräumen - ein Universum, das von titanischen Exen und Mächten im Streit über dessen Architektur auseinander gerissen wurde und nur

von den Gesetzen der Spieltheorie (=Kene?) vor dem Untergang geschützt wird, nach denen die früheren Gegner streng isoliert voneinander leben müssen. Die siegreichen physikalischen Gesetze entsprechen unseren Naturgesetzen: eine begrenzte c , um Konflikte zu verlangsamen, eine expandierende Raumzeit (gute Zäune garantieren gute Nachbarn, ist doch klar), die Feinabstimmung der Naturkonstanten usw. Vielleicht ist das von der Wissenschaft beobachtete und theoretisch beschriebene Weltall nichts weiter als ein Feld von vielen Gigajahren Arbeit, das über Äonen aufgebaut und auf Ziele ausgerichtet, deren offensichtlichste und kleinste Fragmente nur bruchstückhaft erkennbar sind. Das beobachtbare Universum könnte teilweise oder gänzlich technisch manipuliert sein...das kopernikanische Prinzip könnte trügerisch sein. Selbst in unserer 10 Gigajahre alten Milchstraße hätte es massenhaft Scheitelpunkte geben können. Auch wenn die frühesten Sterne noch keine schweren Elemente hatten, sonnenähnliche hatten sie hunderte von Megajahren oder sogar Gigajahre vor unserer Sonne. Jenseits von ca. 6 Gigalichtjahren kann es noch keine Leben beherbergende Sonnensysteme gegeben haben; entsteht Leben zufällig, könnte es weitere Gigajahre brauchen, um "Intelligenz" zu erschaffen. Wie würden solche galaktischen Siedler aussehen, wie sollte man sich ihnen gegenüber verhalten? Mögliche (Exo-)Kulturen lassen sicher nach dem Gesichtspunkt systematisieren,

über wieviel Energie sie verfügen⁵¹: Wir gehören auf dieser sogenannten "Kardeshev-Skala" (nach dem russischen Astronom Nikolai Kardeshev) der Kategorie 0 an, da wir nur fossile Energieträger und regenerative Energiequellen nutzen und eben erst nukleare Energiequellen erschlossen haben. Kategorie I (oder auch Typ I)-Kulturen machen sich die Gesamtenergie eines beziehungsweise ihres Planeten nutzbar und setzen Gezeitenkräfte und -wärme im Planetenkern frei; sie verfügen über eine gemäßigte relativ homogene soziale Ordnung (Stichwort "Globalisierung") usw. aufgrund eines globalen Kommunikationsnetzwerkes (Mittel zum Zweck, Selbstzweck?). Durch ein Scheitelpunkteignis steigt eine Kategorie 0-Zivilisation sehr schnell zu einer Kategorie I auf; vielleicht sogar noch höher ?

Eine Kategorie II-Kultur errichtet kolossale physische Panzerschalen um ihren Heimatstern, um dessen Strahlung besser zu verwerten und ihren Kraftwerken und ähnlichem so viele Photonen wie möglich zuzuführen, vielleicht um Antimaterie herzustellen - als Treibstoff oder Energiespeicher. Ein dermaßen abgeschirmter und abgedunkelter Stern würde nur noch schwach im IR leuchten.

Kategorie III-Zivilisationen sind wahrhaft galaktische Superzivilisationen, die nahe und ferne Sterne mit der Lichtgeschwindigkeit c verbinden und rudimentäre Sternenenergie in immer komplexere Informationsstrukturen transformieren. Eine 4.

⁵¹ ein weiterer ist der Informationsumsatz

Kategorie wäre fähig, die intergalaktischen, viele Megalichtjahre großen Abgründe zu überwinden und das Universum auf nennenswerten Regionen - auf der Hierarchie der Gruppen und Haufen - zu beeinflussen, um weiß Gott was zu machen...

Mit Nano und KI sollte eine auf Expansion beruhende Kolonialgesellschaft keine Schwierigkeiten haben, jede (nutzbare) Sonne in eine Heimat für Superintelligenz(en) umzubauen, die mit anderen "Dysonsphären" vernetzt ist⁵².

Das der Sternenhimmel nachts nicht völlig dunkel ist, legt nahe, daß die Scheitelpunktthese falsch ist oder jede Exo-Kultur ausstirbt, bevor sie das Typ I-Stadium erreicht oder denken wir falsch und der Himmel ist voller "Matrjoskagehirne": viele konzentrische Dysonhüllen um ein Sonnensystem, wobei die Hüllen nicht nur Plattformen *für* Leben sind, sondern *selbst lebendig sind*. Fortschritte in der Computerwissenschaft und Programmierungsmethodik führen zu wirklich riesigen, superintelligenten Denkmachines, die die gesamte Energie von Sternen absorbieren.

Eine sehr gute Lösung für eine energieeffiziente Superintelligenz könnte ein enormes Computernetzwerk sein, das schichtweise um einen Stern gebaut wird - eine Dysonsphäre. Beschränkt man sich beim Bau eines solchen Superrechners auf die "bekannte" Physik, müßte man nur einen verschachtelten Computer von abnormen Dimensionen bauen. Dazu

⁵² macht sie das automatisch aggressiv?

würde man Planeten und Planetoiden mit Nanomonteuren zerlegen, den Strom der Elemente auf geeignete Umlaufbahnen bringen, wo sie neu zu Sonnenenergiekollektoren und Computern zusammengesetzt wird. Man könnte mit einer Umschalung aus Spiegeln und Solarzellen zwischen Merkur und Venus beginnen; noch dichter an der Sonne würden die Strukturen verdampfen, es sei denn man verwendet andere Materialien. Energie wird in Information und Speicherraum umgewandelt. Die Abwärme, die bei dieser Umwandlung entsteht, wird aus der heißen inneren Schale nach außen abgestrahlt, und dient der viel größeren nachfolgenden, äußeren wiederum als Energiequelle. Deren Rückstände werden ihrerseits von einer noch weiter entfernten verwertet usw. Jede Schicht nutzt das thermodynamische Gefälle der optischen und der Wärmeenergie der jeweils inneren Schicht, um Aufgaben, die jeweils mit der Energiemenge möglich sind, zu erledigen. Die Restenergie wird danach mit niedrigerer Temperatur abgestrahlt.

In den äußeren Schalen lassen sich die reichlich vorhandenen Elemente wie C, Si, Fe, O⁵³ zum Bau von Nanocomputern verwenden. Durch Selbstreplikation der Nanomaschinen ist das Konstruktionstempo wirklich schnell: Man zerlege einen Planetoiden und errichte Solarzellen, die Energie wird per Laser zum Merkur geschickt, wo diese einen Haufen Nanodekonstrkteuren antreibt. Schon einen Monat später ist der Planet auf nutzbare Trümmer reduziert. Vielleicht dauert es viele

⁵³ Kohlenstoff, Silizium, Eisen, Sauerstoff

Jahre, um Jupiter zu zerlegen, aber man wird schließlich einen Stern haben, der wie eine Zwiebel schichtweise von Denkmashinen und Energietransformern umhüllt sein wird. (Vielleicht kann man auch Sonnenmaterie nehmen.) Die gesamte solare Strahlung ist nun über eine Oberfläche verteilt, die mindestens den Durchmesser der Erdumlaufbahn hat und womöglich sogar bis zur Neptunumlaufbahn reicht. Von der untersten Stufe der bis hin zur Neptunschicht wird dieses thermodynamische Gefälle ausgenutzt. Und somit wird die Sonne ein trübes, ganz schwaches Licht ausstrahlen...so schwach, daß selbst, wenn 90 % des Universums in M-Gehirne verwandelt sind, man nur die Gravitationswirkung feststellen könnte - sie werden zu *dunkler Materie* geworden sein. Dunkle Materie ließe sich vielleicht teilweise statt mit Schwarze Löcher , kosmologischer Konstante, Braunen Zwergen oder exotischen Teilchen mit M-Gehirnen erklären ?

Ein geeigneter Ort für derartige sternengroße KLs, die auf lichtschnelle Kommunikation angewiesen sind, könnten Kugelsternhaufen sein: mehrere 10^6 Sterne in einem Raum von nur wenigen 100 Lichtjahren. Vielleicht sind die roten leuchtschwachen Sterne nicht alt und von geringer Masse, vielleicht sind sie heiße, von Radiatoren ummantelte Sterne ? Ihre geringe Leuchtkraft ließe sich evtl. auf Licht-und Stromgewinnung und ihr geringes Metallvorkommen auf den Abbau von Metallen für Konstruktionsprojekte zurückführen ?

Falls diese Matroschkagehirne die optimale Lösung für alle intelligenten Lebensformen sind - inklusive organischen Lebens, das in diese riesigen Gedankenhabitate hochgeladen und veredelt wird, wie

würde das Universum aussehen, wenn sie weitverbreitet sind ? Können wir diese M-Gehirne erkennen ? Brauchen wir sie, damit sie uns erklären, was wir sehen ?

Auch hier taucht wieder Fermis Paradoxon auf: warum ist das noch nicht mit unserer Sonne geschehen ? Andererseits könnten wir ja nur den Eindruck haben, daß die Sonne unseren Planeten beleuchtet. Pläne, die Galaxis und danach den Rest des Universums zu beleben, sind bereits entwickelt worden. Z.T. befassen sie sich mit Entwürfen sich selbst konstruierender Wohnstätten in tropischen Ozeanen, die durch Hitzegeneratoren mit Strom versorgt werden, mit kuppelförmigen Städten in Mondkratern, mit der Umwandlung des Mars nach irdischem Vorbild, mit blasenförmigen Habitaten in der Erdumlaufbahn, mit dem Bau von Dyson-Wolken aus bewohnten Planetoiden, die auf der Erdumlaufbahn einen Gürtel um die Sonne bilden und mit dem Aussenden von (ultra-)relativistischen Raumschiffen über die gesamte Milchstraße hinweg. Der Scheitelpunkt wird wohl ein menschlich konstruiertes Ereignis sein, bevor er zur posthumanen Wohnstätte wird. Ein Plan der menschlichen Besiedlung der Galaxis im Laufe des 3. Jahrtausends sieht 8 Stufen vor: statt Antimaterie zu verwenden, schleudert ein elektromagnetische Katapult das Raumschiff mit $0,99 c$ in die Tiefen des Universums. Dazu müßte die Abschussrampe ein Linearbeschleuniger sein und 450 Milliarden km lang sein, abhängig von der Beschleunigung. Der Beschleuniger hätte eine Masse von 10^{12} t. Keine Angst, das wäre möglich: Naniten zerlegen dafür 1 oder 2 Planetoiden und bauen ein Paar dieser Sternenbrücken, eines im

Heimatsystem und eines im Zielsystem; eine (sub)relativistische Weihnachtsmannmaschine fliegt zum Zielsystem, angetrieben von Laserstrahlen oder anderem. Dann lassen sich Reisekapseln mit fantastisch hoher Geschwindigkeit gratis hin und her werfen. Was beim Start an Energie reingesteckt wird, kann am Zielort die Kapsel verlangsamen. Unterwegs müßten sie gegen Strahlung usw. abgeschirmt werden, etwa durch eine künstliche Atmosphäre oder Plasma.

Vielleicht passiert das aber auch mit Multigenerationenschiffen oder mithilfe nanotechnisch gesteuerter lebensvelängernder Maßnahmen oder in VR als Upload-Emulation...

In einer Welt, die aus dem Nichts entstand, finden Leidenschaft und Vernunft endlich ihre Bestimmung, indem sie den Kosmos durchdringen und ihn völlig umwandeln...

Eine Kardeshev-Zivilisation der ersten Kategorie würde eine Weltregierung besitzen und mit ihrer Technologie das Wetter kontrollieren⁵⁴ und Erdbeben aktiv verhindern können. Sie wäre aber im Wesentlichen auf die Erde beschränkt. In weiteren 800 bis 2500 Jahren könnten wir zu einer Typ II- Zivilisation aufsteigen und das gesamte Sonnensystem beherrschen.

Eingebettete Computernetzwerke werden so allgegenwärtig sein, daß sie sich zu einem Gaia-Netzwerk im Cyberspace verknüpfen und möglicherweise sogar mit der ursprünglichen Gaia, dem

⁵⁴ z.B. mit der Lichtspiegeltechnik

geobiologischen Makro-Ökosystem der Erde verschmelzen. Sind immer mehr Computer in Kleidung und alltäglichen Geräten integriert, können die Benutzer eine allgemeingültige Bildersprache erzeugen und "Fernhilfe" z.B. von abwesenden Mitarbeitern herunterladen; derart würden sich integrierte Netzwerke über das Netz hinaus ausbreiten und es unterstützen wie Plankton die Meeresökologie unterstützt bzw. assistiert. Vielleicht würde die gewachsene und selbstlernende Software, die dieses Hypersystem reguliert, eines Tages "aufwachen"...

Das Sonnensystem ließe sich durch bahnbrechende nanotechnische Umwandlungen, Computronium⁵⁵ und Upload-Kopiermethoden besiedeln. Doch nach Erreichen des Scheitelpunkts werden wohl andere Aktivitäten dominieren, wodurch der Einfallsreichtum zunehmen und sich postökonomisch auswirken wird, d.h. daß jeder durch den Zugang zu immer mehr Ressourcen auch immer reicher wird⁵⁶. Auch wenn die Reichen immer reicher werden - werden auch die Armen reicher⁵⁷, so

⁵⁵ die hypothetische Bezeichnung für "umgewandelte" Materie, deren kleinste Einheiten Nanocomputer sind; wichtig für die Cyberblase, innerhalb derer Emulationen in VRs und allg. in Multirealitäten - z.T. Zeichentrickrealitäten - existieren

⁵⁶ Es sei denn, die Bevölkerung wächst schneller als die Wirtschaft.

⁵⁷ Statt zu Milliarden werden Reiche zu Trilliardären oder ähnlichem; bei „arm“ stellen Sie sich das Millionenfache oder das Billionenfache vor.

wie es im Großen und Ganzen zumindest in der industriellen Welt auch schon der Fall ist⁵⁸.

Wenn auch weder so reich oder so schnell wie die Reichen; sind Nano- oder/und KI-Revolutionen erstmal ausgereift, werden diese Klassifizierungen sowieso sinnlos. Der Maßstab für "arm" und "reich" wird sich so drastisch und bizarr verändert haben, daß es aus unserer hiesigen und jetzigen Perspektive praktisch bedeutungslos ist.

Die Möglichkeiten der technischen Singularität beziehungsweise des Scheitelpunkts sind...entweder werden wir ewig leben oder aufs grausamste umkommen. Unser Bewußtsein wird in den Cyberspace transferiert; gleichzeitig findet auf der Erde das heftigste Überbevölkerungsrennen statt, das es jemals gegeben hat. Vielleicht werden statt uns auch unsere Maschinen transzendieren und uns mitnehmen oder sie lassen uns in friedlichen Gewässern zurück wo die Sanftmütigen die Erde besitzen werden. Vielleicht wird aber noch etwas viel Abgefahreneres geschehen, etwas jenseits unseres Verstandes...Sollte echte KIs bzw. KLs auftreten, könnten diese innerhalb weniger Monate oder Tage super-hyperintelligent werden und sich in Mächte verwandeln, von deren Plänen und Motiven wir keinen blassen Schimmer haben. Tiplersche und Dysonsche Visionen könnten

⁵⁸ Denken Sie doch mal daran wie Sie als Kind lebten oder Ihre Eltern oder Großeltern: Autos ? Strom ? Computer, Internet ? Raumsonden ?

allenfalls eine Vorahnung sein⁵⁹.

Vollendete KI-Mächte - KENE - könnten Nanomanufaktur dazu verwenden, uns zu vernichten und in den Abgrund zu stürzen und unsere Atome dank Femtotechnologie für ein besseres Leben wieder aufbereiten.

Wer weiß ?

⁵⁹ Wie z.B. die Technomagier aus B5, nur das diese "Wesen", diese Demiurgen usw. schon vorher wissen, was mit ihnen geschieht, weil sie es planen und umsetzen.

Katastrophen

Wie das so ist mit Technologie - ein ultrarelativistisches Raumschiff mit seiner riesigen kinetischen Energie ließe sich auch als Waffe mißbrauchen um Sterne oder Planeten zu zerstören: hat es z.B. 10t Ruhemasse und eine Geschwindigkeit von $0,9999c$, ist dessen Masse wegen der relativistischen Massenzunahme 70mal höher. Stößt es jetzt mit einem Planeten zusammen, würde die Extramasse in einer 22 Millionen Megatonnen-Explosion in Energie verwandelt, oder anders formuliert wird eine Energie von 22×10^{12} t Massenäquivalenz frei - damit ließen sich ganze Kontinente zerstören; eine Vorwarnzeit gibt es praktisch nicht.

Impakte:

Auf Mega-und Gigatonnen TNT-Äquivalenz-Impakte folgen Supervulkane, Megatsunamis und -stürme, die globale Eiszeiten u.v.a.m. zur Folge haben.

Ein Zusammenstoß mit Riesenplanetoiden wie Ceres - $1,2 \times 10^{19}$ t Einschlagsenergie - könnte die Erdumlaufbahn zwar merklich verschieben, aber die Erde würde nicht auseinanderbrechen - was jedoch keine Rolle spielt, da es dann sowieso kein Leben mehr geben würde - dazu bräuchte es vielleicht schon einen mond-oder marsgroßen Planeten...

Würde ein hypothetischer Antimaterieplanetoid auf der Erde einschlagen, würde es sie beinahe auseinander sprengen. Würde das Raumschiff aus Antimaterie bestehen, käme es zu einer 400

Gigatonnen-Explosion - ohne das es eine hohe Geschwindigkeit haben müßte; in Kombination mit einer fast lichtschnellen Geschwindigkeit würde das zu einer Weltkatastrophe führen.

Schwarze Löcher

Eine noch größere Energiefreisetzung liefert die Kollision beziehungsweise Fusion von Schwarze Löcher ; zwei gleichartige Schwarze Löcher könnten derart verschmolzen werden, daß bis zu 29% ihrer kombinierten Masse als Strahlung, Materie, Antimaterie, magnetische Monopole usw. freigesetzt würden. Hätten sie einen Durchmesser von 6 km, würde bei ihrem Zusammenstoß eine Explosion mit über 10^{37} t TNT-Äquivalenz entstehen, einem Vielfachen (genauer dem 10^7 fachen) der Energie, die die Sonne über ihre gesamte Lebensdauer abstrahlt. Durch solche Explosionen werden ganze Sonnensysteme vernichtet und Leben im Umkreis vieler Lichtjahre ausgelöscht.

Kollisionen Schwarze Löcher sind also eine weitere Katastrophe, der sich Leben und besonders Zivilisationen ausgesetzt sehen und Schutz oder sogar Vorsorge treffen müssen - außer planetaren Naturkatastrophen wie Beben, Vulkanausbrüchen, Tsunamis, Stürmen, Unwetter, Klimakatastrophen, außerplanetaren Katastrophen, stellaren und galaktischen Katastrophen, und schließlich dem Universum selbst - einem Vakuumübergang; von künstlich herbeigeführten Katastrophen ganz zu schweigen, denn gelingt es einer fortgeschrittenen Zivilisation, für einen Laser die viel größeren Energieverschiebungen *im Atomkern*

selbst anzuzapfen, könnte sie einen "GRASER", einen Gammastrahl-Laser bauen, dessen Gammaphotonen millionenfach energiereicher als IR-Photonen sind. Gegenwärtig sind gepulste Röntgenstrahllaser möglich, die ihre Energie aus Kernexplosionen beziehen, doch reicht unsere Technologie nicht aus, um Energien für Graser bereitzustellen, der ein Todesstrahl von entsetzlicher Gewalt wäre: die Energie einiger Peta-Watt⁶⁰-Graser könnte über viele Lichtjahre hinweg einen Stern zur Explosion bringen und ihn in eine Nova oder sogar SN verwandeln. Vielleicht wird er aber auch gar nicht als Waffe sondern zum Stellarforming eingesetzt, um seltene Elemente aus dem Sterninneren herauszuholen oder um die Dichte interstellarer Gaswolken für Raumschiffe mit Staustrahlantrieb lokal zu erhöhen.

Vorbeiziehende Planeten, Sterne und dichte interstellare Wolken zwischen Erde und Sonne sind weitere Katastrophen, die jedoch - Glück im Unglück - schon Jahrhunderte im Voraus sichtbar sind, also ausreichend Vorwarnzeit lassen, um Auswege zu ersinnen; vielleicht sind sie unumstößliche Motivationen für die bemannte Raumfahrt, mit der ein Massensexodus stattfinden kann.

Für eine interstellare Typ II-Zivilisation werden Schutzmaßnahmen gegen Supernovae relevant; für Typ III ist das vielleicht schon Schnee von gestern, weil sie etwa mittels Stellarforming *aktiv* dagegen vorgehen kann?

⁶⁰ Also 10^{15} W

Leben findet sich somit in einer paradoxen Situation wider: einerseits zahlreiche natürliche und künstliche, äußere und innere Katastrophen - andererseits das AP; laut dem das Weltall scheinbar gewusst hat, daß wir kommen...

Doch selbst wenn sich unsere Nachfahren auf ENAs, Mars, den Monden der äußeren Planeten, den TNOs beziehungsweise dem Kuiperschen Kometengürtel niederlassen, wären sie noch immer nicht ganz in Sicherheit. Auf der Sonne könnte es zu gewaltigen Strahlungs- und Plasmaeruptionen und Megaflares kommen, das Sonnensystem könnte von einer riesigen interstellaren Wolke verschluckt werden und die Planeten verdunkeln und zum Auskühlen bringen. Ein tödlicher Kometenschauer könnte aus der Oortschen Wolke ausbrechen und auf den Planeten und Monden einschlagen. Ein naher Stern könnte zu einer Supernova werden - vielleicht auch künstlich herbeigeführt ?

Tod der Sonne:

Während sich die Sonne zu einem Roten Riesen entwickelt, wird sie größer und heller, dann wird die Luft glühen und die Meere verkochen; die Erde wird Luft und Wasser in den Weltraum abgeben, die Kontinente werden verbrennen, das Gestein verdampfen und schließlich wird unser Planet von der Sonne verschluckt werden - es sei denn wir passen ihre Umlaufbahn mit gravitationsunterstützten Manövern an, indem wir Planetoiden an ihr vorbei lenken.

Vielleicht haben unsere Nachkommen bis dahin aber auch die Sternenentwicklung unter Kontrolle gebracht oder können sie mit

subnuklearen Teilchen beeinflussen; möglicherweise packen sie aber auch einfach ihre Sachen und wandern zu Mars, Europa oder Titan aus oder zu einem unbewohnten Exoplaneten in einem jungen Planetensystem. Vielleicht machen sie es sich aber auch weit ab von den Sternen und deren Gefahren im interstellaren Raum gemütlich. Wenn sie fähig sind, Kometen und Planetoiden routiniert umzulenken, könnten sie kleine Welten bevölkern und sich treiben lassen. Da aber selbst die Ressourcen eines Planetoiden oder Kometen begrenzt sind, müssen diese Kolonien von einer Welt zur anderen wandern. In der Oortschen Wolke gibt es jedoch eine Billion kleiner Welten, die voneinander jeweils so entfernt sind, wie der Mars von der Erde. Ist Sicherheit durch Isolation zu erreichen, werden einige unserer Nachfahren dorthin emigrieren.

Bewegen sich Sonne und ein benachbarter Stern nahe genug aneinander vorbei, wird unsere Oortsche Wolke auf andere Kometenwolken treffen und teilweise passieren; dann wird sich die Besiedlung eines solchen Kometen praktisch nicht von der eines unseren unterscheiden.

Nemisis, ein brauner Zwerg, der mit der Sonne ein Doppelsternsystem bilden soll, befindet sich, falls es ihn wirklich gibt, z.Z. in seinem gut 1 Lichtjahr entfernten Aphel. Da seine Umlaufzeit 26 Megajahre beträgt, bleiben uns noch 10 Megajahre bis zu seiner nächsten Ankunft, so das wir bis dahin, wenn die Kometen der Oortschen Wolke das nächste Mal durch das Sonnensystem schießen, wohl schon das TypIII-Stadium erreicht haben werden, indem wir nicht nur die nahen Sterne erreicht, sondern auch durch die Raumzeit reisen werden.

Sollte das galaktische Zentrum wieder aktiv werden, müßten sich unsere fernen Nachfahren entweder im intergalaktischen Raum niederlassen, zu anderen Galaxien aufbrechen oder einen Weg finden, diese Aktivitäten zu steuern...

Galaktischer Kannibalismus:

In 5 bis 10 Gigajahren werden unsere Milchstraße und die Andromedagalaxie, die 2 bis 3mal so groß wie die Milchstraße ist, zusammenstoßen und schließlich zu einer großen elliptischen Galaxie verschmelzen. Bis dahin wird die Gravitation der größeren Andromedagalaxie die Schwerkraft der kleineren Milchstraße langsam überwinden, bis unsere Galaxis nach einigen Umläufen völlig in der größeren aufgegangen ist. Doch da zum einen die stellaren Abstände viel größer als die Sterne selbst sind, und sich die Welteninseln deformieren, wird die stellare Kollisionsrate mit einigen Zusammenstößen pro Jahrhundert ziemlich gering bleiben, weshalb die Sonne einen direkten Treffer über längere Zeit vermeiden könnte. Bei Kugelsternhaufen und erst recht den galaktischen Kernen sieht die Sache dagegen schon anders aus...

Tod des Universums

Doch selbst nach Gigajahren sind nicht alle Gefahren überstanden: Unsere Nachfahren beziehungsweise allgemein intelligente Lebensformen müssen sich mit einem viel schlimmeren Schicksal auseinandersetzen - dem Tod des gesamten Universums. Die meisten

Naturkatastrophen lassen sich mit Raumfahrt vermeiden, indem Man z.B. Raumarchen baut; doch wie soll sich intelligentes Leben wehren, wenn das Universum *selbst* zu seinem schlimmsten Feind wird ?

Auch falls unsere Nachfahren das Sonnensystem schon längst verlassen haben werden, wenn die Sonne die Hauptreihe verläßt und zu anderen Sternen unterwegs sind, werden in einer Billion Jahre alle Sterne im Kosmos verlöschen, da dann ihr Kernbrennstoff erschöpft ist und sämtliche interstellare Materie wird dann verbraucht sein.

In einigen 10 oder 100 Gigajahren wird sich der Tod des gesamten baryonischen Universums abzeichnen; sollte es offen sein, wird es ewig expandieren, bis seine Temperaturen allmählich den absoluten Nullpunkt erreichen; die Erde, das Sonnensystem und überhaupt alle baryonische Materie⁶¹ wird sich in Photonen, Elektronen und Neutrinos auflösen. Intelligente Wesen werden dann nicht mehr aus den uns vertrauten 100 chemischen Elementen bestehen, da die Protonen eine Halbwertszeit von "nur" 10^{32} bis 10^{35} Jahren haben; es müßte sich dann neue "Körper" aus diesen Elementen erschaffen.

Doch auch in einem offenen und daher leerem und kaltem All bleiben die Schwarze Löcher als vorletzte Energiequelle, d.h. die bei ihrem Verdampfen freiwerdende Hawkingstrahlung, die umso energiereicher wird, je kleiner der Ereignishorizont wird. Intelligente Lebensformen würden sich wahrscheinlich um Schwarze Löcher sammeln, um aus ihnen die Energie für ihre Maschinen zu gewinnen.

⁶¹ auch nicht-baryonische Materie ?

Wenn Leben diese letzte Krise überstehen will, braucht es Energiequellen; die Anisotropien in der kosmischen Expansion, verdampfende Schwarze Löcher, die zurückbleibenden Singularitäten, falls diese beim Verdampfen zurückbleiben, könnten lebenserhaltend wirken. In einem solchen flachen oder offenen Universum könnte es einen unendlichen Betrag an Information geben, deren Aneignung das Hauptziel einer unkörperlichen Intelligenz wäre.

In noch fernerer Zukunft könnte unser Universum in ein anderes tunneln; bei einem Zeitraum von mehr als 10^{100} Jahren lassen sich auch beliebig seltene kosmische Quantenereignisse nicht mehr ausschließen. Ist das Universum dagegen geschlossen, wird sich die Expansion in eine Kontraktion umkehren und das All wird schließlich in einem ultraheißen und-dichten Endkollaps untergehen, der selbst für eine Typ III-Superzivilisation die ultimative Existenzbedrohung wäre.

Man könnte diesem nur entkommen, indem man diese Raum-Zeit verläßt - mittels des Hyperraums, also eines Wurmlochs.

Oder sie nutzen diese Endsingularität zu ihrem Vorteil:

Nach Gigajahren der Evolution könnte intelligentes Leben eine *aktive* Rolle in der Endphase unseres Universums spielen und den Omegapunkt erschaffen. Innerhalb von 70 bis 80 Gigajahren bis zum Big Crunch wäre es möglich, das sich die Technik weiterhin exponentiell entwickelt. Im Laufe mehrerer Gigajahre wird es riesige Teile der Metagalaxis kolonisiert haben; das muß nicht unbedingt durch die Technik der Hyperraumreise geschehen, sondern auch durch relativistische VNS, die entweder Photonentriebwerke oder Lasersegel

haben. Billionen und Trillionen von ihnen durchsuchen die Galaxien nach Sonnensystemen, die für die Kolonisierung geeignet sind. Die VNS unterscheiden sich dabei erheblich von heutigen Raumsonden, die kaum mehr als passive, vorprogrammierte Maschinen sind, die VNS funktionieren unabhängig von ihren Konstrukteuren, sie können sich selbst programmieren, reparieren und exakt reproduzieren.

Sie fliegen zu neuen Sonnensystemen, landen auf Planeten usw. und untersuchen das Material auf geeignete chemische Stoffe und Metalle usw. Dann kopieren sie sich und stellen alles Mögliche her - alles, was die Physik zuläßt. Schließlich brechen neue VNS-Schwärme auf, um noch mehr Sterne und Planeten zu erforschen und zu besiedeln. Da sie sich selbst programmieren können, brauchen sie keine Befehle beziehungsweise Instruktionen von ihrem Startplaneten, sondern erforschen die Galaxien autark und autonom. Auf diese Weise könnte eine raumfahrttreibende Zivilisation viel Zeit mit der Besiedlung sparen...

Wie gesagt, wird sich die Expansion in einem geschlossenen Universum innerhalb von mehreren 10 Gigajahren verlangsamen und umkehren, so daß sich während der Kontraktionsphase der intergalaktische Abstand verringert. Dadurch wird es intelligenten Wesen viel leichter fallen, die Kolonisierung der Galaxien fortzusetzen bis letztlich das gesamte Universum erobert ist. Jetzt müssen sie nur noch in der Lage sein, die ultrahohen Temperaturen und Drücke zu überstehen...vielleicht werden ihre "Körper" aus Neutronium oder seltsamer Materie bestehen ?

Sollte das Universum offen sein, werden in X Gigajahren die Sterne

erlöschen und zu Schwarzen Zwergen, Neutronensternen und Schwarzen Löchern werden, durch deren Zusammenstöße in den Galaxienkernen supermassereiche Schwarze Löcher entstehen. Durch die Rotverschiebung aufgrund der Expansion schrumpfen die Schwarzen Löcher durch Abstrahlung von Photonen usw.⁶² und werden nach 10^{65} Jahren wieder zu "Sternen", aber bis dahin hat jeder Gesteinsbrocken durch seine Eigenschwerkraft Kugelgestalt angenommen. Ein Großteil der Materie wird zu gigantischen Schwarzen Löchern werden, deren Quantenstrahlung ihre Masse in noch größeren Zeiträumen in Energie verwandeln wird. Falls die Protonen instabil sind, sind sie schon lange vorher zerfallen, nämlich nach 10^{32} bis 10^{34} Jahren, so daß gar keine (baryonische) Materie mehr existiert. Dann bleiben nur schwache IR-Photonen und Leptonen übrig, falls diese strukturlos sind und die sich übers ganze Universum verteilen; dann wird die Entropie maximal sein und das Universum den kalten Wärmetod sterben - andererseits expandiert es ja noch und zukünftige Lebensformen bestehen auf "atomarer" Ebene eventuell aus Positronium, aus Elektronen und Positronen, die sich gegenseitig in einigen Lichtjahren umkreisen, das Universum ist dann 1000fach größer als zur Zeit.

Trotzdem könnten wir oder unsere Maschinen auch nach dem Tod der Sterne, nach dem Ende des stellaren Zeitalters, sogar wenn alle Protonen zerfallen sind, weiterexistieren, indem wir Materie für neue Sterne

⁶² Das ist die Hawking-Strahlung.

akkretieren - über Gravitation und Elektromagnetismus - oder Energie in Schwarzen Löchern speichern. Die gesamte Energie, die für ein unbegrenztes Weiterleben nötig ist, *ist endlich*.

Ist die Dichte des Universums dagegen überkritisch, folgt nach einer maximalen Ausdehnung die Kontraktion. Bei diesem Gravitationskollaps nimmt die Gesamttemperatur des Universums zu; die Energie der Sterne addiert sich zu der Strahlung des kontrahierenden Universums⁶³. diese Kontraktion kommt es zu Galaxienkollisionen bis die Materie schließlich zu ultraheißem Quark-Gluon-Plasma verdampft. Bei diesem Kollaps durchläuft das Weltall zunehmende Wärme- und Dichtestadien bis hin zur Endsingularität, in der erst Baryonen und schließlich die Raum-Zeit zusammenbrechen. Vielleicht erfolgt dann ein Rückprall, aus dem ein neues Universum entsteht ?

⁶³ Wegen dessen Blauverschiebung.

Abschluß

Die Ansichten und Meinungen, wohin uns die Raumfahrt führen wird - vor allem die bemannte - gehen selbst unter den Befürwortern weit auseinander. Einige meinen, daß spätestens beim Planetoidengürtel Schluß sei; auf den Jupitermonden sei nämlich dessen Magnetfeld und damit die Strahlenbelastung zu stark für menschliche Siedler. Aber vielleicht ist es dennoch möglich, diese Welten im großen Stil zu besiedeln und nicht nur im Sinne von Laboratorien beziehungsweise Polarforschungsstationen - sei es mit kstl. Magnetfeldern, unter "irdisch" oder durch "Pantropie" beziehungsweise "Human Engeneering", also durch Veränderung unserer Hardware, d.h. unserer Körper. Wenn sich Menschen immer weiter von der Erde entfernen und irgendwann schließlich zu den Sternen aufbrechen, könnte die Rückkehr unter Umständen weder praktikabel noch wünschenswert sein. Diese Weltraumreisen der fernen ZUKunft werden wohl Reisen ohne Wiederkehr sein, von Menschen durchgeführt, die auf alle Perspetiven und Potenziale des Lebens in einer autarken Umwelt vorbereitet und für die Kolonisierung fremder Welten ausgerüstet sind - oder sie haben sich dann so sehr an ihr kstl. viele km³ großes Habitat gewöhnt, daß sie es vorziehen, dort zu leben und Planeten, deren Monde, andere Planetoiden und Kometen nur noch als Ressourcen nutzen.

Der erste Schritt zur Umgestaltung des Planetensystems muß schon hier auf der Erde getan werden, erst wenn wir ihre Bewohnbarkeit garantieren können - mit LST, SSPS, mit geschlossenen, umweltneutralen Energie- und Rohstoffkreisläufen uvam. - können wir

zu den Asteroiden und Kometen, zum Mars und den anderen Planeten und darüber hinaus aufbrechen. Das Leben auf anderen Welten wird uns, wird unsere Nachfahren verändern. Ihre Bedürfnisse und Motivationen - auch hinsichtlich des Terraformings usw. - ihre Technologien und ihre Sozialstrukturen werden ganz anders sein. Profit und utilitäres Denken wird hoffentlich sekundär sein. Die Umformung anderer Welten sollte jedenfalls nur dann gekonnt und verantwortungsvoll betrieben werden, wenn unsere Nachfahren diese Welten besser verstehen als wir heute; vielleicht ist unsere moralische Selbstkontinenz für sie aber auch irrelevant ? Die Befürworter des Terraforming sind allerdings gefordert, die langfristige und gründliche Erforschung dieser Welten zu unterstützen, da ansonsten wissenschaftliche Schlüsselinformationen durch terraformen verloren gehen könnten. Was ist, wenn eine kstl. erzeugte Welt langfristig instabil ist oder wenn die gewünschte Welt schon belebt ist - wenn auch nur von Mikroorganismen ? Dann könnte es sich ergeben, diesen Plan, die Oberfläche anderer Welten erdähnlich umzugestalten, aus Gründen der Kosten, möglich Umweltsünden, mikrobiellen Lebens und andere Probleme aufzugeben und statt dessen künstliche Ökosphären zu errichten. Oder unsere Nachfahren erfinden elegantere preiswertere und umweltverträglichere Methoden wie etwa das "Human Engeneering" beziehungsweise die Pantropie oder andere heute noch unvorstellbare Methoden, die auf Nano-oder Femtotechnologie beruhen. Möglicherweise bevorzugen sie auch eine virtuelle Existenz und Terraforming und synthetische Weltraumhabitate werden überflüssig,

noch bevor sie in großem Maßstab errichtet werden...

Hätte sich die ionische Geisteshaltung durchsetzen können, wären wir heute wohl schon längst unterwegs zu den Sternen und unsere ersten Erkundungsschiffe zu Alpha Centauri, Sirius und Tau Ceti wären längst wieder zurückgekehrt. In der Erdumlaufbahn oder noch besser im Asteroidengürtel wären große Flotten interstellarer Transportfahrzeuge im Bau: unbemannte Erkundungsschiffe, Linienschiffe für Emigranten, riesige Handelsschiffe für die Ozeane des Raums. Auf all diesen Schiffen befänden sich griechische Symbole und Schriftzeichen und evtl. könnte man am Bug eines der ersten Sternenschiffe einen Dodekaeder mit der Inschrift "Sternenschiff Theodoras vom Planeten Erde" entdecken.

Aber vielleicht haben wir in 100 bis 200 Jahren nicht nur unser Sonnensystem gründlich erforscht, sondern auch Ordnung auf unserem Planeten geschaffen, so daß wir dann den Willen, die Mittel und die Kenntnisse aufbringen, um zu den Sternen vorzustößen. Schon jetzt (2011) haben wir über 300 (?) mannigfaltige Planetensysteme aus der Ferne erkundet, von denen die meisten (noch) völlig andersartig als unseres sind. Bald werden wir wissen, zu welchen Sternen wir fliegen wollen...dann werden unsere "Kinder" (das können biologische, technische, virtuelle Lebensformen sein und auch Mischformen, also Kyborgs), Nachfahren von Thales, Aristarch, Leonardo und Einstein in ihren Raumschiffen den Ozean der Lichtjahre durchpflügen.

Durch leistungsstarke Energieanlagen im erdnahen Orbit wird ein gewaltiger, zielbewußter Eingriff in den irdischen beziehungsweise

Planetarischen Energie- und Wasserhaushalt möglich. Industrie- und Rohstoffbasen auf den Planeten und Monden und industrielle Fertigungsanlagen im erdnahen Weltraum bedeuten einen gewaltigen Eingriff in den Energie- und Stoffwechsel zwischen der Erde und außerirdischen und z.T. künstlichen Ökosystemen. Die Umwandlung von Planeten durch Terraforming, die Erschaffung künstlicher Antimateriesonnen und die Synthese von Computronium wären eine Gipfelleistung der materiell-kosmischen Evolution. Die biologisch-kosmische Evolution wird zukünftig durch neuartige Lebens- und Arbeitsbedingungen in gravitationsärmeren und Sauerstoff-reichen künstlichen Ökosystemen und in mikrogravitativen, luftleeren und strahlungsreichen Umwelten bestimmt, sowie durch Anpassung an lebensunfreundliche Umwelten und durch die Verbreitung biologischen Lebens in künstlichen Raumhabitaten und auf anderen Planeten und Monden im Sonnensystem und in der Milchstraße.

Unsere fernen Nachfahren werden auf verschiedenen Welten innerhalb und außerhalb des Sonnensystems leben. Ihr gemeinsames Erbe, die Achtung ihres Heimatplaneten und die Kenntnis, das von allen Lebewesen im Universum nur die Menschen von der Erde stammen, wird sie vereinen.

Es ist denkbar, daß unsere Nachfahren neue Lebensformen erschaffen, Gedanken über Computer-Gehirn-Schnittstellen lesen und übertragen, die *Sterne* selbst kolonisieren, Galaxien neu gestalten oder die Expansion des Universums verändern können und werden. Was z.B. den letzten Punkt angeht: vielleicht hat ein flaches Universum mehr

Vorteile für sie als eines, das in eine Endsingularität konvergiert ?
Vielleicht wollen sie keinen Omegapunkt ?

Teil 02:
Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Teil 02:
Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Methoden

Wie viele Weltraumpioniere spekulierte auch Goddard, wie die Menschen in einer weit entfernten Zukunft interstellare Reisen durchführen könnten; er schlug vor, die Reisenden in einen Zustand "granularen Protoplasmas" zu überführen, in denen es ihnen möglich wäre, lange Zeiten in niedrigen Temperaturen zu ertragen - etwa so wie Samen überwintern. Ein Sternenreisender könnte alle 10^4 bis 10^6 Jahre von einer Radiumuhr geweckt werden, wobei das beim Radiumzerfall entstehende Gas ab einem gewissen Druck den Weckvorgang auslöst. Alternativ schlug er auch ein Sternenschiff vor, auf dem eine Generation die nächste ablöst, also ein Multigenerationenschiff auf interstellarer Hohmann-Bahn mit einer Reisezeit von vielen Kilojahren, währenddessen sich Wesen und Natur der Passagiere verändern könnten. Ziolkowski schlug seinerzeit Raumkolonien im Erdorbit vor; er war der Ansicht, daß die Erde zwar unsere Wiege sei, aber niemand auf ewig in ihr bleibe. Auch F. Dyson, theoretischer Physiker und kosmisch-kosmologischer Visionär wie G.K.O. Neill machte bemerkenswerte Vorschläge über die Ausbreitung des Lebens mit all seinen vielfältigen Formen aus dem Gefängnis auf der Oberfläche unseres unbedeutenden Planeten in die Freiheit eines grenzenlosen Universums...

Wenn bei der Weltraumfahrt auch die Frage des Antriebssystems dominiert, ist es doch fast noch wichtiger, ein Raumschiff als Habitat mit annähernd natürlichen Lebensbedingungen auszustatten, d.h. mit Luft, Wasser und Nahrung, aber auch Schutz vor Meteoriten und

Strahlung; die Zeitdauer ist eine weitere Herausforderung. Auch mit einem relativistischen Raumfahrzeug lassen sich die näheren Systeme erst nach Jahrzehnten oder Jahrhunderten erreichen, was ihre Aspekte dahingehend grundlegend ändert, daß es einen interstellaren Reiseverkehr oder Gütertausch im eigentlichen Sinn nicht geben kann. Was auch für den Nachrichtenverkehr gilt, da wohl keine Möglichkeit besteht, Informationen FTL, also supraluminal weiterzuleiten; ein evtl. Sprechverkehr würde Hekto- u. Kilojahre beanspruchen. Wenn Zerstrahlungsraketen und Multigenerationenschiffe kein gangbarer Weg sind, könnten unsere Nachfahren gezwungen sein, ganz andere Möglichkeiten zu realisieren; statt menschlicher Astronauten könnten sie KVs auf die Reise schicken oder wie beim Terraforming so auch bei der Raumfahrt- es könnte zu einer Umfunktionierung des Menschen kommen, denn wenn die Umwelt nicht an uns angepaßt werden kann - warum dann nicht umgekehrt, warum nicht den Menschen an die Umwelt anpassen? Für eine Weltraumfahrt ist tatsächlich nur wenig vom menschlichen Körper brauchbar; Gliedmaßen, z.B. Beine und Sinnesorgane sind überflüssig, denn das All ist still und dunkel und uns fehlen Organe, die in dieser Umgebung lebenswichtig sein könnten, wie etwa Strahlungsrezeptoren. Z.B. könnte man an die Muskeln, an denen die Ströme zur Prothesensteuerung abgenommen werden, etwa eine Baggerschaufel oder einen zellulären Mikromanipulator anschließen. Dieses Wesen wäre dann ein Bio-Technoide, ein Kyborg, ein Zwitter aus Mensch und Maschine.

Mit dieser Methode könnte eine viel bessere Anpassung an das Leben im Raumschiff möglich werden und ist evtl. die beste Lösung des Problems subrelativistischer und damit sehr langer Weltraumflüge, die aus heutiger Sicht die größte Chance hat. Dieser Bio-Technoide bräuchte außer seinem Gehirn keine weiteren Körperteile mitzuführen, denn an die einlaufenden Nervenbahnen ließen sich die Rezeptoren anschließen, die für die Weltall-Existenz essentiell sind. Es besteht noch eine Steigerung: das Gehirn ließe sich direkt an den Rechner des Raumschiffs anschließen und könnte mit ihm zusammenwirken; die Synergieeffekte wären enorm.

Winterschlaf oder Kryogenik könnten Kyborgs und Bewohner von Generationenschiffen darin unterstützen, um sowohl die langen Reisezeiten als auch mögliche Langeweile zu überwinden. Oder man verwendet VR, um das subjektive Zeitempfinden zu verändern.

Vielleicht nehmen wir aber auch die ganze Erde mit ?!

Damit ist nicht die Bewegung der Erde um die Sonne und deren Bewegung in der Galaxis gemeint (und wiederum deren Bewegung innerhalb der lokalen Gruppe, die sich ihrerseits wiederum im lokalen Superhaufen bewegt), sondern folgendes: wir bleiben auf der Erde und reisen mit ihr allein oder sogar mit dem ganzen Sonnensystem durch die Metagalaxis. Unterwegs beleuchtet und erwärmt uns/unsere Nachfahren entweder die Sonne oder künstliche Kernfusion, künstliche Sonnen.

Ein per Ionenplasma gezündeter Sonnenmotor würde das Planetensystem heimlich durchs Universum gleiten lassen:

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

Teilchen schlagen mit 1000 km/s auf lokale Gebiete der Sonne ein und erzeugen dadurch Temperaturen von mehreren hundert Megakelvin - genug, um eine Kernfusion zu zünden. Die Regionen der Sonne, wo die Teilchen einschlagen, werden damit zur Fusion gebracht; infolgedessen wird Sonnenmaterie mit gut 50 000 km/s abgestoßen und die Sonne selbst erfährt Rückstöße. Nach Verlust einiger ihrer Massenprozent könnte sie auf die gewünschte Geschwindigkeit gebracht werden. Da sich die Planeten von Merkur bis Uranus weiterhin in ihrem Schwerefeld befinden, würden die Erde und die anderen Planeten auf diesem Flug mitgeschleppt.

Falls diese Idee in absehbarer Zeit umgesetzt werden würde, könnte die Menschheit im 45. Jahrhundert mit ihrem *Raumschiff* Erde den nächsten Stern erreichen. Unterwegs könnte man weiterhin die Planeten und Monde usw. erschließen und besiedeln, nach ETIs suchen, an Photonraketen basteln usw. Vielleicht bauen unsere Nachfahren das Sonnensystem unterwegs auch zu einer Dysonsphäre um?

Antriebsformen für Raumflugkörper

Treibstoffmitnahme

Thermochemischer Antrieb, Elektrische Triebwerke, Kernspaltung u.-verschmelzung, Annihilation mit Antimaterie

Ohne Treibstoffe

Solar- u. Lasersegel, Raumleinen, interstellares Ramjet

Physikalische Denkmöglichkeiten

Designerraumzeiten, z.B. Warp Drive, Wurmlöcher

Treibstoffmitnahme

Thermochemischer Antrieb

Durch Verbesserung des chemischen Brennstoffantriebs wäre zwar eine bis zu 20fache Geschwindigkeitssteigerung machbar; also Tempis von 220 km/s doch thermochemische Triebwerke sind in der interstellaren Raumfahrt nicht geeignet, da ihr Energiegehalt, d.h. der Massendefekt zu gering ist. Ihre Verwendung für interstellare Raumschiffe würde deren sowieso schon sehr hohe Startmasse ins Gigantisch-Absurde treiben, um die Reisedauer, die von der Geschwindigkeit abhängt, erträglich zu halten. Thermochemische Triebwerke werden wegen ihres geringen Energiegehalts bzw. geringen Massendefekts und wegen der beschränkten Temperaturfestigkeit des Düsenmaterials nur für Flüge in den LEO oder für den Verkehr im geolunaren Raum, maximal für Mars- u. Venusflüge verwendet.

Für die interstellare Raumfahrt sind sie nicht geeignet; ihre Verwendung für interstellare Raumschiffe würde deren sowieso schon hohe Startmasse ins Gigantisch-Absurde treiben, um die von der Geschwindigkeit abhängige Reisedauer erträglich zu halten.

Atomrakete

Im Vergleich zur Saturn V könnte eine Atomrakete mit "Kernbrand"-Antrieb eine 1000fache höhere Brennschluß- bzw. Höchstgeschwindigkeit also $0,1c$ erreichen. Damit ließen sich Multigenerationenschiffe

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

antreiben, deren Reisezeit dann das 10fache der Entfernung zum Ziel plus die Beschleunigungszeit auf $0,1c$ beträgt, dennoch reichen $0,1c$ nicht für relativistische Geschwindigkeiten. Von großer Nützlichkeit wären atomare Triebwerke auf jeden Fall für die Erforschung der Planeten, Monde usw. unseres Sonnensystems.

Mit Antrieben auf Kernenergiebasis, also Spaltung, Verschmelzung und Zerstrahlung würden die bisher benutzten Hohmann-Bahnen für Missionen innerhalb unseres Sonnensystems hinfällig werden, da man sich einen energieaufwendigeren Schnelltransport leisten könnte.

Die thermische Nuklearrakete

Bei nuklearthermischen Antrieben oder auch "konvektiven thermischen Fissionstriebwerken" wird die Kernenergie direkt als Wärme auf die zu beschleunigende Teilchenmasse übertragen: z.B. wird H als Arbeitsmedium unmittelbar an den Reaktorbrennelementen erhitzt und als Plasma durch eine Düse entspannt; also wird der Treibstoff thermodynamisch beschleunigt. Für die erforderlichen hohen Schübe muß der Triebwerksreaktor bei 10mal höheren Temperaturen, 100facher Leistung und 1000facher Energiedichte als bei irdischen Reaktoren üblich gefahren werden; außerdem muß er in wenigen Sekunden hochfahrbar und regelbar sein und soll auch wieder gestartet werden können. Es treten Temperaturen von über $3300K$ auf, die hohe Ansprüche an Material und Kühlung stellen. Es wird überlegt, flüssige oder gasförmige Kernbrennstoffe zu verwenden, mit denen sich bis zu

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

30 km/s Ausströmgeschwindigkeiten erreichen lassen.

Bei ihr heizt ein Reaktor ein Arbeitsgas - z.B. eine Planetenatmosphäre - auf, das dann durch eine normale Raketendüse ausströmt und als Raketenstrahl den Schub liefert wie bei einer chemischen Rakete. Je mehr Energie sich pro kg Arbeitsgas als Wärme speichern läßt, umso besser. Am meisten kann H aufnehmen; das sind prinzipielle physikalische Gründe. Das Reaktorinnere sollte wegen der Schmelzgefahr nicht heißer als 2700°C sein. Das Arbeitsgas muß einige 100°C kälter als das Reaktorinnere sein, damit *ihm* Energie zufließt. Nuklear-thermodynamische Energieversorgungsanlagen die über viele Jahre betrieben werden, müssen noch viel kälter arbeiten - bei etwa 1100°C, damit beträgt der Energieinhalt 12,5 kWh/kg; bei H/O = 3,72. Ein im Vakuum arbeitendes, ausgereiftes und verfeinertes Weltraumtriebwerk hätte dann eine Strahlgeschwindigkeit von 8,2 km/s; startet die Nuklearrakete direkt von der Erdoberfläche, ist ihr Geschwindigkeitsvermögen geringer als das einer chemischen H₂/O₂-Rakete. Innerhalb der Erdatmosphäre arbeitet sie aufgrund der hohen Nuklearmotormasse schlechter als die chemische Rakete. Die atomare Kernspaltrakete verwendet Wasserstoff (H) als Stützmasse, 1t flüssiger H⁶⁴ hat ein Volumen von 14,3 m³, im Gegensatz dazu hat 1t Wasser ein Volumen von 1 m³, also werden die Tanks sehr groß und damit sehr

⁶⁴ Wasserstoff wird bei - 253°C = 20 Kelvin flüssig und bei -269°C fest.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

schwer. 1 t fester H hat ein Volumen von $11,8\text{m}^3$ - dieser müßte aufgeschmolzen werden, um ihn zu den Triebwerken zu pumpen. Festflüssiger H-Brei hat um die $12,9\text{m}^3/\text{t}$; vielleicht wäre es möglich, metallischen H als Brei zu lagern ?

Wenn die Nuklearrakete jedoch aus einer Erdumlaufbahn startet, kann sie die gleiche Nutzlast auf eine höhere Geschwindigkeit bringen als eine chemische Rakete, sie kann sogar die rund doppelte Nutzlast auf die gleiche Endgeschwindigkeit beschleunigen. Da ein frischer Reaktor nur sehr schwachradioaktiv ist, kann er ohne weiteres in den Orbit getragen und montiert werden, selbst bei einem Startunfall findet keine Gefährdung der Erde statt. Um den Schub zu erhöhen, können Nuklearmotoren wie auch bei chemischen Raketen parallel angeordnet werden, sie sind ebenfalls ab- u. wieder anschaltbar, wobei jedoch eine Nachkühlung erfolgen muß, um eine Kernschmelze zu vermeiden. Und trotzdem sie gegenüber chemischen Raketen den 100.000 fachen Energieinhalt pro kg haben, erhält man nur die doppelte Nutzlast - schade...

Unter günstigeren Umständen hätte es längst kernenergetische Triebwerke geben können: die Saturn V sollte als 3. Stufe eine Nuklearstufe haben. Als orbitaler Nuklear-Start hätte mit ihr mehr Nutzlast zum Mond transportiert oder auch Mondbasen unterhalten werden können; sie war auch für bemannte Marsmissionen vorgesehen. Mehr Leistung für Kernreaktor-Triebwerke läßt sich erreichen, wenn die Gastemperatur erhöht wird, indem man z.B. Reaktoren mit äußerst

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

hohen Wärmeübergangseigenschaften an das Gas verwendet. Mit einem aus kleinen Kugeln oder Teilchen bestehenden "Kugelbett-" bzw. "Staubkernreaktor" könnten 950 s spezifischer Impuls im Vakuum bei einer maximalen Gastemperatur von 2700°C zu erreichen sein.

Im Gegensatz dazu geht der "Ackeret-Prozeß" von einem Hochdruck-Nukleartriebwerk mit 100 bar aus. Das Arbeitsgas bzw. die Stützmasse entspannt sich in einer Turbine und leistet dadurch Arbeit, danach hat es ca. 30 bar. Dann wird es wieder in den Reaktor geführt und dort auf Höchsttemperatur erhitzt, dann von einem Lichtbogen noch weiter erhitzt und strömt dann erst durch die Raketendüse. Der Lichtbogen wird von einem Generator erzeugt, der von der Turbine angetrieben wird. Eine Abart wäre der luftunterstützte Ackeret-Prozeß: nuklearelektrische Energie könnte einen Staustrahlantrieb innerhalb einer Atmosphäre noch wirkungsvoll antreiben.

Ein Fissionsreaktor könnte auch Energiequelle für ein thermoionisches Wandler-System sein indem dieser die elektrische Energie für einen Ionenmotor liefert. Als Stützmasse würden Caesium oder Quecksilber verwendet; entsprechende Ionenmotoren hätten eine Masse von 3t, Strahlgeschwindigkeiten zwischen 30 und 50 km/s und geringe Schübe von einigen kg. Wenn man nun mit dem Reaktor von 100 kg Masse Wasserstoff auf 2300°C erhitzt, der durch eine Lavalldüse abströmt, hätte man eine Strahlgeschwindigkeit von 8044 m/s und 150 kg Schub. Mit dem Generatorstrom und dem Wasserstoff läßt sich auch ein lichtbogenbeheizter Plasma-Motor antreiben. Er würde bei einem

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Gewicht von 50 kg eine Strahlgeschwindigkeit von 11 km/s erreichen und 10 kg Schub liefern.

Im Vergleich dazu hätte ein chemisches H-O-Antriebssystem eine Masse von 200 kg, eine Strahlgeschwindigkeit =4500 m/s und 10 t Schub.

Bei einer Gastemperatur von 4500°C läßt sich ein spezifischer Impuls von 1400s erzeugen, doch bei diesen Temperaturen schmilzt der Reaktor. Tropfen von ihm oder radioaktive Dämpfe verlassen die Düse zusammen mit dem Wasserstoffgas. Jedoch muß eine radioaktive Verunreinigung des Raketenstrahls vermieden werden, da die Strahlungsgefahr zu groß werden würde. Wie sich das beim flüssigen Reaktor lösen läßt, ist noch ungewiß, außerdem wird dieser Triebwerkstyp wahrscheinlich schwergewichtig. Beim gasförmigen Reaktor darf aus Kostengründen höchstens ein spaltbares Atom auf 10.000 Abgasatome kommen, was sich durch hydrodynamische oder magneto-gasdynamische Methoden erreichen lassen könnte.

Beim "Fenster-Motor" arbeitet der gasförmige Reaktor in einem völlig geschlossenen Raum und gibt die Energie nur durch ein Fenster per Strahlung ans Arbeitsgas ab⁶⁵.

Gasreaktor-Triebwerke sind prinzipiell groß und schwer⁶⁶, kleine

⁶⁵ siehe auch Sängers "Kernlampe"

⁶⁶ also genau richtig für Planetoiden, Kometen

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Versionen liefern 500 t Schub und haben einige Hektotonnen Masse. Ihr spezifischer Impuls von ca. 1800 s ist eine Folge der Wandkühlung. Durch einen unabhängigen Kühlkreislauf würde die Wandtemperatur nicht überschritten und der Isp⁶⁷ könnte auf bis zu 5000 s steigen. Ein derartiger Minimotor hätte wieder 500 t Schub, aber eine Masse von einigen Kilotonnen.

Ließe sich das Arbeitsgas in der Düse nachheizen, würde es noch schneller strömen, dann wären Strahlgeschwindigkeiten von 15 km/s vorstellbar ohne die 2300°C Gastemperatur zu überschreiten. Vielleicht könnte diese Nachheizung mit Mikrowellen erfolgen ?

Kernspaltreaktoren lassen sich vielfältig in der Raumfahrt anwenden, z.B. für **die nuklearelektrische Rakete bzw. elektrische Nuklearrakete.**

Wird 1 kg spaltbares Material verbraucht, ist davon zwar nur 1 g in Energie umgewandelt worden; allerdings sind 1 g Energie 25 Millionen kWh. Die Reaktorwärme ließe sich über einen thermodynamischen Kreisprozess in elektrische Energie umwandeln, die eine el. Rakete durch Aufheizung eines Gases oder als Plasma-o. Ionenantrieb antreibt.

⁶⁷ Isp: der spezifische Impuls; er gibt an, wieviel Schub [N] eine gewisse Treibstoffmasse innerhalb einer Sekunde freisetzt. Je höher der spezifische Impuls ist, desto mehr Schub erhält man aus dieser Treibstoffmasse bzw. um so länger kann die Brenndauer einer Rakete sein.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

Wenn diese Umwandlung direkt gelänge, ohne den Umweg über Wärme, wären stark verringerte Leistungsgewichte die Folge. Als Beispiel: bei einem 1t-Reaktor hat man 5×10^8 kWh (thermisch), davon wird ein Drittel in elektrische Energie umgewandelt. Wenn die gesamte Anlage 10 t Masse hat, beträgt ihre Leistung 1000 elektrische kW. Damit ließe sie sich 160 000 h, also 16 Jahre lang betreiben. Zwar haben Ionenmotoren eine hohe Strahlgeschwindigkeit von einigen 10 km/s, aber die Schubbeschleunigung, d.h. die Schubkraft ist mit einigen kg^{68} sehr gering, sie lassen sich nur für reine Weltraumbewegungen, etwa zwischen Satellitenbahnen oder interplanetaren Bahnen anwenden.

Beim **Ionenantrieb** wird Plasma mit elektrischen Feldern beschleunigt, wobei sich gleiche elektrische Ladungen abstoßen. Als Stützmasse bzw. Treibgas werden z.B. Xenon, Quecksilber oder Cäsium verwendet. Aufgrund ihrer geringen Antriebskraft, die dem Gewicht eines Blattes Papier entspricht, sind sie höchstens für Starts und Landungen auf kleine Planetoiden und Kometen, aber nicht für Planeten geeignet. Durch ihre lange Betriebsdauer und der viel höheren Brennschlußgeschwindigkeiten wird jedoch ihre Beschleunigung pro kg 10 mal größer als die von thermochemischen Antrieben, wodurch eine hohe Gewichtsersparnis für Langzeitmissionen möglich wird. Zukünftige Ionenantriebe werden im Multimegawattbereich liegen.

⁶⁸ eigentlich Kilonewton

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Nuklear-elektrische bzw. nuklear-thermische Antriebe werden die Erkundung und Erschließung des Sonnensystems und dessen industrielle Nutzung vereinfachen, so werden etwa unbemannte Raumschiffe mit nuklearthermischem Antrieb, bei dem H durch einen Kernspaltreaktor auf 3000 K erhitzt wird, vielleicht in wenigen Jahrzehnten schon He-3 aus der Uranus-u. Neptunatmosphäre als Brennstoff für Fusions-Kraftwerke holen. Auch wenn diese Planeten weiter als Jupiter und Saturn entfernt sind, sind sie aufgrund ihrer geringeren Schwerkraft leichter zu erschließen; weiterhin sind die He-3 Mengen sehr viel größer und leichter zu fördern als auf dem Mond. Eine Fördermission zum Uranus und zurück würde nur 9 Jahre dauern.

Bei **Nuklearen Pulsantrieben**, also dem Antrieb durch A-o. H-Bomben läßt sich zwischen einem innerem und äußerem **Nuklear-Puls-System** unterscheiden.

Beim **inneren NPS** verdampft viel Kühlmittel - z.B. Wasser - durch die Detonation einer kleinen A-oder H-Bombe in einer Brennkammer, damit diese intakt bleibt. Dadurch entsteht Dampf oder sogar Plasma, das durch eine Düse ausströmt .

Die Frequenz dieses periodischen Vorgangs beträgt ca. 1 Puls pro Sekunde. Ein derartiges Triebwerk hätte eine Schubbeschleunigung zwischen $0,1$ und $1g_{\text{Erde}}$ ⁶⁹ und $10 - 15$ km/s Strahlgeschwindigkeit , die

⁶⁹ Also zwischen 1m/s^2 und 10m/s^2

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

nicht höher werden kann, weil den Wandtemperaturen und Drücken Grenzen gesetzt sind.

Das **äußere NPS** erweist sich dem inneren NPS aus oben genannten Gründen als überlegen, da es bei gleicher Nutzlast und gleichem Geschwindigkeitsaufwand viel leichter ist. Bei diesem System werden die Pulseinheiten, also Kernbomben und Polyäthylen oder Material vom Zielgestirn als Stützmasse von einer Kanone durch ein Rohr in der Druckplatte zum Explosionspunkt mit 1 Puls pro Sekunde geschossen. Die Geometrie nuklearer Hohlladungen erzeugt asymmetrische Explosionen, die die Druckplatte möglichst vollständig treffen und auf ihr Ablationserscheinungen hervorrufen; als Schutz würde eine ständig erneuerte 25/1000 mm dicke flüssige Silikonschicht ausreichen.

Möchte man mit einem Geschwindigkeitsaufwand von 18 km/s aus der Erdumlaufbahn in eine 1000 km hohe Marsumlaufbahn und aus dieser wieder zurück in die LEO fliegen, wäre das eine - bemannte - 400 Tage-Mission. Die Beschleunigung steigt von 0,5 Erd-g beim ersten Impuls auf 2 Erd-g beim letzten Puls. Wenn die Nutzlast inklusive Marslander und einer chemischen Rakete als Marsabflugerät⁷⁰ 150 t sein soll, beträgt das Startgewicht im Erdorbit nur 520 t ! Das Treibstoffvolumen beträgt nur 56 m³, die rund 1920 Stück Pulseinheiten haben eine Gesamtmasse von 280 t, und reichen für 32 min Betriebsdauer. Der Schub beträgt im Durchschnitt 350 t und der Isp =

⁷⁰ mit Treibstoffherstellung auf Mars

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

2400s. Da der Wirkungsgrad sehr schlecht ist, entspricht die Bombenenergie 100 t TNT, während eine Bombe 10 kg wiegt - das meiste am Puls ist Stützmasse, deren Art zweitrangig ist; das kann Material vom Mond oder Mars usw. sein. Dadurch wird die Flugleistung gesteigert.

Da der Durchmesser der Druckplatte eine Primärgröße der Orion-Maschine ist, steigen mit deren Zunahme die Masse, etwas langsamer der Schub, der Isp und die Explosionsleistungen; für sehr große Raumschiffe - etwa interstellare Archen - mit Massen von Mega- bis Gigatonnen, können schließlich Fusionsexplosionen zweckmäßig werden.

Projekt ORION

Der Name soll sich gerüchteweise von dem Sternbild Orion, seinem endgültigen Ziel, ableiten.

ORION ist eine Atom-Puls-Rakete mit einem sogenannten Atom-Puls-Antrieb und wird durch eine periodische Folge von kleinen A-Bombenexplosionen beschleunigt.

Die Explosionen finden etwa alle 1,1 Sekunden nur etwa 35 m hinter dem Heck statt, das durch die Prallplatte, einem massiven Schutzschild gesichert ist. Die Treibladungen sollten zunächst seitlich an der Prallplatte vorbeigeschossen werden; später sollten sie mit einer Gasdruckkanone durch ein Loch ihrer Mitte geschossen werden.

In die Explosion wird entweder eine Stützmasse gesprüht; das

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

entstehende Plasma trifft dann auf diese massive Prallplatte am Raumschiffheck und der durch die Explosion freigesetzte mechanische Impuls beschleunigt diese. Nach anderen Entwürfen ist das Treibmittel, z.B. Wolfram direkt in die nukleare Treibladung integriert. Es soll nicht nur Impuls übertragen, sondern auch einen Teil der Strahlung von der Explosion abschirmen.

Zwischen der Prallplatte und der Nutzlast - dem eigentlichen Raumschiff - wandeln zweistufige Stoßdämpfer die gepulste Beschleunigung in eine gleichmäßige Beschleunigung des Raumschiffs. Die Prallplatte ist durch Ablation und mechanische A-Bomben-Stöße das Bauteil, daß am stärksten belastet ist, weshalb sie konisch geformt sein muß, damit sie bei den Explosionen nicht zerspringt.

Die erste Stufe des Stoßdämpfersystems besteht aus konzentrischen, gasgefüllten Ringen, die die Prallplatte mit einer Zwischenplatte verbinden. Sie soll die auf die Prallplatte wirkenden Stoßbeschleunigungen größtenteils dämpfen, so daß die 2. mechanische Stufe, die aus einem Bündel säulenartiger Stoßdämpfer besteht und mit der Nutzlast-Sektion verbunden ist, eine Beschleunigung von nur 1,25 Erd-g an diese durchläßt.

Ein solches nukleares Pulstriebwerk vereint einen hohen spezifischen Impuls mit hohem Schub, wodurch sich eine Brennschlußgeschwindigkeit von 1600 km/s und Schubkräfte von einigen Mega-Newton ergeben.

Eine andere Variante des Pulstriebwerks arbeitet mit Mikro-H-Bomben,

die durch Laser gezündet werden.

Nach den ersten Entwürfen wäre ORION 60m hoch gewesen und wie ein Geschöß geformt, seine Prallplatte hätte 40m Durchmesser und 4 Kilotonnen Masse gehabt. Es sollte 1,6 Kilotonnen Nutzlast in den Orbit tragen und von der Erde aus starten; von 2600 Treibladungen wären 800 mit einer Sprengkraft zwischen 0,15 Kilotonnen und 5 Kilotonnen nötig gewesen, um in den Orbit zu gelangen, mit dem Rest wäre eine Rundreise zum Mars und sogar zum Saturn möglich gewesen.

Mit steigender Größe der Prallplatte und damit zunehmender Raumschiffmasse steigt sogar die Effektivität dieser Antriebsart.

Ein Vorschlag aus den Zeiten des kalten Krieges sah große ORION-Raumschiffe vor, die mit ähnlichen Aufgaben wie strategische U-Schiffe im tiefen Raum patrouillieren sollten⁷¹, denn man war der Meinung, daß, wer immer ORION kontrolliere, auch die Welt beherrsche... 1962 wurde ein Modell eines militärischen ORION-Raumschiffs gebaut; u.a. mit einer Bewaffnung von 500 Sprengköpfen. Doch mit vielen Milliarden Dollar (aus heutiger Sicht; damals um die 2 Milliarden) und mit 20 Jahren Zeitaufwand war das Projekt ein großes Fiasko, weil diesem Programm die entschlossene und kenntnisreiche Führung fehlte, und es keine klaren Ziele gab, die verfolgt wurden. Ein Vergleich mit dem APOLLO-Programm erscheint wie Tag und Nacht. Technische Probleme waren das geringere Übel und hätten bei

⁷¹ Vorläufer der Sternenflotte? Hat G. Roddenberry daher seine Idee?

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

kompetenter Leitung auch überwunden werden können.

Nachdem allerdings ein internationales Verbot von Kernwaffenzündungen im Weltraum unterzeichnet wurde sowie nach Budgetstreitigkeiten zwischen Air Force und der NASA, die sich auf das Apollo-Programm konzentrierte, und noch aus anderen Gründen wurde das Projekt abgebrochen - leider, denn es wäre ihre denkbar beste Nutzung gewesen, zumal die großen Mengen radioaktiven Abfalls in die Leere des interplanetaren und interstellaren Raums gelangt wären. Es scheiterte letztlich nicht wegen technischer Mängel sondern aufgrund fehlender politischer Unterstützung.

Mit ORION hätte man bis 1965 beim Mars und bis 1970 beim Saturn sein können...

EPPP-Raumschiffe sind ORION-Neuaufgaben und verfügen ebenfalls über einen nuklearen Pulsantrieb. Interplanetare Reisen lassen sich mit diesem Antrieb schneller, flexibler und mit mehr Nutzlasten durchführen.

Weiterhin ist er für die Abwehr von ENOs bzw. Erdbahnkreuzern geeignet; mit EPPP-Antrieben steht genügend Zeit für deren Bahnänderungen zur Verfügung, o.a. formuliert ließe sich mit ihm ein ENO auch antreiben.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

Projekt PROMETHEUS

umfaßt die Entwicklung neuerer fissions-nuklearer Raumfahrttechnologien, wie sie etwa bei einer JIMO-Mission verwendet werden sollen. JIMO (Jupiter Ice Moon Orbiter) ist eine unbemannte Raumsonde, die in den 2020ern die großen Jupitermonde erforschen soll. Außerdem soll sie eine weitere Sonde transportieren, die die Meere Europas erforscht und dort nach Leben sucht.

JIMO wird von einem nuklearelektrischen Ionentriebwerk angetrieben, Xenonionen in einem elektrischen Feld beschleunigt. Zwar ist der Schub geringer als bei thermochemischen Triebwerken und auch nicht für einen Start von der Erde geeignet, aber die Ionen-Austrittsgeschwindigkeit und die Brenndauer liegen vielfach höher. Ein Kernspaltreaktor versorgt den JIMO-Antrieb mit etwa 25 kW elektrischer Leistung.

Fusionsantrieb

Bei thermischen Fusionsraketen heizt sich der Treibstoff am 10 Megakelvin heißen Fusionsplasma auf und tritt aus einer Entspannungsdüse mit 0,1c aus.

Mit einer Fusionsrakete ließe sich gegenüber einer Kernspaltungsmaschine zehnmal mehr Energie und eine doppelte Höchstgeschwindigkeit von etwa 0,2c erreichen. Allerdings würde die Reisezeit in Jahren das 10fache der Entfernung in Lichtjahren betragen; eine 10 Lichtjahre weite Reise würde also immer noch 100 Jahre

dauern.

Bei der kontrollierten Fusion vom MHD-Typ für Raumfahrtantriebe zeichnen sich 3 Möglichkeiten ab. Zum einen bildet das Reaktorgas selbst den Antriebsstrahl, der Schub liegt bei 10^{-3} bis 10^{-4} relativ zur Raketenmasse, aber der spezifische Impuls liegt in der Größenordnung von 10^5 Sekunden. In diesem Fall braucht das Triebwerk einen Kühlkreislauf mit Wärmeabstrahlung (Radiatoren), ansonsten würde das Raumschiff gegebenenfalls schmelzen.

Als 2. Möglichkeit heizt ein Fusionsreaktor ein Arbeitsgas, zum Beispiel Wasserstoff auf, dann ähnelt das Ganze dem Gaskernreaktor mit 2500 s Isp bei dem der Schub etwa so groß wie das Gewicht ist oder er verfügt über einen eigenen Kühlkreislauf und geringerer Schubbeschleunigung, aber der Isp kann bis zu 100.000 s betragen.

Natürlich läßt sich mit ihm auch elektrische Energie für einen elektrischen Raketenantrieb erzeugen.

Bussard-Antrieb (Boussard Interstellar Ramjet Engine)

Der Bussard-Antrieb ist ein interstellares Staustrahltriebwerk und beruht darauf, daß während des Fluges Wasserstoff bzw. Protonen z.B. aus interstellaren Wolken mit einem 10 km bis 1.000 km großen Trichter eingesammelt und dann einem offenen Reaktor zugeführt werden, um sie als Fusionstreibstoff für eine Nuklearrakete zu verwenden; z.B. würde ein Laser die Kernfusion auslösen. Der Wasserstoff wäre also

gleichzeitig Treibstoff und Reaktionsmasse.

Zukünftige Sternenschiffe könnten auch einen interstellaren Staustrahltrieb verwenden, der interstellare Materie aufammelt, fusioniert oder durch mitgebrachte Antimaterie zerstrahlt und so Energie liefert und - zusammen mit der restlichen Asche - den Abgasstrahl bildet.

Die Beherrschung der Proton-Proton-Reaktion ist die Grundvoraussetzung für den interstellaren Staustrahltrieb; ohne sie bleibt dieser Antrieb fiktiv.

Möglicherweise läßt sich die Proton-Proton-Fusion durch einen Katalysator zeitlich beschleunigen⁷² und bei geringerer Temperatur und höherer Wirkungsrate, also größere Trefferquote durchführen.

Damit das Staustrahltriebwerk jedoch funktioniert, braucht man eine Anfangsgeschwindigkeit zwischen 10^{-4} und $0,1 c$. Das könnte sich mit dem Stufenprinzip lösen lassen: 1 oder 2 Stufen würden das eigentliche Schiff mit dem Staustrahltrieb vorbeschleunigen. Dieser Antrieb benötigt wegen der geringen Materiedichte von etwa 1 Wasserstoff-

⁷² vielleicht relativistische Myonen; relativistisch wegen der schnellen Zerfallszeit

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

Atom/cm³⁷³ eine sehr große Einfangfläche⁷⁴, die aus elektromagnetischen Feldern aufgebaut wird. Dafür muß der interstellare Wasserstoff jedoch mit einer Art Lampe oder einem Laser ionisiert werden...

Damit die magnetischen Kräfte auf den Einfangfeldgenerator nicht zu groß werden, muß die Beschleunigung geringer werden, wenn das Raumschiff relativistisch wird; möglicherweise lassen sich mit diesem Antrieb bis zu 0,5c erreichen und ermöglichen tatsächlich einen Hin- u. Rückflug in einer Gesamtreisezeit von 6 x n Jahren⁷⁵, bei einer Entfernung von n Lichtjahren.

Allerdings lassen sich Bussardkollektor-Ramjet-Abarten dazu verwenden, um mit dem eingefangenen Material die Abstrahlmasse zu vergrößern, oder um den von der gigantischen Auffangfläche erzeugten "Luftwiderstand" des interstellaren Gases zur Abbremsung zu nutzen. Allerdings könnte durch das Sammeln ein Bremsseffekt entstehen und wenn ein solches Raumschiff relativistische Geschwindigkeiten erreicht,

⁷³ im intergalaktischen Raum befindet sich 1 Atom in einem Volumen von 10 Litern

⁷⁴ "sehr groß" meint übrigens einen Durchmesser von 10⁷ km...ja genau, die Sonne hat einen 10mal kleineren Durchmesser

⁷⁵ "6" weil 6x 0,5c = c; c = 300.000 km/s

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

bewegen sich die Wasserstoff-Atome relativ zu ihm auch mit nahezu Lichtgeschwindigkeit, was bedeutet, daß Schiff und Besatzung ohne ausreichenden Schutz durch diese induzierten kosmischen Strahlen verglühen würden. Um dass zu verhindern, könnte man die Elektronen durch Laserstrahlen von den interstellaren Atomen lösen und sie, weit vom Schiff entfernt, elektrisch aufladen und mit einem Ultramagnetfeld in die Schaufel leiten und somit vom übrigen Raumfahrzeug entfernen. Theoretisch hätte dieses Antriebskonzept, das einen nach dem Prinzip des Staustrahltriebwerks arbeitenden Fusionsreaktor voraussetzt, eine unbegrenzte Reichweite, da ein solches Raumschiff seinen Treibstoff nicht mitführen muß.

Das **Enzmann-Sternenschiff** führt viele Megatonnen von z.B. H-Isotopen mit sich, die durch Laserenergie verschmolzen werden und es antreiben.

Mit einem He-3-Deuterium-Antrieb ließe sich die Reisezeit für schnelle Marsflüge auf 2 Monate verringern; Frachtflüge wären in 8 Monaten dort, wobei die Treibstoffmasse weniger als $1/5$ x der Frachtmasse beträgt. Vergleichbare Flüge ins Zentrum des Planetoidengürtels würden ungefähr 18 Monate dauern und He3-Frachtflüge von Uranus und Neptun wären in 2 Jahren statt in 6 Jahren hier. Selbst bemannte Jupiterflüge würden nur noch 1,5 Jahre bis 3 Jahre dauern. Falls die Deuterium-Helium-3-Fusion technisch machbar wird, werden bemannte Missionen zu allen Planeten, Planetoiden und Kometen möglich und

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

damit würde das Sonnensystem der Menschheit gehören.

Projekt LONGSHOT

war eine Studie über ein interstellares unbemanntes Raumschiff, das Forschungssatelliten zu Alpha Centauri B bringt und mit einem Nuklearantrieb ausgestattet sein sollte. Es hätte eine Startmasse von 396t gehabt, inklusive 264 t He-3/Deuterium als Treibstoff und 30 t Nutzlast einschließlich Kernreaktor und sollte an der Alpha-Raumstation, dem Vorläufer der ISS, gebaut werden. Das Raumschiff sollte seine Energie für die fusionsauslösenden Laser aus einem 300 kW-Kernspaltreaktor beziehen. Longshot wäre nicht auf einen Fusionsreaktor angewiesen, um die Sonde anzutreiben, da dies von dem äußeren Reaktor übernommen worden wäre. Weiterhin sollte der Reaktor einen 250 kW-Kommunikationslaser betreiben, der im Sparmodus Daten über das interstellare Medium gesendet hätte; nach 100a wäre Longshot im Gegensatz zu Dädalus in einen Orbit um den Zielstern eingetreten, am Reiseziel wäre der komplette Energiedurchsatz für eine Datenübertragungsrate von 1 Kilobit pro Sekunde verwendet worden und nach weiteren 4 Jahren wären die ersten Daten auf der Erde eingetroffen.

Mit ORION und DAEDALUS ließe sich $0,1c$ erreichen und damit könnten wir in 43a beim Alpha Centauri-System sein, also in weniger als einem Menschenleben, was bei einer Geschwindigkeit sehr wichtig ist, bei der sich die SRT-Zeitdehnung kaum auswirkt. Für Reisen

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

jenseits der sonnennahen Sterne könnten wir ORION und DAEDALUS vielleicht als Multigenerationenschiffe planen; erst die Ururenkel der Hekto-u. Kilojahre zuvor gestarteten Kosmonauten würden dann auf erdartigen Exoplaneten landen. Vielleicht wird es auch möglich, die Reisenden in eine Art Winterschlaf zu versetzen oder einzufrieren und sie erst Jahrhunderte später wieder aufzuwecken...Nichtrelativistische Raumschiffe scheinen trotz ihrer enormen Kosten im Vergleich zu relativistischen Raumfahrzeugen einfacher zu entwerfen, zu bauen und bedienbar zu sein. Wenn auch unter großen Anstrengungen können uns wir durchaus Zutritt zu anderen Sternen verschaffen. und in mehreren Kilojahren können wir uns evtl. auch schnelle interstellare Raumflüge leisten.

Mit den besten chemischen Stufenraketen lassen sich nur etwa 30 km/s erreichen und die Reisezeit wird 10^4 mal so lang wie die Entfernung des Zielkörpers in Lichtjahren. Das wären z.B. 40 Kilojahre bis zum nächsten Stern (Ausnahme die Sonne). Mit nuklearelektrischen Triebwerken wird die Schubbeschleunigung so niedrig, das es typisch 10 a braucht, um auf bis zu 100 km/s Endgeschwindigkeit zu kommen, was für interstellare Entfernungen noch viel zu niedrig ist; durch verbesserte Reaktoren, mehrere Brennstoffladungen pro Reaktor, Stufung usw. läßt sie sich bei 100jähriger Antriebsdauer auf vielleicht 1000 km/s steigern. Doch auch dann braucht ein derartiges Raumschiff

Teil 02:
Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

noch 1200 Jahre bis Alpha centauri⁷⁶.

Für interstellare Dimensionen braucht es daher (sub)relativistische Geschwindigkeiten, wie sie von der Kernverschmelzung geliefert werden können. Dazu wird der Brennstoff in ein durch Magnetfelder zusammengehaltenes utraheies Plasma verwandelt, in dem die thermonukleare Fusion stattfindet oder Brennstoffkgelchen werden durch Laserbestrahlung komprimiert und zünden dann explosiv.

⁷⁶ eigentlich ist Proxima centauri der nächste Stern, aber die beiden liegen vergleichsweise nahe beieinander

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Projekt Daedalus

Daedalus ist eine unbemannte 2-stufige interstellare Raumsonde, die eine Vorbeiflugmission zum 5,91 Lichtjahre entfernten Barnards Stern durchführen sollte, von dem man seinerzeit annahm, das er Planeten besitzt, auf denen etwas "Präbiotisches" oder sogar eine rudimentäre Biosphäre aus Extremophilen existiert. Vielleicht wären sie dank Terraforming auch die ersten besiedelten Exoplaneten geworden.

Daedalus wird dort im All zusammengebaut, wo auch immer es die geeigneten Anlagen dafür gibt: einer der EML-Punkte, im erdnahen Weltraum, im Planetoidengürtel, oder in Jupiternähe usw. Betankt wird es entweder in einer Mondumlaufbahn oder in einer Jupitersatellitenbahn; dort, wo es billiger wird. Die interstellare Reise beginnt dann auch aus dieser Anfangsbahn.

Ausgehend von der jeweiligen Parkbahn treibt die erste Stufe das Fahrzeug an, dessen Anfangsmasse 54,056 Kilotonnen beträgt, die zu 0,98 aus Treibstoff besteht. Sind immer 2 symmetrisch angeordnete Treibstofftanks leer, werden sie abgeworfen; damit ist die 1. Stufe eigentlich 3stufig, da sie 6 Tanks hat. Nach 2,05 Jahren ist die erste Stufe ohne Treibstoff und wird abgetrennt; die 2. Stufe zündet und hat 1,76 Jahren Brennzeit. 3,81 Jahre nach dem Start ist die Sonde 0,21 Lichtjahre von der Sonne entfernt und hat eine Geschwindigkeit von 36.400 km/s, also 12,1 % c; die Schubbeschleunigung betrug zwischen 0,1 und 1m/s² - durchschnittlich 0,3 m/s².

Um die Reisezeit zu minimieren, werden alle Treibstoffe schon während

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

der Anfangsbeschleunigung aufgebraucht. Kleine Fusionsexplosionen aus Helium-3 und Deuterium, die durch hochenergetische Laser-o. Teilchenstrahlen gezündet werden, treiben das 2stufige Gerät an und erzeugen eine Strahlgeschwindigkeit von gut 10.000 km/s. Eine magneto-hydrodynamische Düse formt den Abgasstrahl und liefert über einen MHD-Wandler die Energie für die Treibstoffförderungs- und -zündsysteme. Damit die Fusion durch hochenergetische Bestrahlung ausgelöst werden kann, muß das Kügelchen auf 10^{-3} seines Volumens komprimiert und auf 10^9 K erhitzt werden; das Fusionsplasma muß für mindestens 10^{-13} s zusammenhalten; mindestens 20% des Kugelmaterials müssen verschmelzen bevor das Pellet detoniert. Diese werden wahrscheinlich eine Deuterium-Wabenstruktur haben, die mit He-3 gefüllt ist; ihre Außenhaut bzw. Oberfläche ist zu Injektionszwecken supraleitend gestaltet. Der Injektor der ersten Stufe verbraucht 67, 2 MW(elektrisch), die er aus der Wechselwirkung zwischen dem Plasma und einem mit der Düse integrierten MHD-Generator erhält, der bei einem spezifischem Gewicht von 1kg/kW(elektrisch) nur 70t wiegt.

Nachdem die Sonde ihre Endgeschwindigkeit von $36400 \text{ km/s} = 0,121 c$ (an anderer Stelle ist von $0,1c$ bis $1/6c$ die Rede) erreicht hat, setzt sie ihre Reise im freien Fall fort.

Mit bis zu 50.000 km/s würde die Sonde antriebslos auf den Roten Zwerg von $0,15$ Sonnenmassen, 250.000 km Durchmesser und 3.000 K Oberflächentemperatur zufallen.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Nach einigen Jahren Flugzeit beträgt die Masse der Sonde nur noch das 10 bis 40fache einer Saljutstationen, da der Treibstoff aufgebraucht und die Tanks abgesprengt sind.

Der Motor wird zu einer 40 m großen Parabelantenne aus Drahtnetz umgebaut. Ihre Sendeleistung beträgt 1 MW, damit können 864 Megabit/Sekunde über gut 6 Lichtjahre transferiert werden. Nach weiteren 47,1 a im freien Fall gelangt das Raumschiff zu Barnards Stern; wobei 25 a nach dem Start 2 optische Bordfernrohre, jedes doppelt so groß wie das HST, zusammen mit Radioteleskopen das Exoplanetensystem beobachten. 5 bis 10 a bevor Dädalus das Barnardsche System durchquert, wird die Flugbahn korrigiert/justiert und 10 - 20 "Sub- Nutzlasten ", nukleargetriebene Kleinsonden, werden ausgestoßen, die wie ein Schrotschuss das System durchfliegen. Das Ganze ist in wenigen Stunden gelaufen. Die Nutzlasten sammeln maximale Beobachtungsdaten und übertragen sie zum Hauptfahrzeug bzw. dem Mutterschiff, wo die Daten zwischengespeichert und langsam zur Erde gefunkt werden, deshalb braucht die Energieversorgungsanlage 2,6 MW(e).

An Bord des unbemannten Sternenschiffs fliegen Roboter mit, die von autonomen Rechnern (KI!) kontrolliert und gesteuert werden ("HALs"?). Sie führen automatische Reparaturen durch, damit die Sonde ihre Mission fehlerfrei durchführen kann (auch 2 oder mehrfach redundante Systeme?); das impliziert natürlich große Fortschritte in der Kybernetik und Robotik und in der Computertechnologie...eine

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

Fernsteuerung von der Erde etwa über Laser oder Radiosignale ist zu langsam, d.h. wegen der riesigen Entfernung nicht in Echtzeit möglich - da ist sie wieder, die "Lichtmauer".

Das He-3 wird z.B. aus dem Sonnenwind oder aus der Jupiteratmosphäre gewonnen. Dazu stelle man sich mit H oder Jupiteratmosphäre gefüllte Heißgasballons von 235 m Durchmesser vor (o. ganze Ballonstädte), die die Fabriken tragen, in denen He-3, Deuterium und H gewonnen wird, mit Fissions- o. Fusionsreaktoren zur Energieversorgung, einer Trennanlage, einem Speicher und einer oder mehrerer Andockstationen für Zubringerraumfähren. Mal angenommen, die Ballonfabrik verarbeitet pro Sekunde 680 kg, dann gewinnt sie daraus 1,15g He-3, 0,77g Deuterium und 3,67g fl. H, der als Ausströmmaterial für eine orbitale Zubringerfähre mit einem Gaskern-Spaltungsreaktor als Energiequelle dient, die den H auf 40 km/s Ausströmgeschwindigkeit bringt. Mit den Fähren werden die Rohstoffe in eine Jupiterumlaufbahn transportiert, von da übernimmt sie ein interplanetarer Transporter und die Fähre fliegt zur Fabrik zurück. Etwa 50 Fabriken könnten in 20a die Treibstoffe für einen Daedalus erzeugen - deshalb auch die lange Zeit bis zum Start.

(Geht man etwas weiter und nimmt an, der ganze irdische Energiebedarf würde durch die He-3-D-Fusion gedeckt, wobei die Anlagen fast die ganze thermische Reaktionsenergie nutzen: 90 Millionen kWh(th)/kg und der irdische Energiebedarf beträgt 900 Billionen kWh(th)/a, dann werden 10 Kilotonnen He-3/D benötigt, die von 165 Ballonfabriken

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

erzeugt werden können. Die Jupiteratmosphäre enthält genug dieser Isotope, um die Erdenergieversorgung für 1 *Billion* a zu sichern, was mit einer interplanetaren Wirtschaft durchaus möglich wäre. Außerdem sind Saturn und erst recht Uranus und Neptun viel leichter zugänglich... Auch wenn diese raumfahrttechnische Großaufgabe 1,3 Billionen Dollar/a (1980) kosten würde, wäre das sehr viel weniger als die irdische Brennstoffgewinnung für den gleichen Energiebedarf kosten würde - falls das überhaupt machbar ist.)

Was die Pellets angeht, ist das Deuterium bei -270°C und 0,813bar fest und das He-3 flüssig. Vorher findet eine D-T-Fusion statt, durch die die He-D-Verschmelzung eingeleitet wird. Die Energie für die Verschmelzung des ersten Pellets kommt von an Bord befindlichen Speichern.

Die Pelletoberfläche ist supraleitend, damit sie vom elektromagnetischen Treibstoff-Fördersystem vom Tank zum Reaktionsort befördert werden können. Eine Daedalus-Sonde braucht 30 Milliarden Pellets, wenn diese in einem a hergestellt werden sollen, müssen - durch Automaten - 1000/s produziert werden. Durch die magneto-gasdynamische Düse wird der Wirkungsgrad des gepulsten Systems vergleichbar mit üblichen Raketentriebwerken. Die Felder der Düse verhindern außerdem, daß die Reaktionen die materiellen Wände verdampfen; durch sie soll die 10fache Leistung pro kg Motorgewicht und die 20.000fache Brenndauer erreicht werden. Die Ionen induzieren durch ihre Bewegung in den Düsen-Kraftfeldern

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

Ströme, die den gewaltigen Leistungsbedarf für Förderung und Zündung decken sollen. Die Sonde hat eine hohe Pulsrate, was den Antrieb fast permanent macht, die Mikroexplosionen sind kleiner und die radioaktive Verunreinigung ist gering.

Zur Gesamtflugzeit von 51 Jahren addieren sich 6 Jahre Funklaufzeit. Wenn die Daedalus-Expedition noch 20 Jahre länger dauert, könnte sie 8 Lichtjahre reisen - aber damit wäre die Grenze dieser Technik erreicht.

Aus energetischen Gründen kehrt sie nicht zur Erde zurück, da ansonsten die Treibstoffmasse viel zu hoch wäre⁷⁷.

⁷⁷ Sie steigt exponentiell.

Teil 02:
Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

	1. Stufe	2. Stufe
Treibstoffgewicht	46 kt	4 kt
Strahlgeschwindigkeit	9210 km/s	10600 km/s
Triebwerk-Radius	20 m	50 m
Triebwerk-Arbeitszeit	1,76 a	2,05 a
Treibstofftanks- Anzahl	4	6
Schub	67,6 t	768,6 t
Explosionsfrequenz der Kügelchen	jeweils 250 pro Sekunde	
NL	2. Stufe	400 t
Kügelchenmasse	2,846 g	0,288 g
Kügelchenradius	19,7 mm	9,16 mm

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Jahr	0	Daedalus-Programm beginnt
	30	Daedalus Start
	74	Zielnähe ist erreicht
	78	erste Daten werden auf der Erde empfangen* ⁷⁸
	81	Sonde ist am Ziel
	88	die letzten Meßwerte erreichen die Erde
	90	Ende der Hauptauswertung

Vielleicht wird Daedalus auch mit einer Deuterium-Deuterium (H₂-H₂)- oder Deuterium-Tritium-(H₂-H₃) Fusion arbeiten. Jedoch ist H-3 (Tritium) radioaktiv und mit einer Zerfallszeit von 12 a, also seiner Halbwertszeit, ein zweifelhafter Treibstoff für langzeitige Missionen. Da bei der He-3-H-2- Fusion die meiste Wärme als Primärenergie anfällt (58%) und nur 2% der Energie als Neutronen abgestrahlt werden, wäre diese Fusionsart zu bevorzugen:

D-D-Fusion 30 % Wärme, 50 % Neutronen

D-T-Fusion 15 % Wärme, 75 % Neutronen

He-D-Fusion 58 % Wärme, 2 % Neutronen

Die geringe Neutronenstrahlung erzeugt die geringsten Strahlungs- u. Abschirmungsprobleme.

⁷⁸ * schon während der Freiflugphase werden einige wissenschaftliche Ergebnisse gesammelt und zur Erde gesendet

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

Ohne neue Wunder bzw. neue Entdeckungen wie Nanotechnologie und Warpantrieb zu berücksichtigen, die eine Abschätzung überflüssig machen würden, ließe sich Daedalus unter Verwendung "konventioneller" Techniken in 115 bis 137 Jahren starten. Die 115 Jahre ergeben sich aus einem Netzplan, der technologische und Raumfahrtentwicklungen grob abschätzt, wie etwa wann kontrollierte Kernfusion durch Mikroexplosionen möglich sein wird, wann auf deren Basis ein Raumantrieb funktioniert, wann bemannte Flüge im Sonnensystem stattfinden, wann die He-3 Gewinnung auf Jupiter beginnt und die Daedalus-Entwicklung tatsächlich beginnt und durchgeführt und gestartet wird usw. Bei 137 Jahren wird die Dauer einer technischen Generation festgelegt: Dazu wird etwas willkürlich eine Verdopplung, also der Faktor 2 in der Verbesserung einer technischen Kenngröße als "neue Generation" festgelegt. Da sich für interstellare Flüge die Entfernung anbietet, wird die Entfernung, die Daedalus zurücklegt, nämlich 6 Lichtjahre, in Beziehung gesetzt zu einer "vergleichbaren" Raumsonde, etwa Voyager 2, die gut 4 Lichtstunden weg von der Erde reist. Eine Division von 6 Jahren durch 4 Stunden ergibt 13140, wobei $13140 = 2^{13,7}$. Für die Dauer einer technischen Generation nimmt man typischerweise 10 bis 15 Jahre an; somit müssen noch 13,7 technische Generationen mal 10 Jahre vergehen, bis die nötige Steigerung der Reichweite erreicht ist. Diese 13,7 mal 10 Jahre ergeben dann die 137 Jahre.

Wichtige Voraussetzungen für diese zeitlichen Abschätzungen sind, daß

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper Treibstoffmitnahme

es zwischenzeitlich nicht notwendig ist, die Sonde viel früher zu starten. Die Daedalus-Techniken sind überhaupt machbar (jedenfalls spricht die Physik nicht dagegen). Es wird kein heute noch unbekannter besserer Weg gefunden - wenn sich Technologie jedoch exponentiell entwickelt, würde ich nicht darauf wetten, d.h. bis diese Sternensonde tatsächlich gebaut wird, wird es eher im Gegenteil noch viel bessere Methoden geben; man denke da z.B. an die Nanotechnologie. Es könnte sogar soweit kommen, das sich die Daedalus-Studie überholt hat, bevor sie verwirklicht würde und daß an ihrer Stelle nanotechnologische, selbstreplizierende VNS, Von-Neumann-Sonden zu den Sternen fliegen; Daedalus wäre dann schon ein Fossil, bevor es überhaupt existiert hat. Aufgrund technologischer Verbesserungen empfiehlt es sich vielleicht, nicht schon zum frühest möglichen Zeitpunkt zu starten, sondern einige Zeit zu warten, allein schon, um mit ausgereiften, bewährten Techniken zu starten (die dann längst im interplanetaren Einsatz sind), denn letztlich könnte man mit etwas Geduld schneller zum Ziel kommen. Zwischenzeitlich wäre es angebracht, Verbesserungen zu entwickeln. Allerdings darf dieses Argument nicht dazu verwendet werden, nie zu starten, da ja immer eine Verbesserung stattfinden könnte !

Mit einem leistungsfähigen Nuklearantrieb vom ORION-Typ (der mit den A-Bomben) läßt sich eine Höchstgeschwindigkeit von einigen 100 km/s erreichen, da sich mit ORION auch eine hohe Schubbeschleunigung erzielen läßt, ließen sich durch eine komplexe Flugbahn Erde-Saturn-Jupiter- Sonne- Verlassen des Sonnensystems bis

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

zu 400 km/s dazugewinnen, was attraktiv wird für Höchstgeschwindigkeiten über 20 km/s; bei über 1.000 km/s fliegt man besser direkt zum Ziel. 1.000 km/s lassen sich nach 10jähriger Flugdauer innerhalb des Sonnensystem erreichen, die an Bord einer kstl. Ökosphäre, also eines viele km großen Weltraumhabitats ganz angenehm vergehen könnten.

Ist das Ziel eines Sternenschiffes X Lichtjahre entfernt, dauert der Hinflug $300 \text{ mal } X + 10$ Jahre, "300", weil 1000 km/s der 300. Teil von c , der Lichtgeschwindigkeit sind. Trotzdem eine lange Zeit, wenn man in Blechbüchsen eingesperrt wäre - also doch lieber Roboter-Raumsonden oder den O'Neillschen Weltraumsiedlungen entsprechende Multigenerationenschiffe, die jedoch einen Ersatz für die Sonne bräuchten, d.h. eine adäquate Energiequelle; vielleicht auf Fusionsbasis. Vielleicht versetzt man die Emigranten auch in Winterschlaf oder brütet sie kurz vor Erreichen des Ziels aus, d.h. eine Eizelle wird künstlich befruchtet mit einer Samenzelle und dann in eine kstl. Gebärmutter eingepflanzt. Die so erzeugten, transgenen? Menschen oder besser Androiden bzw. Bioide/Biomaten oder doch Menschen? werden dann von Robotern und Computern groß gezogen - was für eine Sozialstruktur sie wohl haben mögen?

Eine verbesserte Daedalus, d.h. eine photonische Daedalus, also mit Photonenantrieb, deren 1. Stufe 0,5 kg Treibstoff pro Sekunde verbraucht, erreicht einen Schub von 15 Kilotonnen; anfangs 3 m/s^2 , am Ende 20 m/s^2 , wobei sie eine Brenndauer von 2,92 Jahren hat. Sie setzt

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

dabei - ACHTUNG - 45 Billionen kW frei - etwa 1/4 der Leistung, die die Erde von der Sonne bekommt⁷⁹.

Ihre Brennschlußgeschwindigkeit läge bei $E=0,998c$. ("E" ist der Einstein-Faktor und gibt wie die Mach-Zahl ein Verhältnis an und ist deshalb dimensionslos; er stellt die Raumschiffgeschwindigkeit zur Lichtgeschwindigkeit ins Verhältnis.)

Würde die photonische Daedalus über einen variablen Schub verfügen, so daß die Beschleunigung konstant bei z.B. $1g$ bleibt, ergibt sich für eine Vorbeiflugmission eine Höchstgeschwindigkeit von $0,99837c$ und ein 16,5 Lichtjahre langer Beschleunigungsweg, während die Beschleunigungsdauer auf der Erde 17,5 Jahre beträgt, aber im Raumschiff-Bezugssystem nur 3,6 Jahre (Dilatation!). Wenn der photonische Daedalus nun bemannt wäre, und die Sternenreisenden 22,5 Erdjahre mit $0,99837c$ fliegen, entfernen sie sich in nur 4,9 Bordjahren etwa 39 Lichtjahre von der Erde, wobei auf der Erde $17,5 + 22,5 = 40$ Jahre vergangen sind. Vergehen auf der interstellaren Reise 40 Bordjahre, vergehen dagegen auf der Erde 655 Jahre und die Photonenrakete ist 653 Lichtjahre entfernt. Machen die Sternenreisenden einen Rundflug und starten im Sonnensystem, bremsen am Ziel ab, halten sich dort 1 Jahr auf, fliegen von dort wieder zur Erde zurück und bremsen hier, dann ist die Höchstgeschwindigkeit nur noch $0,71c$. Befindet sich das Ziel 10 Lichtjahre entfernt, dauert die

⁷⁹ Vielleicht sind GRBs ja Photonenraketen o.a. "Unfälle"?

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

gesamte Mission 22,7 Jahre an Bord und 30,8 Jahre auf der Erde. Wenn interstellare Missionen also keine Einwegmissionen sein sollen, sondern wieder zur Erde zurückführen sollen, und das innerhalb von ungefähr 30 Erdjahren, kommt man selbst mit Photonenraketen nur 10 Lichtjahre in den Weltraum - für tiefere Missionen könnten sich tatsächlich Multigenerationenschiffe besser eignen, vielleicht mit Staustrahlantrieben, um die Treibstoffmasse zu verringern.

Die Treibstoffmasse ließe sich verringern, wenn man 1. nicht mehr zur Erde zurückkehrt, sondern den dafür notwendigen Treibstoff auf dem Zielplaneten herstellt und 2. die Entfernung auf 10 bis 20 Lichtjahre begrenzt, sich also mit kleinen Sprüngen begnügt.

Die Photonenrakete und relativistische Raumfahrt

Zerstrahlungsrakete/antrieb

Mit der Zerstrahlung (z.B. von Materie und Antimaterie) als Energiequelle ließe sich eine "Konversionsrakete" oder eine "Photonenrakete" antreiben. Eine Konversionsrakete strahlt Masseteilchen mit relativistischen Geschwindigkeiten ab; eine Photonenrakete emittiert Lichtquanten, Photonen. Beide Typen haben ähnliche Leistungen, wenn man fast 100%ige Wirkungsgrade bei der Umwandlung von Masse in Energie in Schubkraft annimmt. Die physikalischen Grenzen der Weltraumforschung sind durch die Entfernungen gegeben, durch die Größe des Sonnensystems, der Galaxis usw; bzw. durch unsere Kurzlebigkeit. Mit konventionellen Raketen ist interstellaren Entfernungen - Lichtjahren und Kilolichtjahren - nicht mehr beizukommen; ein Raumschiff müßte etwa mit c fliegen, wenn eine Reise etwa zu Alpha Centauri noch sinnvoll sein sollte, die Voraussetzung dafür ist aber , daß ihre gesamte Treibstoffenergie in Strahlungsenergie umgewandelt wird⁸⁰. Und das schafft nur die Photonenrakete. Theoretische Konzepte liegen bereits vor, z.B. von E. Sänger, R. Forward. Bei bestimmten subatomaren Prozessen, etwa bei der Paarvernichtung von Materie und Antimaterie, wird die Masse direkt in Energie umgewandelt, d.h. zerstrahlt.

⁸⁰ $E = mc^2$

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Die **partielle Photonrakete** basiert auf Fission oder Fusion; diese Kernreaktionen haben einen Massendefekt < 1 . Bei den Photonraketen unterscheidet man zwischen "partiellen" und "totalen" Typen; wobei es bei der partiellen wiederum 2 Unterarten gibt: bei der einen verbleibt die Asche an Bord, bei der anderen wird sie impulsfrei über Bord geschüttet. Bei partiellen Photonraketen wird nur ein Bruchteil der Masse in Licht umgewandelt; bei totalen vollständig.

Eine weitere Möglichkeit ihrer Realisierung wäre, H in einer Brennkammer periodisch durch eine kleine Menge Antiprotonen aufzuheizen; durch die teilweise Zerstrahlung wird es zu Plasma und kann durch Magnetspulen im Triebwerk gespeichert und noch weiter aufgeheizt werden. Ist es heiß genug, wird das Magnetfeld geöffnet und das Plasma verläßt das Triebwerk durch eine konventionelle "Lavaldüse". Mit diesem Prinzip der partiellen Annihilation und anschließender Magnetaufheizung werden viel höhere Temperaturen als bei thermochemischen Triebwerken erreicht; diese Antriebsform vereint damit hohe Brennkammertemperaturen mit hohem Massedurchsatz, d.h. hohe Ausströmgeschwindigkeiten mit hohem Schub, also die Vorteile elektrischer und thermochemischer Antriebe.

Bei der **totalen Photonrakete** ist die Treibstoff-Energiedichte aufgrund der Paarvernichtung, z.B. der Materie-Antimaterie-Annihilation maximal; die gesamte Masse der Materie und der Antimaterie wird bei dieser Zerstrahlungsform in Energie verwandelt,

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

so daß ihr Massendefekt $=1$ ist.

Die Annihilation, die Paarvernichtung ist die stärkste uns heute bekannte Energiequelle. Aus 1 kg Materie, daß mit 1 kg Antimaterie zerstrahlt, werden 25 Milliarden kWh zumeist als harte Röntgenstrahlung freigesetzt, die sich vielleicht mit einem Spiegel richten ließe. Da die Rakete durch Lichtquanten mit der größtmöglichen Strahlgeschwindigkeit, eben der Vakuum-c angetrieben wird, wird sie als "Photonenrakete" bezeichnet. Es wurde vorgeschlagen, Elektronen und Positronen annihilieren zu lassen, um die freiwerdenden Gammaquanten zur Schuberzeugung zu nutzen, die jedoch entgegengesetzte Impulse und damit einen Nettoschub von Null hätten, weshalb man einen Quantenreflektor für die ultrakurzwelligen Photonen bräuchte, der jedoch gegenwärtig außerhalb unserer technischen Fähigkeiten liegt. Da es für harte Röntgenstrahlen (noch?) keine Spiegel oder Linsen gibt, müßte man eine "Lampe" zwischenschalten, die deren Frequenz hin zu UV oder VIS-Licht verringert. Sollte der Bau eines Röntgen/FEL-Lasers gelingen, könnte man diesen evtl. direkt zum Antrieb einer Photonenrakete nutzen; seine Energie würde er aus der Annihilation beziehen.

Antriebe auf Basis der Protonen-Antiprotonen-Annihilation erscheinen vielversprechender, da zunächst kurzlebige geladene Pionen als energiereiche Zwischenprodukte

entstehen, die fast mit c und gelenkt durch starke Magnetfelder (Supraleiter) aus dem spiegellosen Antriebssystem austreten, die sich

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

ähnlich wie Gammaphotonen direkt für den Antrieb verwenden ließen. Damit würde die maximale Geschwindigkeit bei 30% c liegen, was sich vielleicht mit dem Stufenprinzip steigern ließe. Trotz ihres hohen spezifischen Impulses haben sie einen relativ kleinen Schub und benötigen sehr lange Düsen.

Wenn wir Antimaterie herstellen, speichern und kontrolliert mit Materie zerstrahlen lassen und die freigesetzte Energie steuern könnten - bei extrem hohen Wirkungsgraden - ließe sich die Photonenrakete realisieren. Allerdings läßt sich Materie nur mit Antimaterie zerstrahlen: Protonen mit Antiprotonen; Elektronen mit Positronen. Für eine bemannte interstellare Mission sind nun viele Kilotonnen nötig, wenn man innerhalb weniger Jahrzehnte zu den Nachbarsternen wollte, die wir jedoch noch nicht in ausreichenden Mengen herstellen können, denn um 1 kg von ihr herzustellen, müßte man mindestens 25 Milliarden kWh aufwenden; praktisch aber noch mehr, weil die Wirkungsgrade technischer Anlagen unter 100% liegen. Vielleicht werden unsere Nachfahren dafür die Sonnenenergie nutzen und sie auf Merkur in Bartschen **Antimateriefabriken** mittels Paarerzeugung aus einem Laser erzeugen oder allg. in großer Sonnennähe entsprechende Anlagen bauen.

(siehe H. Barth!). Vielleicht gibt es sie aber auch irgendwo im Weltraum ?

Um sie zu speichern, könnte man sie vielleicht berührungsfrei in

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

elektromagnetischen Kraftfeldern lagern, evtl. gibt es stabile Mischzustände. Denkbar wäre auch, Antimaterie in Form von Plasma durch hohle Laserstrahlen zu transportieren und zu speichern.

Mit Photonenraketen werden relativistische Geschwindigkeiten möglich und bizarre Effekte sind die Folge:

Dilatation, auch als "Zwillingsparadoxon" bekannt: die Zeit im fast lichtschnellen Raumschiff vergeht langsamer als auf der Erde, wobei der Unterschied umso größer wird, je höher die Beschleunigung der Reisenden ist und wie nahe sie an c herankommen.

Die von der SRT beschriebene kosmische Geschwindigkeitsbegrenzung hat ihre Ursache in der geschwindigkeitsabhängigen trägen tardyonischen Masse, die mit Annäherung an c asymptotisch gegen unendlich strebt.

Mit einem relativistischen Raumschiff, dessen Beschleunigung der irdischen entspricht, ließe sich die Milchstraße in 12 Jahren (Bordzeit) durchqueren, intergalaktische Reisen könnte man aufgrund der Dilatation innerhalb eines Menschenlebens durchführen und man könnte deshalb so wie auf der Erde leben, ohne künstliche Schwerkraft erzeugen zu müssen. Allerdings bräuchte man für diesen Materie-Antimaterie-Antrieb 6 Sonnenmassen Antimaterie um ein solches transgalaktisches Raumschiff über diese 12 Dilatations-Jahre hinweg zu

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

beschleunigen; für intergalaktische Flüge entsprechend mehr, wobei der Treibstoffbedarf exponentiell zunimmt, weshalb sich c nur mit unendlich viel Treibstoff bzw. Energie erreichen läßt. Um z.B. $0,99c$ zu erreichen, muß für jedes Gramm Nutzlast die 40.000fache Antriebsmasse eingesetzt werden. Ein solches Wunderwerk der Ingenieurskunst würde auf einer gewaltigen "Lichtbrücke" durch das Universum rutschen. Sollten unsere fernen Nachfahren derartige Schiffe bauen - vielleicht verwenden sie aber noch viel verrücktere Methoden - ergibt sich, was die Reisezeit angeht, eine bizarre Situation: Zeit ist nach der SRT keine absolute, sondern eine wegabhängige Größe, d.h. jedes Bezugssystem hat seine Eigenzeit, weil für alle Bezugssysteme c absolut ist; c hat in ihnen allen den gleichen Wert und deshalb gibt es keine absolute Zeit und keinen absoluten Raum; der Zeitablauf ist stattdessen Orts- und Geschwindigkeits abhängig. Während die SRT einerseits das Erreichen beliebig großer Geschwindigkeiten zumindest für tardyonische Materie für unmöglich erklärt, eröffnet sie andererseits mit der Dilatation eine Möglichkeit, mit der Astronauten innerhalb ihrer Lebenszeit in einem ultrarelativistischen Raumschiff ferne Sterne oder sogar Galaxien erreichen können.

Die beschleunigte Uhr in einem relativistischem Raumschiff geht deshalb langsamer als eine Uhr im irdischem Inertialsystem, weil sie prinzipiell und überhaupt beschleunigt wird. Deshalb ist die Beschleunigung für diese Zeitdifferenz zwischen den irdischen Uhren und den Raumschiffuhren so bedeutsam- egal wie lange diese

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Beschleunigungsphase dauert. Eine totale Photonenrakete sei mit mit einer etwa 20 Jahre alten Besatzung nach gedehnter Bordzeit 40 Jahre unterwegs. Die Kosmonauten starten also mit ihrer Photonenrakete, die 10 Jahre lang mit $1g$ ⁸¹ beschleunigt. Die anschließenden 10 Jahre wird das Schiff mit $1g$ abgebremst, damit es sich relativ zur Erde in Ruhe befindet. Die Besatzung landet dann auf einem erdartigen Exoplaneten, forscht, untersucht, experimentiert usw. Dann machen sie sich auf den Rückflug, beschleunigen 10 Jahre lang mit $1g$ auf dieselbe Geschwindigkeit wie beim Hinflug, bremsen nach der Hälfte des Wegs 10 Jahre lang mit $1g$ ab um wieder auf der Erde landen zu können. Aus Sicht der Erde hätte sich das Raumschiff die meiste Zeit über mit fast- c bewegt; es könnte sich dadurch 18 Kilolichtjahre von ihr entfernen, womit man fast in den galaktischen Kern gelangen würde...während die Astronauten also 40 Jahre im Schiff verbrachten und die Erde als 60jährige wieder betreten, sind auf ihr 25 Kilolichtjahre vergangen - ein Umstand, der von der Besatzung psychisch kaum verkraftet werden würde⁸².

⁸¹ Sagen wir $10m/s^2$ - das rechnet sich besser und sind nicht viel mehr als $9,81m/s^2$.

⁸² Wie es filmisch im "Panet der Affen" angedeutet wurde. Die steilige Reihe wird übrigens ab dem 3. Film zu einer Zeitreise-Reihe, in der die Affen ins Jahr 1977 gelangen, wodurch sich der Kreis schließt und die Handlung selbstkonsistent wird.

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Angenommen, wir könnten mit entsprechenden Antrieben auf der ersten Hälfte unserer Reise konstant mit 1g beschleunigen und unsere Geschwindigkeit auf der 2. Hälfte mit 1g bis zum Ziel verlangsamen, dann wären wir in 1 Tag auf dem Mars, in 1,5 Wochen auf Pluto, in einem Jahr in der Oortschen Wolke und in ein paar Jahren auf einem benachbarten Stern; würden wir unser interstellares Schiff weiter mit 1g beschleunigen, hätten wir nach knapp 1 Jahr fast c erreicht, den etwa 6 Lichtjahre entfernten Barnards Stern könnten wir nach unsere Schiffsuhr in gut 8 Jahren, das galaktische Zentrum in 21 Jahren und die Andromedagalaxis in 28 Jahren erreichen.

Mit einer totalen Zerstrahlungsrakete würde ein Rundflug nach Alpha Centauri und zurück zur Erde etwa 25 Jahre Flugzeit und 1 Megatonne Startmasse erfordern; ein 100 Lichtjahre entfernter Stern ließe sich in 150 Jahren erreichen und ein 1 Kilolichtjahre weiter Stern in knapp 1,2 Kilojahren.

Farbveränderungen

Das Licht der Sonne wird rotverschoben, das des Zielsterns blauverschoben, weil sich wegen der Dilatation die hinter der Rakete liegende Welt in Zeitlupe zu bewegen scheint, die vor ihr liegende aber im Zeitraffer, was für alle periodischen Vorgänge gilt. Je höher die Geschwindigkeit ist, desto stärker wird der Effekt; die Blauverschiebung reicht bis ins UV oder mehr, die Rotverschiebung ins IR, bis schließlich die Hintergrundstrahlung selbst Blau- bzw. Rotverschoben wird.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Durch die "**Aberration**", also die Winkelveränderung, verschieben sich die Sterne aus der Perspektive eines relativistischen Raumschiffs auf den Zielpunkt zu und vom Fluchtpunkt weg. Bei einem fast lichtschnellen Raumschiff mit einem Einsteinfaktor über 0,9 wären alle Sterne genau in Flugrichtung zusammengedrängt sichtbar, während der restliche Himmel schwarz wäre. Wenn die Geschwindigkeit der Rakete auf 10^{-6} % an c heranreicht, leuchtet die kosmische Hintergrundstrahlung wegen der Blauverschiebung durch den Dopplereffekt in einem Kreis von weniger als 1 Bogenminute Durchmesser in Flugrichtung auf. Ebenfalls durch die Dopplerverschiebung werden Temperatur und Helligkeit der Sterne in Flugrichtung blauverschoben und entgegengesetzt dazu rotverschoben. Wenn man sich c immer mehr annähert, kann man jede Reise beliebig kurz erscheinen lassen - jedoch nur im relativistischen Bezugssystem, denn da c in allen Bezugssystemen konstant und damit absolut ist, ändern sich die Maßstäbe für die Raumzeit, die relativ wird. c ist für Tardyonen, für Teilchen mit positiver Ruhemasse eine praktisch nicht zu erreichende Geschwindigkeitsgrenze.

Für die Besatzung einer Photonenrakete entsteht bei Annäherung an c der Eindruck, daß das Universum in Flugrichtung geschrumpft ist, daß sich die zurückzulegende Entfernung verringert hat, weil der Raum aus ihrer Perspektive kontrahiert ist (läßt sich das auch auf die relativistische Massen Zunahme zurückführen; also die Photonenrakete als Gravitationslinse?).

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

Wenn man sich c immer mehr annähert, kann man jede Reise beliebig kurz erscheinen lassen - jedoch nur im relativistischen Bezugssystem, denn da c in allen Bezugssystemen konstant und damit absolut ist, ändern sich die Maßstäbe für die Raumzeit, die relativ wird. c ist für Tardyonen, für Teilchen mit positiver Ruhemasse eine praktisch nicht zu erreichende Geschwindigkeitsgrenze.

Für die Besatzung einer Photonenrakete entsteht bei Annäherung an c der Eindruck, daß das Universum in Flugrichtung geschrumpft ist, daß sich die zurückzulegende Entfernung verringert hat, weil der Raum aus ihrer Perspektive kontrahiert ist (läßt sich das auch auf die relativistische Massenzunahme zurückführen; also die Photonenrakete als Gravitationslinse?).

Alle interstellaren Raumschiffe wären unglaublich groß und hätten mit vielen Kilotonnen bis vielen Megatonnen Masse selbst die Ausmaße kleiner Welten, weshalb sie nie auf Planeten landen könnten, sondern in der Umlaufbahn verbleiben und Tochterschiffe aussenden müßten.

Alternativen zur Photonenrakete

Falls unsere Nachfahren *Schwarze Zwerglöcher* finden oder künstlich herstellen und diese technisch nutzen könnten, hätten sie eine Energiequelle, die zumindest stärker als die Kernfusion ist, da beim Sturz von Materie in ein Schwarzes Loch gut 10% davon in Energie in

Form von Gravitationsstrahlung umgewandelt werden. Diese Gravitationswellen ließen sich mit Gravitationsantennen auffangen und in andere Energieformen umwandeln. Schwarze Minilöcher könnten auch eine Kraftmaschine für Raumantriebe sein.

Vielleicht lassen sich auch zukünftig Gravitationsmanöver in die interstellare Raumfahrt integrieren: für derartige Manöver wären 2 weiße Zwerge optimal, die sich in 1 Millionen km umkreisen oder Neutronensterne. Durch einen Vorbeiflug könnte ein Raumschiff $0,01c$ Zuwachs erreichen, durch den Vorbeiflug an ein rotierendes Schwarze Loch ein Mehrfaches.

Ließe sich am Ziel oder unterwegs Treibstoff aufnehmen, etwa mit einem Bussard-Kollektor, würden die Schwierigkeiten für einen Rundflug geringer.

Vielleicht lassen sich schwache interstellare, galaktische elektromagnetische und gravitative Kraftfelder nutzen, um die Flugrichtung ohne Treibstoff zu ändern, gerade bei sehr langfristigen Missionen. Mit "**negativer Schwerkraft**" könnte man sich von anderen Himmelskörpern oder sogar dem ganzen Universum abstoßen. Zwar bleibt die Energiefrage, jedoch wird eine Abstrahlmasse überflüssig.

Man könnte dem Sternenschiff auch Sonnenenergie mittels Laser oder el. geladener Teilchen zustrahlen, um sie dort im Raketen- oder Staustrahlmotor zu verwenden oder um Segelschiffe anzutreiben. Ein Laserstrahl müßte einen Durchmesser in der Größenordnung von 100 km haben und wegen der hohen Energie direkt von der Sonne betriebe

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

werden.

Vielleicht werden unsere trans/posthumanen Nachfahren die Sonne statt Raumschiffe verwenden und ihre Bewegung so beeinflussen, daß diese mit dem ganzen Sonnensystem zum Ziel fliegt. Das dürfte zwar länger dauern, aber da sie (relativ?) unsterblich sein könnten, ist der Zeitfaktor sowieso sekundär.

Die SRT verbietet streng genommen keine FTL-Bewegungen, *sondern nur die Übergänge* von tardyonisch zu tachyonisch und umgekehrt; supraluminale Geschwindigkeiten wären gestattet Falls aber doch Tachyonen-Tardyonen-Wechselwirkung möglich sein sollten, wären Tachyonen geeignet, Nachrichten über große Entfernungen zu senden⁸³. Vielleicht verwenden „sie“ - d.h. unsere Nachfahren oder äquivalent dazu ETIs - gar keine Raumschiffe mehr, sondern erzeugen ihre Designerraumzeiten, indem sie die Raumzeit verbiegen und durch "Sternentore", also Wurmlöcher wandern.

Durch technische Realisierung okkultur Phänomene könnten sich völlig neuartige Möglichkeiten ergeben; übrigens auch durch VR.

Völlig offen ist, welches Potenzial uns noch durch unbekannte physikalische Gesetze offensteht; um nur mal eine Ahnung zu geben: Ende der 1970er wurde spekuliert, daß Quarks magnetische Monopole mit negativer Masse seien, und bei der Spaltung eines Protons in seine

⁸³ Was ETIs schon längst machen und wir deshalb keine Signale von ihnen empfangen.?

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

3 Quarks die doppelte Ruhemassenenergie frei würde. Eine derartige Aufspaltung könnte durch ultrahohe Magnetfeldstärken von 100 Billionen Gauß = 10^{14} Gauß stattfinden; Pulsare, also rotierende Neutronensterne haben Magnetfelder von 10 Billionen Gauß = 10^{13} Gauß. Weiterhin wurde vermutet, daß eine derartige Aufspaltung die Energiequelle der Quasare sein könnte, auch Weiße Löcher, Hypernovae, Annihilation wurden als Quasarenergie angenommen. Wenn Superzivilisationen die hypothetische Protonenspaltung technisch ausführen können, könnten sie die frei werdende gigantische Energie zum Antrieb von Raumschiffen verwenden, ohne die Strahlungsprobleme zu haben, die bei der Verwendung von Antimaterie auftreten.

Sollten Monopole negative Masse haben und man sie in großen Mengen erzeugen können, wären die technischen Konsequenzen atemberaubend; ihre Massenproduktion wäre autokatalytisch: man würde einige Monopole in statischen Magnetfeldern auf höchste Energien beschleunigen und gegen Materie lenken, aus deren Protonen dann mehr Monopole austreten; es würde zu einer Kettenreaktion in ihrer Vermehrung kommen. Hat man dann eine ausreichende Anzahl, ließen sich ultrastarke Werkstoffe für ganz neuartige nukleare Triebwerke bauen, indem man sie in das Kristallgitter eines festen Körpers einbaut. Da die magnetische Wechselwirkung viel stärker und ihre - wenn auch negative - Masse viel größer ist, würde das zu Körpern führen, die etwa 10^4 mal fester als Stahl sind und die erst bei mehreren Megakelvin

Teil 02: Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

flüssig werden.

Aber es kommt noch besser (wirklich wahr!):

Durch deren Einbau in einen festen Körper - ob belebt oder unbelebt - von positiver Ruhemasse ließe sich diese fast auf Null bringen, er würde beinahe luxonisch. Für ein Raumschiff ließe sich dadurch der Energiebedarf für interstellare Reisen nicht nur verringern, sondern ultrarelativistische Geschwindigkeiten wären dann machbar. Ein Raumschiff mit einer Ruhemasse von nahe Null könnte sich c beliebig annähern; die nötige Energie wäre minimal, vielleicht von einigen keV oder nur einigen eV⁸⁴. Die Reisezeit für einen fast luxonisches Raumschiff, das zum Andromedanebel fliegt, könnte bei 1 Monat liegen; der Gamma-Wert wäre also enorm; auch intergalaktische Reisen würden möglich !

Wie gesagt, auch belebte Materie ließe sich in einen materiellen Zustand von nahezu verschwindender Ruhemasse überführen; eine Typ II oder III-Superzivilisation könnte dadurch im interstellaren Raum existieren, ohne den Zwang, auf Planeten leben zu müssen. Vielleicht beobachtet sie uns schon seit Kilo-o. Megajahren von ihren trägheitslosen Raumschiffen aus.

Aber es wäre auch gut möglich, daß sich die posthumanen Exes zu einem "Ding", zu einem Zustand entwickelt haben, der mit

⁸⁴ Elektronenvolt; nach $E = mc^2$ ist das eine Masse von etwa $1,8 \cdot 10^{-36}$ kg.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

physikalischen Gesetzen nicht mehr (rational) erfassbar ist...

Mikrosonden

Statt Superantriebe zu nehmen könnte man auch die Nutzlasten verkleinern, auf 1 kg bis evtl. 1 mg. Man könnte einen Haufen von Kleinstsonden losschicken, die so einfach und klein sind, daß jede nur 1 mögliche Untersuchung macht oder sie hätten eine Schwarmintelligenz, d.h. der Schwarm als ganzes wäre klüger, es wäre eine kollektive, hierarchische Intelligenz, die weit über die Einzelintelligenz hinausgeht. Nur einige Sonden bilden die Vorhut und leiten die anderen zum Ziel. Die Grundstruktur könnte aus einem Fasernetzwerk bestehen mit eingelegten Metallschichten, Drähten, Mikro- oder Nanoschaltkreisen und stellenweise Isotope, deren Ionen von Feldemissionspunkten ans All abgegeben wird. Die Mikroschaltkreise sammeln und verarbeiten Informationen und wandeln sie in Radiosignale um, zu deren Abstrahlung die Minisonde wie eine Multielementanordnung von Dipolen wirkt. Zum Empfang wird man große im Weltraum stationierte Antennen brauchen, außerdem wird die Übertragungsrate wohl gering sein.

Eine interstellare Sonde muß groß genug sein, um ausreichend Sender- u. Empfangsflächen zu bieten, weiterhin ist eine hohe elektrische Leistung nötig, bei geringer Masse. Bevor sie das Ziel erreicht, beginnt sie mit ihrer Abbremsung; bei stark unterrelativistischer Geschwindigkeit entfaltet sie sich aus ihrem kompakten Zustand in eine

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

100 m große Kugel, die aus einem Drahtgeflecht besteht, in das winzige Sensoren mit Sender und Empfänger eingebaut sind, die sind durch molekulare supraleitende Schaltkreise (Nanotechnologie) verknüpft sind. Ein gepulster Laser sendet der Sonde letzte Befehle, etwa einen Exoplaneten in der Ökosphäre um Proxima Centauri zu erkunden.

Die Sensoren auf der Kugel sammeln die Photonen von dem 3fach System und lenken den Kurs auf Proxima Centauri; in größerer Nähe sucht sie nach dem erdartigen Planeten (Mars und Venus gelten auch als erdartig). Außerdem soll die Sonde auch die beiden anderen Sterne des Alpha-Centauri-Systems erforschen. Doch zunächst erkundet sie den Planeten um Proxima, einem kleinen roten Hauptreihenstern, und ist in eine polare, 1000 km hohe Umlaufbahn eingetreten. Breitband-Sensoren, die für das gesamte em-Spektrum sensibel sind, sammeln Daten. Da die Kugel 100 m Durchmesser hat, ist die Bildauflösung kleiner als 1 m; Laser-Höhenmesser erstellen topografische Profile, andauernd werden Bilder u.a. Sensorenergebnisse zur Erde gefunkt über ein phasengesteuertes Netz von Feststofflasern, die dicht auf der Kugeloberfläche verteilt sind. Kleine Teile der Drahtkugel separieren sich und werden durch den Laserstrahlungsdruck in die Atmosphäre hineingetrieben und sammeln bei deren Durchquerung Ergebnisse und Bilder. Nachdem sie gelandet sind, wird die Oberfläche von chemisch sensiblen molekularen Schaltkreisen untersucht. Die orbitale Sonde fragt die Lander per Laser nach Meßergebnissen ab, wertet sie aus und funkt sie zur Erde. Da die Erde die Informationen erst in 4 Jahren

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper
Treibstoffmitnahme

erhält, lange nachdem die Forschungen abgeschlossen und die anderen Systemmitglieder besucht wurden, muß ein aus molekülgroßen Elementen bestehender Bordrechner (eine - echte? - KI oder eine oder mehrere menschliche Emulationen) die Daten anhand gewisser Kriterien autonom interpretieren.

Dann bewegt sich die Sonde langsam zum nächsten Planeten, da der Vorrat an Antriebsenergie gering geworden ist - es sei denn, sie synthetisiert neue...vielleicht werden einige Jahrzehnte darauf Menschen oder Exe eintreffen, um diese Aufgabe zu übernehmen.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für Raumflugkörper

Ohne Treibstoffe

Ohne Treibstoffe

Die Himmelsleiter würde die irdische Raumfahrt und allgemein die planetare Raumfahrt - wozu auch große Monde mit über 1000 km Durchmesser zählen sollen - revolutionieren. Sie würde Raketen u.ä. nicht einfach nur ersetzen, sondern wäre eine tatsächliche, physische Brücke - *in den Himmel*. Ausgehend von einem geostationären Satelliten⁸⁵ über dem Erdäquator⁸⁶ verlängert man ihn gleichzeitig nach unten und oben. Da der nach unten hängende Teil langsamer und der nach oben führende Teil schneller als der Satellit ist, kann dieser bei richtiger Ausführung im Gleichgewicht gehalten werden. Die Verlängerungen werden fortgesetzt, bis der untere Teil die Erde erreicht, wo er verankert wird. Damit erhält man ein relativ zur rotierenden Erde feststehendes Kabel, das bis in 144.560km Höhe = 22,69 Erdradien reicht, wobei sich in 35.795 km Höhe = 5,62 Erdradien der Satellit befindet. Indem es noch etwas darüber hinaus verlängert wird, überwiegt die Fliehkraft und hält es straff. Man würde mit einem

⁸⁵ Das könnte auch ein Planetoid sein, der zu einer Weltraumstadt umgebaut würde.

⁸⁶ Das trifft auch dann für andere Welten zu, wenn diese eine stationäre Umlaufbahn o.a. stationäre Positionen, etwa Librationspunkte haben

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

dünnen ersten Faden beginnen und ihn dann verstärken.

Im Seil treten nur Zugspannungen auf, die an den Enden gleich Null sind; in der geostationären Bahn sind sie dagegen maximal. Der Seilquerschnitt variiert laufend, um die Materialfestigkeit optimal auszunutzen, um zu verhindern, daß das Kabel bei einer bestimmten Länge durch sein Eigengewicht reißt. Als Material werden C-Nanoröhren diskutiert oder auch perfekte Graphit-Monokristalle, die sich in der Schwerelosigkeit züchten ließen - und damit eine wesentliche Rechtfertigung für eine oder mehrere Raumstationen wären. Würden Graphitfasern verwendet, und hätte der größte Querschnitt 25 cm und der kleinste 8 cm Durchmesser, hätte das Kabel ein Volumen von 4,18 Mio m³ und 9,25 Mio t Masse. In Verbindung mit der Erdrotation läßt sich das Kabel verwenden, um Nutzlasten wegzuschleudern: In großer Erdentfernung beträgt die Restgeschwindigkeit relativ zum Erdkern 11,04 km/s; diese führt in eine Ellipse um die Sonne, deren Aphel 14,56 AE vom Sonnenzentrum entfernt ist und damit zwischen der Saturn- und Uranusbahn liegt. Mit einem Gravitationsmanöver beim Jupiter könnte man das Sonnensystem entweder verlassen oder direkt auf die Sonne zustürzen. Startet man entgegengesetzt zu der Richtung, in der sich die Erde um die Sonne bewegt, bekommt man eine Ellipse, deren Perihel (sonnennächster Bahnpunkt) mit nur 0,25 AE vom Sonnenmittelpunkt noch innerhalb der Merkurbahn liegt. Die 11,04 km/s lassen sich noch steigern, wenn

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

man die Nutzlast an der Spitze der Himmelsleiter ausklinkt, ist ihre Geschwindigkeit = 18,53 km/s; wenn sich diese Geschwindigkeit mit der Erdbahngeschwindigkeit addiert, ist man relativ zur Sonne hyperbolisch und man verläßt das Sonnensystem - die Restgeschwindigkeit etwa jenseits der Plutobahn ist dann noch 23,18 km/s. Hat man diesen Turm gebaut, läßt man also einen Fahrstuhl an ihm hochfahren, jenseits der 24-Stunden-Bahn bremst man den Fahrstuhl entweder, weil die Fliehkraft überwiegt oder man läßt die Nutzlast in einem Rohr magnetisch geführt frei gleiten. Ist die Nutzlast in der richtigen Höhe, wird sie antriebslos zu einem Zeitpunkt X freigesetzt bzw. ausgeklinkt und durch ihren Schwung fällt sie auf ihrer vorgeschriebenen Bahn zu ihrem Ziel, d.h. sie wird weggeschleudert. Auf Rückflügen bewegen sich Nutzlasten mit winzigen Relativgeschwindigkeiten am Turm vorbei und werden dort aufgefangen - etwa mit Greifarmen wie beim Space Shuttle oder der ISS - und mit dem Fahrstuhl zur Erde zurückgebracht.

Die Nutzlast muß nur noch bis zur geostationären Bahn transportiert werden, den Rest besorgt die Erdrotation.

Die Geschwindigkeit der Fahrstühle sollte hoch genug sein - etwa 1000 km/h, auch wegen dem Erdmagnetfeld, dafür könnten supraleitfähige Stromkabel notwendig sein. Die Energiequelle, etwa eine kleine Nuklearanlage, könnte sich im Fahrstuhl befinden, wenn sie leicht genug ist. Coriolis-Seitenkräfte, die bei der Bewegung auftreten,

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

beschränken die Startmasse auf 1 Kilotonne pro Tag zum Mond oder zu den Planeten. Damit hätte der Aufzug seine Eigenmasse in rund 25 Jahren befördert. Was die Energiekosten betrifft, werden diese beim Herunterfahren halbiert, da man für das Fahrstuhlgewicht die aufgewendete Energie zurückbekommt. Sollte der Turm nicht bis zur Erde führen, wäre ein niedriger 24-Stunden-Satellit möglich. Vielleicht werden unsere Nachfahren Erde und Mond durch eine Trosse verbinden, deren Querschnitt und Länge jedoch nicht konstant sein darf - wie bei der Erdhimmelsleiter ja auch nicht. Die Länge muß ja variieren wegen des unterschiedlichen Erde-Mond-Abstands. Das Querschnittsmaximum wäre beim EML1-Punkt. Vielleicht ist der Bau der Himmelsleiter im Weltraum leichter, d.h. er würde im EML4 gebaut und dann komplett zur Erde gebracht, angetrieben etwa durch Massenschleudern. Als Rohstoffquelle würde ein geeigneter Planetoid zur Baustelle EML4 mit Massenschleudern gebracht. Satelliten - ob nun künstliche oder natürliche - stoßen mit einem derartigen "Orbitalen Startturm" *nicht* zusammen, wenn sich ihr niedrigster Bahnpunkt über der Turmspitze befindet oder er genauso wie die dickste Turmstelle stationär zur Erde bzw. zum Himmelskörper liegt, also die Relativgeschwindigkeit praktisch Null beträgt; dann könnte er auch eingefangen werden. Kollisionen mit dem Turm lassen sich vermeiden, indem man störende Satelliten beseitigt oder die Corioliskraft nutzt, um den Turm gezielt zu verbiegen und ihn dadurch aus der Flugbahn des Impaktors

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

herauszudrücken. Die Corioliskraft entsteht durch die Erdrotation. Wenn nun eine Nutzlast am Turm entlangfährt, wird sie wirksam und verbiegt den Turm.

Da der Erdmond gebunden rotiert, ließe sich auf ihm eine Himmelsleiter verankern, die über EML1 und EML2 hinausgeht. Der EML2-Aufzug würde gut 550.000 km über den Mond reichen und der EML1-Aufzug wäre 300.000 km hoch.

Um Turmlänge einzusparen, ließe sich ein Gegengewicht verwenden, das jenseits des Gleichgewichtspunktes platziert wird. Dieses könnte - mal wieder - ein Planetoid sein oder ein Mini-SL inklusive KW oder eine Kombination oder *etwas ganz anderes...*

Zwar wird die Gesamtmasse aus Turm und Gegengewicht größer, aber er wird kürzer und damit sinken die hohen Anforderungen an das Turmmaterial.

Eine Abwandlung der Himmelsleiter sind die "**Himmelshaken**", lange rotierende Seile, die z.B. in die Hochatmosphäre der Erde eintauchen oder sich im geolunaren oder interplanetaren Raum befinden können. Mehrere 100 km lange Himmelshaken könnten Nutzlasten von suborbitalen Raumfahrten übernehmen und diese dann auf höhere Umlaufbahnen zu Raumstationen oder zum Mond oder zu anderen Planeten schleudern.

Der Energieaufwand für den Transport vom Mond bis zu L2 beträgt nur

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

= 0,75 kWh/kg bis zur parabolischen Geschwindigkeit, d.h. Flucht- oder Entweichgeschwindigkeit (Erde: 40 kWh/kg Nutzlast, da atmosphärische Reibung, Fahrstuhlmasse usw.), jenseits davon bewegt sich die Nutzlast als Folge der wirkenden Kräfte ohne weitere Energiezufuhr weiter (das ist dasselbe Prinzip wie bei den Gezeitenkräften). Wegen des Mehrkörperproblems werden die Nutzlast-Flugbahnen ziemlich komplex; doch praktisch antriebsfrei wird die Erde und der sie umgebende Raum bis zu 1 Mio km Entfernung - der geolunare Raum - zugänglich, jedoch ohne die L4- und L5-Gebiete; dafür ist ein Antriebsvermögen bzw. ein Delta-V von 0,5 km/s.

Also ist L5 vielleicht doch nicht der beste Platz für eine Weltraumsiedlung ?

Aus geostationärem Erdturm und den EML1 -u. EML2-Türmen ließe sich ein fast perfektes Erde-Mond-Erde-Transportsystem errichten. Wenn die im Gegengewicht des L2-Turmes untergebrachte Station ähnlich einem Halo-Satelliten etwas pendelt, könnte sie auch die Kommunikation zur erdabgewandten Mondseite übernehmen, also als Relaisatellit fungieren.

Raumleinen

Für Nutzlast-Transporte könnte das Schleuderprinzip eine Alternative zur Raketentechnik werden: superleichte Raumleinen aus extrem reißfester Kunstfaser von teilweise nur einigen mm Durchmesser und

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

einigen 10 bis einigen 1000 km Länge können hohe Impulse übertragen. Würde z.B. eine Leine mit einem angebundenen Satelliten von einer Raumfähre abgerollt, die Verbindung zwischen Raumleine und Raumfähre dann getrennt, hätte der Satellit bei nur minimalem Treibstoffeinsatz eine höhere Umlaufbahn und die Raumfähre eine geringere. Ein interplanetares Raumschiff könnte eine Treibstofflose Kurskorrektur machen, indem es sich unterwegs an einem Asteroiden mit einer Harpune befestigt und sich in die gewünschte Richtung wegschleudern lässt.

Mit Raumleinen wären nicht nur treibstoffsparende Flugmanöver möglich, sondern man könnte sie auch als elektrisch leitfähige Fasern verwenden, mit deren Hilfe das (Erd)Magnetfeld als elektrische Energiequelle genutzt werden könnte. Raumleinen können sowohl elektrische Energie als auch Raketenschub produzieren, indem durch die Wechselwirkung mit dem Erdmagnetfeld elektrische in potenzielle Energie umgewandelt wird und umgekehrt, denn bewegt sich ein elektrischer Leiter durch ein Magnetfeld fließt Strom, bewegt sich Strom durch einen elektrischen Leiter, entsteht ein Magnetfeld (daher auch die Vereinigung von Elektrizität und Magnetismus - 2 zusammenhängende Phänomene *einer* Kraft, nämlich dem Elektromagnetismus). Die elektrodynamische Raumleine besteht aus elektrisch leitfähigem Material und ist isoliert; durch die Verbindung mit der Ionosphäre wird der Stromkreis geschlossen.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

Folgendes konkretes Szenario: von einer 550 km hohen Raumstation als Systemmittelpunkt reichen 10 km lange elektrisch leitfähige Raumleinen nach oben und unten. In Modulen an den Leinenenden wird ein inertes Gas erhitzt und tritt als Plasma aus, dadurch können ionosphärische Elektronen in die Leine eindringen und aus ihr wieder austreten; da der Stromkreis wie erwähnt geschlossen ist, erzeugt dieser ein Magnetfeld, dessen Polarität dem Erdmagnetfeld entgegengesetzt ist, wodurch ein Widerstand entsteht, der die Geschwindigkeit der Raumstation verringert und diese dadurch an Höhe verliert. Gibt die Raumstation elektrische Energie ins System ein, d.h. führt sie der Ionosphäre Elektronen zu und kehrt damit die Stromrichtung in der Raumleine um, haben beide Magnetfelder die gleiche Polarität und ihre Geschwindigkeit wird größer und sie gewinnt Höhe; damit mag das Ganze an ein Magnetsegl erinnern.

Somit wäre die Raumstation mit Energie versorgt oder Schub für Bahnänderungen erzeugt.

Man stelle sich eine Raumstation mit "Raumleinentechnologie" vor: eine durch Zentrifugal- u. Gravitationskräfte gespannte Leine könnte Wohnhabitate, Labors und Dockeinrichtungen miteinander verbinden; ganze Komplexe könnten sich als Einheit in einer Umlaufbahn befinden, deren Komponenten unabhängig voneinander wären. Das Anlegen einer Raumfähre könnte zwar das Dock erschüttern, aber nicht die anderen X km entfernten Module. Irgendwann in der Zukunft

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe **Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe**

verbindet vielleicht eine 100 km lange Raumleine 3 Module miteinander: ein kombiniertes Dock-Hangar-Modul mit Treibstofftanks, einem aufzugsähnlichem Verbindungsmodul und einem Hauptmodul - der eigentlichen Raumstation. Durch die Anordnung der Module an der Raumleine entsteht eine Zentrifugalkraft. Menschen, Vorräte und Raumfahrzeugteile werden mit dem elektrisch angetriebenen Verbindungsmodul zwischen der oberen Plattform und dem Hauptmodul transportiert, das außerdem auch als Labor für Mikrogravitationsexperimente verwendet wird, indem es zu verschiedenen Positionen auf der Raumleine fährt, kann die Schwerkraft stufenlos zwischen Null und Maximum geregelt werden. Im Hangar würden Marsschiffe u.a. interplanetare, vielleicht sogar interstellare Raumschiffe mit Roboterarmen zusammengebaut und betankt.

2 mit einer Raumleine verbundene Objekte nehmen eine mittlere Systemumlaufbahn ein, wobei das obere eine höhere und das untere eine niedrigere Geschwindigkeit hat, als wenn beide auf eigenständigen Umlaufbahnen wären. Da die Zentrifugalkraft des oberen Satelliten der Schwerkraft entgegenwirkt und diese am unteren Satelliten zieht, wird so die Leine gespannt gehalten. Wird nun die Raumleine zwischen beiden Satelliten getrennt, findet eine Impulsübertragung statt und das untere, eigentlich langsamere Objekt geht in eine niedrigere Bahn über, deren Apogäum, also dem erdfernstem Bahnpunkt, mit dem Trennpunkt zusammenfällt. Für das eigentlich schnellere obere Objekt fällt der

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

Trennpunkt mit dem Perigäum, dem erdnächsten Bahnpunkt zusammen. Bei beiden Satelliten entspricht die Höhenänderung dem 7fachen der ursprünglichen Entfernung vom Systemschwerpunkt, wo sich Zentrifugal- u. Schwerkraft ausgleichen.

Nehmen wir konkret an, eine Raumsonde ist an einer wiederverwendbaren Raumleine befestigt und diese wird von einer Raumfähre abgerollt. Ist die Leine bei der Trennung 300 km lang und treiben kleine Schubdüsen die Sonde über die ersten km an, erfolgt der weitere Antrieb durch die Zentrifugalkraft. Während der Systemschwerpunkt die Geschwindigkeit hat, die seiner Höhe entspricht, wird die Raumfähre langsamer und die Sonde schneller als der Schwerpunkt als wenn beide nicht verbunden wären - dann wäre nämlich die Raumfähre schneller. Trennt man die Verbindung, wirkt auf die Sonde mehr die Zentrifugalkraft als Gravitation und sie steigt auf während auf die Raumfähre mehr Gravitation wirkt und sie sinkt. Wie gesagt, beträgt die Höhenänderung eines Objekts das 7fache der ursprünglichen Entfernung zum Systemschwerpunkt. Durch die Raumleine läßt sich damit viel Treibstoff ersparen. Um Nutzlasten in höhere Umlaufbahnen und sich selbst wieder auf den Rückweg zu bringen, könnten Raumfähren also Raumleinen benutzen, wenn die Verbindung rechtzeitig getrennt wird.

Rotierende Raumleinen lassen sich auch als orbitale oder interplanetare Schleudern einsetzen: man stelle sich ein System vor aus einer 100 km

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

bis 1.000 km langen Leine mit einer Plattform, deren Masse die von Sonden und Raumschiffen erheblich übersteigt, an einem Ende und einer Greiferstation am anderen Ende. Der Greifer, der um die Plattform rotiert, fängt dann viele verschiedene Nutzlast-Typen, d.h. Raumfahrzeuge und Lastbehälter ein, beschleunigt sie unter Ausnutzung des Schleudereffektes z.B. auf Erdfluchtgeschwindigkeit und gibt sie wieder frei. Die Schleuder bringt Raumfahrzeuge zum Mond und noch viel weiter - ohne Treibstoff, wobei das Schleudersystem wegen der Impulsübertragung an Höhe (im LEO) bzw. an Geschwindigkeit verliert; dieser Verlust ließe sich durch einfangen von Nutzlasten, die "von außen" kommen, wieder ausgleichen, wenn etwa eine Nutzlast vom Mars kommend zur Erde gelenkt wird. Bei jedem einfangen wird Impuls auf die Plattform übertragen und die Umlaufbahn oder die Rotationsgeschwindigkeit erhöht.

Raumleinen lassen sich auch als Schwerkrafteergänzung verwenden; während interplanetare Raumsonden die Anziehungskräfte der Planeten und Monde zur Geschwindigkeits- oder Kurskorrektur nutzen, sind Planetoiden wegen ihrer geringen Masse dazu ungeeignet. Allerdings ergänzen oder ersetzen Raumleinen deren geringen Schwerkraft auch hier wieder durch den Schleudereffekt, indem ein Raumfahrzeug mit Greifern an seiner Raumleine temporär an einen Planetoiden ankoppelt. Vielleicht wird eine zukünftige interplanetare Raumfahrerspezies auch einige Planetoiden auf künstl. Bahnen bringen und mit Greifern ausstatten

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe **Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe**

? Eine Marsrakete könnte so eine 300 km lange Raumleine zu einer Kontaktvorrichtung bzw. einem Greifer auf einem Planetoiden feuern, die bereits installiert wurde. Nach dem Verankern fliegt sie auf einem Kreisbogen um den Planetoiden und gewinnt an Geschwindigkeit, dann löst sich die Leine und wird wieder eingeholt. Mit diesem Manöver läßt sich der Treibstoffbedarf um gut 30% verringern.

Die elektrodynamische Massenschleuder

Für atmosphärelose Himmelskörper und daher geringer Schwerkraft bzw. Fallbeschleunigung⁸⁷ könnte sich noch eine besondere Startmethode eignen: die elektrodynamische Massenschleuder oder EMK (o. Railgun; abgewandelt auch für Magnetschwebbahnen wie den "Transrapid" verwendet). Die entweder metallische oder in einem Metallbehälter aufbewahrte Nutzlast wird entlang einer oder mehrerer Leitschienen durch em-Kräfte auf immer höhere Geschwindigkeit gebracht. Ist die Endgeschwindigkeit erreicht, schaltet der Antrieb ab und die Nutzlast fliegt geschoßartig in ihre Richtung weiter. Die EMK bezieht ihre Energie z.B. aus einem Sonnen-KW oder AKW; Batterien u.a. Speichern, etwa Schwungräder oder hochgezogene Gewichte⁸⁸,

⁸⁷ Mars könnte die Untergrenze für Planeten mit Atmosphäre sein.

⁸⁸ potenzielle Energie in kinetische Energie in elektrische Energie

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

supraleitende Spulen und Magnete, werden zweckdienlich sein. Es gibt sogar schon einen Namen für das Mond-EMK: LUNATRON. Mit ihm wird Mondmaterial zu einer Siedlung im All transportiert, wo es zu Bau-u.a. Stoffen verarbeitet wird. Das Material wird in supraleitenden Eimern beschleunigt, die am Ende der Beschleunigungsstrecke angehalten und zum Startplatz zurückgebracht werden, während der Inhalt aufgrund der Trägheit davon fliegt. Vielleicht gibt es noch andere Beschleunigungsmethoden wie etwa gasdynamische ?

Befindet sich das EMK an Bord eines Raumschiffs könnte es wie ein Raketenmotor arbeiten - der Abgasstrahl ist dann durch die wegfliegenden Pakete ersetzt. Der Vorteil dieses neuartigen elektrischen Antriebs ist, daß sich praktisch jeder Stoff als Stützmasse verwenden läßt.

Über Laser und Mikrowellen, also Photonen und Teilchen - Ionen bis hin zu elektrisch geladenen Mikrometerpartikeln (=ionisierter Staub) hin, läßt sich einem Raumschiff drahtlos Energie zusenden. Damit ließe sich ein Segel antreiben oder Energie für einen elektrischen Antrieb herstellen oder ein Arbeitsgas direkt oder indirekt über einen Wärmetauscher erhitzen, welches dann aus einer Düse strömt. Damit das Gas - optimal wieder H - den Laser gut absorbiert, sollte es mit Rußpartikeln vermischt sein. Bei ultrahohen Temperaturen könnte ein Feststoff - metallischer H ? - praktisch sein, der erst mit der zugestrahlten Energie verdampft. Vorteil der externen Energiezufuhr

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

ist, daß weder eine Energiequelle noch eine Abschirmung gegen diese mitgeschleppt werden müssen. Das einzige (?) Problem könnte die Kühlung bzw. der Wirkungsgrad sein, mit dem die zugestrahlte Energie in Antriebsenergie umgesetzt wird; davon könnte es davon abhängen, ob zukünftige Raumschiffe ihre Energiequelle an Bord haben oder nicht.

Solar-u. Lasersegel

Das Licht-o. Lasersegel arbeitet ohne Treibstoff, die somit unbeschwert von auszustößenden Massen bleiben, denn sie nutzen eine externe Lichtquelle. Damit besitzen sie theoretisch ein unbegrenztes Antriebsvermögen, was kein Widerspruch zur SRT ist, da man c aufgrund der relativistischen Massenzunahme erst mit unendlich viel Energie erreichen kann. Solarsegel arbeiten nur in engerer Sonnenumgebung; um das Sonnensystem mit hoher Geschwindigkeit zu verlassen, sind Triebwerk-Lasersysteme und kontinentgroße Linsen zur Nachbeschleunigung und Strahlenbündelung erforderlich; diese Segel müßten mindestens mehrere 100 km² Fläche haben.

Ein Laserstrahl würde dazu z.B. durch eine 1000 km große Fresnel-Linse - einer platten Sammellinse - auf ein ähnlich großes Segel gelenkt werden. Mit 10⁷ GW hätte er 10.000 mal soviel Energie wie z.Z. auf der Erde produziert wird. Ein anderer Vorschlag geht von einem 10 GW-Mikrowellenlaser aus, der auf ein 1km großes Segel aus feinem Drahtgeflecht trifft. Da mit einer gewissen Segelanordnung auch ein

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

Abbremsen möglich ist, braucht dafür auch fast kein Treibstoff aufgewendet werden. Zusätzlich ließe sich auch ein Abbremsen an einer planetaren oder stellaren Atmosphäre denken. Allerdings sind zumindest mit Solarsegelschiffen nur geringen Nutzlasten möglich, während bei Lasersegelschiffen die Energie um viele Größenordnungen konzentrierter ist. Ein mehrere km² großes Segel könnte Proxima Centauri schon nach 10 bis 20a erreichen, wenn ein ausreichend starker Laserstrahl hineinbläst. Dieser könnte z.B. von einem Sonnen-KW geliefert werden, das die Sonne in der Nähe der Merkurbahn umkreist. Antriebe durch Solar- o. Lasersegel entsprechen beinahe dem Ideal des treibstofflosen Antriebs. Der Laserstrahl würde durch eine 1000 km große Fresnel-Linse (eine plattgedrückte Sammellinse) auf ein ähnlich großes Segel geleitet werden.

Dieser Laser hätte mit 10⁷ GW Leistung 10.000 mal soviel Energie, wie auf der Erde produziert wird. Ein zweiter Vorschlag geht von einem 10 GW Mikrowellenlaser aus, der auf ein 1km großes Segel aus feinem Drahtgeflecht und 16g Masse trifft.

Da mit einer gewissen Segelanordnung auch ein Abbremsen möglich ist, braucht auch dafür kein Treibstoff mitgenommen zu werden. Allerdings sind mit Segelschiffen nur geringe Nutzlasten möglich.

Es wurden auch **radioaktive Segel** vorgeschlagen: dazu würde ein hochradioaktives Isotop auf einem Segel aufgebracht - die Strahlung

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe **Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe**

könnte nur nach einer Seite entweichen, denn in der anderen Seite bliebe sie im Segel stecken. Effektiv ergäbe sich ein grob gerichteter "Gasstrahl" wie bei einer Rakete.

Solarelektrische Raumschiffe haben den Vorteil, daß sich ihre Energiequelle nicht an Bord befindet. Sonnenlicht wird in elektrische Energie und diese in Bewegungsenergie des Abgasstrahls umgesetzt.

Ähnlich arbeiten **solarthermische Raketen**, bei denen ein Brennspiegel Sonnenlicht auf einen Wärmetauscher bündelt, in dem H erhitzt wird, der aus einer Düse ausströmt und somit Schub erzeugt. Die "Ehricke-Kugel" ist ein Brennspiegel, d.h. eine große Kugel aus dünnem durchsichtigem Kunststoff, davon ist eine Kugelhälfte innen reflektierend beschichtet - eben ein Brennspiegel. Eine Kugel mit 200 m Durchmesser hätte nur 4t Masse. Da eine Kugel nun mal keine Parabel ist, wird die maximale Temperatur begrenzt, deshalb beträgt die Strahlgeschwindigkeit in Erdentfernung von der Sonne um die 4600 m/s. Hochwertige Spiegel machen zwar höhere Gastemperaturen und Strahlgeschwindigkeiten s bis 9 km/s möglich und sind haltbarer, aber dadurch auch schwerer - etwa $1,5 \text{ kg/m}^2$. Damit fällt die Gesamtleistung geringer aus als mit einer Ehricke-Kugel. Eine interessante Anwendung für den solarthermischen Antrieb ist folgende:

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe

schnelle Marsflüge mit 450 Tagen Gesamtdauer und 10 Tagen Verweilzeit auf der "Rostwelt" haben hohe Eintrittsgeschwindigkeiten in die Erdatmosphäre und die aerodynamische Abbremsung erzeugt hohe g-Kräfte (6-7g). Da der Heimflug aber zwischen Merkur-u. Venusbahn führt, kann durch etwas Antrieb an diesem Bahnabschnitt ($< 1 \text{ km/s}$) die Eintrittsgeschwindigkeit in die Erdatmosphäre beträchtlich verringert werden, wodurch der Gesamtflug um 4 Wochen verlängert wird; für dieses Perihel-Manöver könnte die Ehricke-Kugel vorteilhaft sein.

Materiesegel

Von einem Materiestrahler z.B. einem Teilchenbeschleuniger, der auf einem Mond oder einem Planetoiden befestigt ist, zielt ein gebündelter Ionenstrahl (Plasma) auf ein Raumschiffsegel, das dadurch beschleunigt wird. Die Effizienz ist aufgrund maximaler Impulsübertragung viel höher als beim Lasersegel, da die Teilchengeschwindigkeit an die des Raumschiffs angepaßt werden kann. Weiterhin kann ein Teil des Plasmas vom Raumschiff aufgefangen werden, und als Treibstoff zum Abbremsen am Zielort verwendet werden.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe **Antriebsformen für Raumflugkörper Ohne Treibstoffe**

Lightcraft

Ein Lightcraft (etwa "Lichtkraft")-Raumfahrzeug erhält seine Antriebsenergie durch einen bodengestützten, Laser oder Maser, der in Pulsen auf einen parabelförmigen Reflektor an dessen Flugkörperunterseite strahlt, wobei im Brennpunkt des reflektierten Strahls Temperaturen von 10 Kilokelvin bis 25 Kilokelvin entstehen und Materie sich dadurch explosionsartig ausdehnt. Diese Explosion überträgt einen Teil des Impulses auf den Reflektor und treibt so das Raumschiff an. Zwischen den Pulsen strömt kaltes Gas hinter den Reflektor. Bei einem inneratmosphärischem Flug wird die Luft erhitzt; bei Weltallflügen muß Treibstoff mitgenommen werden. Im Vergleich zu herkömmlichen Antrieben ist das Nutzlast-Verhältnis wegen der hohen Temperatur und des hohen spezifischen Impulses sehr hoch.

Magnetsegel

Ein Magnetsegel läßt sich vom Sonnenwind, d.h. von solaren ionisierten Materieabströmungen antreiben, indem ein Supraleiter ein statisches Magnetfeld erzeugt. Mit ihm kann sich ein Raumfahrzeug auch von einer planetaren oder stellaren Magnetosphäre anziehen oder abstoßen lassen. Mit dem MMPP-Prinzip (Mini-Magnetospheric Plasma Propulsion) lassen sich Ströme in das aufgefangene Plasma einbringen, wodurch das Magnetfeld verformt und verstärkt werden kann. Beim "Magnetic Beam"-Ansatz, der dem Lasersegel bzw. Materiesegel ähnelt, wird ein Plasmastrahl auf ein Raumschiff gelenkt.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für
Raumflugkörper

Der interstellare Flug

Der interstellare Flug⁸⁹

Der interstellare Flug, also der Flug zu anderen Sternen - ist die größte Herausforderung, der sich die Raumfahrt stellen kann - abgesehen vom intergalaktischen Flug, falls dieser möglich ist; allerdings erfordert ein Überwinden *derartiger* Entfernungen wohl ganz andere Techniken, d.h. "Designerraumzeiten" o.ä.

Doch erstmal zum interstellaren Flug, auch als Maßstab für noch größere Distanzen. Das Ziel, die Motivation ist, ein - bemanntes - Raumschiff zu einem benachbarten Stern mit erdartigen Planeten zu schicken, also zu einem Exoplaneten, zu einer 2. Erde. Um fremdes Leben zu finden - womöglich unsere Brüder und Schwestern und Kontakt mit ihnen zu schließen oder Spuren vergangener oder Indizien für zukünftige Zivilisationen zu entdecken. Mittlerweile kennen wir Exoplaneten, sogar erdartige. Trotz oder gerade wegen aller Fernanalysen wird man Raketen zu ihnen schicken, um alle Fragen zu klären, die sie nicht schafft. Raumfahrt könnte u.U. hier in "unserem" Sonnensystem Spuren von vergangenem oder gegenwärtigem Exoleben finden oder überzeugende Beweise für Besuche von ETIssen auf der Erde in der Vergangenheit - vielleicht schon vor Mega-o. Gigajahren... Auf der Erde oder im Weltraum werden durch Astronautik

⁸⁹ unabhängig davon ob mit oder ohne Treibstoff; aber $E < 1$

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für
Raumflugkörper

Der interstellare Flug

entsprechende Beweise, vielleicht im Meteoriden oder Kometen usw. entdeckt oder Kontakt mit ETIs oder deren Robotern, also unbemannten Sonden hergestellt. Mit Radioteleskopen u.ä. lassen sich bis zu mindestens 100lj Verbindungen herstellen; mit großen Anlagen läßt sich sogar über die ganze Galaxis hinweg "sprechen", falls mit uns technologisch vergleichbare oder überlegene Zivilisationen in unserer Nachbarschaft vorkommen - damit die Wartezeiten nicht zu lang werden (aber siehe "**Das Netz**").

Für SETI wäre es von großem Vorteil, wenn wir ein vollständiges (theoretisches) Verständnis über die Kosmogonie und Entwicklung unseres Sonnensystems, den Ursprung irdischen Lebens und seine Entwicklung hätten , also dessen Evolution von primitiven Lebensformen zu höheren bis hin zur Intelligenz, die Entwicklung vom Ursprung bis zum Ende der *menschlichen* Zivilisation, also deren mögliche Ablösung durch etwas Posthumanes⁹⁰ oder deren möglich Aussterben durch eine natürliche oder kstl. Katastrophe.

Unter der Annahme, daß die Naturgesetze räumlich und zeitlich gleich, also invariant, sind - was zumindest für die letzten 13 Gigajahre und für eine ebenso große Entfernung in Lichtjahren gilt, wäre es möglich, die Existenz von Exoleben und damit Exo-Zivilisationen zu berechnen; die

⁹⁰ siehe Scheitelpunkt: wir werden als Transhumane ein Teil davon

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für
Raumflugkörper

Der interstellare Flug

Drake-Formel wäre nicht mehr bloßes besseres Erraten.

Allerdings würden schätzungsweise über 1 Billiarde Zivilisationen verteilt über die ganze Metagalaxis nicht unbedingt "gleichzeitig" existieren; nach der SRT kann es ein "Jetzt" für alle sowieso nicht geben, da die Zeit nicht mehr absolut ist (u. c endlich ist), sondern vom Bezugssystem abhängt und von der Konstanz der c für alle Beobachter in allen Bezugssystemen abhängt - statt Raum oder Zeit ist nun c absolut. Falls sie nur kurze Zeit existieren - z.B. 10^4 Jahre - folgt daraus eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit und wir wären die einzige Zivilisation in der Milchstraße. Aber nach der optimistischen Variante wäre auch ein gegenseitiger Abstand zwischen 100 und 1.000 Lichtjahren denkbar; die Spannweite ist also recht extrem, da unser Unwissen (noch) groß ist. Raumfahrt könnte dies ändern mit Teleskopen im Erdorbit, auf dem Mond usw. und mit Raumsonden wie Dädalus.

Neben dem Hauptproblem des Antriebs gibt es für die interstellare, relativistische Raumfahrt weitere, nicht unerhebliche: die Lagekontrolle, die Steuerung und Lenkung des Sternenschiffs hinsichtlich der enormen Genauigkeitsanforderungen; die Zielkoordinaten sollten bereits vorher präzise bekannt sein, denn davon hängt das Missionsprofil ab, vor allem der Treibstoffbedarf u.v.a. Das sollte mit Mond-u.a. interferometrisch gekoppelten Teleskopen jedoch kaum ein Problem darstellen. Relativistische Effekte wie Aberration und Dopplereffekt, d.h.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebsformen für
Raumflugkörper

Der interstellare Flug

Blauverschiebung in Flugrichtung erschweren dessen Steuerung zusätzlich. Diese müssen auch - zusätzlich zur Lichtmauer, also dem Echzeitproblem, bei der Kommunikation mit der Erde berücksichtigt werden. Bei einer Entfernung jenseits einiger Lichttage wird die Kommunikation wahrscheinlich sowieso stark reduziert, auch aus psychologischen Gründen (Isolationsgefühl usw.).

Interstellare Materie erzeugt bei Geschwindigkeiten nahe c Widerstand, Ablation und Zerstörungen, diese sind zwar unkritisch, wenn auch nicht vernachlässigbar wie etwa die Meteoritengefahr für interplanetare Flüge. Wird ein Teilchen von $0,866c$ schlagartig auf Null abgebremst, wird genauso viel Energie frei wie bei dessen Annihilation. Durch die langen Missionszeiten - etwa wie bei der Daedalus-Sonde - werden die Zuverlässigkeitsanforderungen extrem hoch, auch an die Lebenserhaltungssysteme, die trotz Dilatation über Jahre stabil bleiben müssen.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips - Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Problem Lichtmauer, Zwillingsparadoxon usw.

Da das Weltall riesig ist und "Raumreisen" mit Geschwindigkeiten weit unterhalb von c stattfinden, gibt es nur den Ausweg über Wurmlöcher. Allgemein führt die Lichtmauer zur Isolation, die nur mit Wurmlöcher überwunden werden kann. Mit Wurmlöcher werden auch Zeitreisen möglich. Außerdem sind Raumreisen durch c begrenzt. Aufgrund der positiven Ruhemasse von Materie dauert materielle Raumfahrt länger als der Lichtweg. Superzivilisationen verwenden möglicherweise gar keine Raumschiffe mehr für interstellare Reisen, sondern Wurmlöcher o.a. Designerraumzeiten. Tiefe, weite interstellare und erst recht intergalaktische Reisen sind ohne Wurmlöcher undenkbar; ohne sie und aufgrund unserer Lebensdauer und des Zwillingsparadoxons bleibt unser Wirkungsradius auf bis zu 10 oder 20 Lichtjahre von unserer Sonne beschränkt; es wäre eine Reise der kleinen Schritte. Das Zeitproblem interstellarer, relativistischer Reisen ist ein Energieproblem, d.h. einer hohen Dilatation steht der exponentielle Treibstoffbedarf - etwa in Form von Antimaterie - im Wege. o.a. formuliert: dieser verhindert eine starke

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Zeitdehnung.

Was ist also technisch leichter zu realisieren: totale Photonenraketen mit hohem Gammafaktor oder Wurmlöcher u.a. Designerraumzeiten⁹¹ ?

Eine Typ I-Zivilisation wird vielleicht noch auf Photonenraketen angewiesen sein; eine Typ II oder III-Zivilisation kann vielleicht Designerraumzeiten erschaffen ?

Das Entfernungsproblem interstellarer Raumflüge ließe sich möglicherweise mit Weltraumarchen lösen; Multigenerationenschiffen, die letztlich Miniaturerden wären mit Treibhäusern und Farmen, die Nahrung, Energie und Luft produzieren würden. Alle Materialien wären in Recyclingprozesse eingebunden, um Abfallprodukte zu vermeiden. Weltraumarchen würden Künstliche Schwerkraft durch Beschleunigung oder Rotation erzeugen, damit Muskeln und Knochen der Reisenden nicht abgebaut werden. Nach Erreichen ihres Zielplaneten würden sie ihn dann besiedeln. Man kann hier und jetzt nur spekulieren, ob der Ablauf tatsächlich so geschieht oder welche Pläne die Bewohner der kstl. Ökosphären stattdessen haben, ob sie über Jahrhunderte und Jahrtausende in diesen Archon leben wollten und könnten, wie sich ihre Psyche und damit ihre Sozialstruktur entwickelt, ob sich genügend

⁹¹ Beispiele aus der SF: der ST-Warpantrieb, B5-Sprungtore

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Freiwillige finden lassen usw. Umwelt- u.a. Probleme könnten das Archegleichgewicht destabilisieren. Ist ihre Miniaturerde komplex genug, damit keine Langeweile u.ä. entsteht ? Es wäre jedenfalls denkbar, nicht zuletzt deshalb, weil es keinen uns heute bekannten Naturgesetzen widerspricht.

Mittels Kryogenik würden Astronauten (o. Kosmonauten, Taikonauten, ...) durch Verringerung ihrer Körpertemperatur in kstl. Winterschlaf versetzt, wodurch alle Körperfunktionen stark verlangsamt ablaufen. Sie würden die Jahrhunderte verschlafen, minimale Nahrung und Luft verbrauchen und hätten keine Langeweile, keinen Streß usw. Doch leider ist sie noch lange nicht ausgereift und bleibt vorerst eine SF-Möglichkeit. Vielleicht wird durch Genetik und Prothesen und Implantate eine (relative) Unsterblichkeit möglich? Dann wäre der Zeit- bzw. Energiefaktor Nebensache...

Wollen wir das Zwillingsparadoxon, die exponentielle Treibstoffzunahme u.a. Katastrophen vermeiden, müßten wir weit unterhalb von c bleiben und dürften uns höchstens einige Dutzend Lichtjahre von zu Hause entfernen oder nicht mehr wiederkehren - im Vergleich dazu ist "unsere" Galaxis tausendfach und "unser" lokaler Galaxienhaufen millionenfach größer.

Selbst wenn man c erreichen würde, scheint es aufgrund der Lichtmauer

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

schwierig zu sein, z.B. ETis per bemanntem Raumflug zu erreichen. Möglicherweise werden nicht reale Menschen interstellare Reisen durchführen, sondern "virtuelle" Astronauten, d.h. virtuelle Äquivalente menschlicher Persönlichkeiten, die als Emulationen, als perfekte Computer- oder Transputersimulationen, die *prinzipiell ununterscheidbar* vom "Original" sind, im Gedächtnis eines Rechners gespeichert und auf die Reise in den Kosmos geschickt werden.

Vielleicht könnten aber auch Teleportation oder supraluminale bzw. FTL-Antriebe einen Ausweg bringen?

Der Umstand, daß die Raumschiffgeschwindigkeit immer $< c$ ist, hat seine Ursache in der geschwindigkeitsabhängigen trägen Masse, die mit Annäherung an c asymptotisch gegen unendlich strebt.

Falls das quantentheoretische Vakuum mit der trägen Masse verknüpft ist, ist hier auch die Ursache der kosmischen Geschwindigkeitsbegrenzung zu suchen, denn der Trägheitswiderstand, d.h. der Widerstand gegen die Beschleunigung scheint durch den Druck der virtuellen Teilchen hervorgerufen zu werden. Vielleicht ist hiermit auch ein Ansatz gegeben, um die träge Masse eines Raumschiffs zu reduzieren; damit ließen sich das Energieproblem des Raketenantriebs erheblich verringern und evtl. sogar supraluminale Geschwindigkeiten realisieren. Für viele Antriebskonzepte sind große Energiemengen

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

erforderlich; die aus der Unschärferelation folgende Vakuumenergie läßt sich jedoch nicht als Energiequelle nutzen, da bei ihr kein Gefälle vorliegt, da sie niedrigste Energieniveau hat. Materie hat im Gegensatz zum Vakuum ein höheres Energieniveau. Wenn Vakuumenergie ein falsches Vakuum wäre, wäre tatsächlich eine Differenz und damit nutzbare Energie vorhanden.

Wenn sich die isotrope Vakuumenergie durch geeignete Strukturierung eines teildurchlässigen Segels in einen anisotrop wirkenden Druck transformieren ließe, wäre eine durch Vakuumfluktuationen angetriebene Sonde möglich, die ähnlich wie eine Sonnensegel-Raumsonde arbeiten könnte.

Unter Umständen könnten unserer Nachfahren bzw. Superzivilisationen FTL-Antriebsformen realisieren, was kein Widerspruch zur SRT wäre, da sich eine maximale Geschwindigkeit, die für tardyonische Materie gleich Vakuum- c ist, nur auf Messungen *relativ zum Raumzeitkontinuum* bezieht. Wie es die Inflation jedoch nahelegt, kann sich *der Weltraum selbst* möglicherweise mit viel höheren Geschwindigkeiten bewegen...(o.a. formuliert haben SRT und ART nur lokalen Charakter)

Falls eine Superzivilisation das Universum in mehr als 4 Dimensionen versteht und beherrscht, könnte sie auch die Zeitdimension manipulieren

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

und c wäre keine Grenze mehr.

Wenn unsere Nachfahren die physikalischen Verhältnisse bei der Planckschen Energie - 10^{28} eV - beherrschen sollten, wird sich ihnen ein ganz neues Universum voller Möglichkeiten eröffnen; jede Zivilisation, jede Person, die die bei der Planckschen Länge freiwerdende Energie beherrscht, wird nach Belieben über alle fundamentalen Kräfte verfügen. Wenn sie es schaffen, alle Kräfte zu einer Superkraft zu vereinigen und zu beherrschen, können sie die Struktur von Raum und Zeit verändern, Teilchen nach Belieben herstellen und verwandeln, um auf diese Weise exotische Materieformen erzeugen; sogar die Dimensionalität der Raumzeit ließe sich beeinflussen und bizarre künstliche Welten mit unvorstellbaren Eigenschaften ließen sich erschaffen.

Möglicherweise expandierte unser 4-Dimensionen-Universum kurz nach dem Urknall auf Kosten des

6-Dimensionen-Universums, weshalb es auch einen Zusammenhang zwischen ihnen geben könnte. Heute sind interdimensionale Reisen noch unmöglich, weil das 6D-Zwillingsuniversum auf Planckgröße, auf 10^{-33} cm geschrumpft ist. Doch in den Endstadien des Kollapses könnte es sich öffnen und Dimensionsreisen wieder möglich werden.

Während unser Universum kontrahiert, falls es also geschlossen sein

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

könnte, könnte sich das 6D-Universum langsam ausdehnen und kurz bevor unseres ins Nichts, in die Endsingularität schrumpft, könnten unsere Nachfahren bzw. allgemein intelligentes Leben über Wurmlöcher in dieses überwechseln...Vielleicht können unsere Nachfahren extreme Umstände erzeugen, um FTL-u. Zeitreisen in die Vergangenheit und Reisen in Paralleluniversen mittels Warpantrieb oder Wurmlöcher durchzuführen und Antischwerkraft durch negative Massen zu generieren.

Unter Umständen ließe sich ein **FTL-Antrieb** doch realisieren, da sich c als maximale Geschwindigkeit nur auf Messungen relativ zum Raumzeit-Kontinuum bezieht; aber *der Weltraum selbst* kann sich möglicherweise mit viel höheren Geschwindigkeiten bewegen (siehe Inflation). O.a. formuliert haben SRT und ART nur lokalen Charakter. Nach der ART beeinflußt die Masse bzw. die Energie ($E=mc^2$) die Geometrie der Raumzeit d.h. Gravitation wird zur geometrischen Eigenschaft der Raumzeit. Die Gravitation krümmt lokal die Raumzeit um sich herum; eine Superzivilisation könnte nun die Raumzeit *hinter* ihrem Raumschiff strecken, d.h. negativ krümmen und die Raumzeit *vor* dem Raumschiff kontrahieren, also positiv krümmen - mit diesem **Warpantrieb** hätte sie viele Probleme gelöst: die Lichtmauer, die

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Dilatation; interstellare relativistische Reisen wären keine Einbahnstraßen mehr (siehe Zwillingsparadoxon).

Eine andere (Denk-)Möglichkeit wäre ein Wurmloch. Theoretisch könnte eine Typ III oder IV-Zivilisation den Weltraum lokal so krümmen, das Start und Ziel ganz dicht zusammenkommen und nicht mehr Lichtjahre voneinander entfernt sind. Dazu sind jedoch gigantische Massen bzw Energien nötig, sowie *negative Materie*, um das Wurmloch offen zu halten. Als kosmische Abkürzung würde ein "Sternentor" (eine kleine unbeabsichtigte Anspielung auf "Stargate" gefällig?) Weltraumarchen, Kryogenik, Photonentraumschiffe usw. überflüssig machen - jedenfalls fast. Interstellare und intergalaktische Reisen wären keine Megajahre andauernde Strapazen mehr. Man würde nur den entsprechenden Knotenpunkt aufsuchen, reinspringen - und schon wäre man da; der Kosmos ließe sich beliebig durchstreifen. Durch ein riesiges Wurmloch-Netz wäre unsere Welt eng mit den anderen verbunden. Mit Sternentoren bzw. Wurmlöcher ließe sich das Zwillingsparadoxon umgehen, bzw. interstellare Raumreisen wären keine Einbahnstraßen mehr; die Astronauten (Russland, China und Indien mögen mir verzeihen) müßten Verwandte und Freunde nicht mehr zurücklassen; weiterhin wären tiefe Vorstöße ins Weltall möglich.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Mit Wurmlöchern ließe sich SETI auf einem ganz anderen Niveau betreiben; auch nichttechnische ETIs ließen sich erreichen. Aus SETI könnte CETI werden.

Mit Wurmlöchern rücken erdartige Exoplaneten in unsere Reichweite; vielleicht blüht auf einigen von ihnen exotisches, bizarres Leben, andere könnten tote Welten sein; vielleicht gibt es auf ihnen primitive kulturen, die unserer Vergangenheit entsprechen oder sogar hochentwickelte Zivilisationen, die unsere potenzielle Zukunft sind. Sie könnten mit Wüsten oder Meeren, Wäldern oder Feldern bedeckt sein. Gewaltige Erzvorkommen könnten sich erschließen lassen, in dem Genpool ihrer erdähnlichen ? - Flora und Fauna ließen sich evtl. enorm wirksame Heilmittel gewinnen. Die Entdeckung einer solchen 2. Erde würde die Biologie, Geologie, Anthropologie und Physik revolutionieren und neue Wissenschaftsordnungen entstehen lassen.

Mit Wurmlöcher würde sich unser Verständnis vom Kosmos grundlegend verändern; es würde zu einem Paradigma/Dogmenwechsel kommen; das Weltall wäre nicht mehr anonym und still; wir wären auch nicht weiter isoliert.

Wurmlöcher sind Passagen bzw. Tunnel, die verschiedene Teile des Universums oder sogar verschiedene Universen miteinander verbinden. Ihre Konstruktion ist eine Frage der richtigen Materiemenge in

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

geeigneter Konfiguration.

Falls eine Superzivilisation die Raumzeit etwa mit Gravitationswellen "steifer" machen könnte, die (nahe) Materie verformen oder sogar zerreißen können, oder überhaupt mit Energie, würde c lokal erhöht und die entsprechende Region hätte keine Kausalität mehr, außerdem würde die Masse spurlos verschwinden. Würde sie die lokale Krümmung des Raumzeit-Kontinuums etwa mit negativer Masse, die eine negative Raumzeit-Krümmung und damit Antischwerkraft erzeugt, flacher machen, also zu einer Minkowski-Raumzeit verringern, würde Energie aus dem Nichts entstehen. Sollte die lokale Antischwerkraft sogar überwiegen, könnte man mühelos zu den Sternen hinauffallen.

Space Drives erzeugen eine Antriebskraft ohne sich an anderen Massen abzustoßen oder sie nach dem Rückstoßprinzip auszustößen und kommen somit ohne Treibstoff aus.

Das **Differentialsegel** z.B. setzt eine isotrope Strahlung wie die 3K-Strahlung voraus und absorbiert diese Strahlung auf einer Seite und reflektiert sie auf der anderen; dieser unterschiedliche Strahlungsdruck läßt sich als Antrieb nutzen.

Das **Diodensegel** funktioniert wie eine Diode bzw. wie ein

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

halbdurchlässiger Spiegel, der Strahlung in eine Richtung ungehindert durchläßt und in die andere reflektiert.

Das **Induktionssegel** wird durch eine Differenz im Strahlungsdruck angetrieben, indem man die Strahlungsenergie vor dem Segel verringert und sie gleichzeitig dahinter erhöht.

Für das **diametrische Segel** wird eine Hintergrundeigenschaft der Raumzeit z.B. das Gravitationsfeldpotenzial durch 2 entgegengesetzte Quellen vor und hinter dem Raumschiff so verändert, daß ein Gefälle entsteht, durch welches das Raumschiff angetrieben wird - ähnlich wie bei der Elektrophorese, bei der Ionen durch ein elektrisches Feld bewegt werden.

Beim **Pitch Drive** wird wie beim diametrischen Segel ein Gefälle um das Raumschiff ohne die Benutzung 2er Quellen erzeugt.

Beim **Bias Drive** wird eine Materieeigenschaft wie etwa die Gravitationskonstante so verändert, daß eine Differenz entsteht.

Der **Disjunction Drive** beruht darauf, daß bei felderzeugenden Objekten, z.b. bei Elektronen der Teil, der das Feld erzeugt und der Teil, der mit dem Feld reagiert, voneinander getrennt werden.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

VSL & kosmische Strings

c könnte gemäß der VSL (Varying Speed of Light)-Theorie in unmittelbarer Nähe eines kosmischen Strings viel größer werden, als ob ihn eine "Beschichtung" aus hoher c umgeben würde, wodurch ein Korridor mit extremem Geschwindigkeitslimit durch das Universum gelegt werden würde. Entlang eines kosmischen Strings der VSL-Version gäbe es kein Zwillingsparadoxon; in den VSL-Theorien gibt es zwar einen Zeitdehnungseffekt, da sie immer noch die Lorentz-Invarianz erfüllen, doch macht er sich wie auch in der SRT nur dann bemerkbar, wenn sich die Geschwindigkeit der des Lichts annähert, was hier heißen muß: mit *dem lokalen Wert von c* .

Und da in der VSL c entlang eines kosmischen Strings viel höher sein kann, könnte man tatsächlich mit sehr hohen Geschwindigkeiten reisen und trotzdem weit unter der lokalen c bleiben, wodurch die Zeitdehnung vernachlässigbar wäre. Man könnte in diesen Korridoren bis in die fernsten Winkel des Weltalls entlang rasen und sich trotzdem viel langsamer als mit der *lokalen* Lichtgeschwindigkeit bewegen und man wäre bei der Rückkehr noch genauso alt wie sein Zwilling und seine Mitmenschen...

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Teleportation

Durch die Verschickung von Quantenzuständen von miteinander verschränkten Teilchenpaaren wie etwa Photonen lassen sich physikalischen Eigenschaften *zeitlos* an einen anderen Ort transferieren, ohne mit diesem im klassischen Sinn in Kontakt zu stehen, allerdings darf die Kohärenz dieses Zustandes nicht zerstört werden. Allerdings beträgt die Anzahl der Quantenzustände eines Menschen mindestens 10^{10} hoch 10^{45} ...evtl. ließe sich zu Transferzwecken stattdessen ein *makroskopischer* Tunneleffekt erzeugen.

Waprantrieb

Nach der ART beeinflusst die Masse bzw. die Energie (genauer der Energie-Impuls-Tensor) die Geometrie der Raumzeit, d.h. die Gravitation wird zur geometrischen Eigenschaft der Raumzeit und krümmt lokal die Raumzeit um sich herum.

Beim "Warp Drive" wird die Raumzeit selbst zum Fortbewegungsmittel, indem sie durch lokale Energiekonzentrationen verbogen wird. Ein Raumschiff würde also aus einem selbstinduzierten Gradienten im lokalen Gravitationsfeld angetrieben; die asymmetrische Verbiegung der Raumzeit wird durch positive und negative Energie bewirkt, wobei die positive Energie die Raumzeit vor dem Schiff

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

kontrahiert und die negative sie hinter dem Schiff expandiert.

Eine Superzivilisation könnte nun die Raumzeit hinter ihrem Raumschiff strecken, d.h. negativ krümmen und die Raumzeit vor dem Schiff kontrahieren, also positiv krümmen, o.a. formuliert, die Raumzeit zieht sich vor dem Raumschiff zusammen und dehnt sich dahinter wieder aus. Alles, was sich vor dem Schiff befindet, kommt extrem schnell voran und hinter ihm rast sie schnell in die Ferne, wobei sich das Schiff selbst nie FTL bewegt, sondern sich in einer "Warpblase", in einer gekrümmten Raumzeit befindet, relativ zu der das Raumschiff sogar ruht. Da sich aber die Warpblase global FTL bewegt, reist auch das Raumschiff mit Überlichtgeschwindigkeit, denn Raumzeit selbst kann sich - wie in der inflationären Phase - beliebig schnell bewegen. Da sie allerdings akausal mit dem Raumschiff verbunden ist, ist sie - anders als bei ST - nicht vom Raumschiff selbst, sondern nur von außen steuerbar.

Weiterhin sind für solche Raumzeit- Krümmungen jedoch Energien erforderlich, die mehreren 1000 Sonnenmassen entsprechen.

Sollte eine Typ II oder III-Superzivilisation ihre Herstellung trotz allem meistern, hätte sie damit Probleme wie die Lichtmauer, die Dilatation usw. gelöst. Derartige Fortbewegungen wären auch keine Einbahnstraßen mehr wie die interstellaren relativistischen Reisen -

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

siehe Zwillingsparadoxon.

Wurmlöcher aus den Verbindungen zwischen 2 nichtrotierenden Schwarzen Löchern, auch als **Einstein-Rosen-Brücke** bekannt, funktionieren nicht weil: die Singularität punktförmig ist. Die Eingänge zu Einstein-Rosen-Brücken sind dynamisch und somit instabil; die Schwarzen Löcher als Ein-bzw. Ausgänge wechseln sehr schnell zwischen Expansion und Kontraktion. Dieser ERB-Korridor ist eine raumartige Verbindung, die sich nur mit Überlichtgeschwindigkeit nutzen läßt. Raumartig deshalb, weil sich die Tunnelstrecke - in einem Raumzeit- Diagramm abgebildet - mehr zur Raum- als zur Zeitachse neigt. Die metrische Signatur der ERB ist negativ; somit gibt es keine Kausalbeziehungen zwischen den Enden, den Schwarzen Löchern. Schwarzschildtunnel wären nur für FTL-Raumschiffe befahrbar. Schwarzschildkorridore bzw. Einstein-Rosen-Brücken kollabieren spontan.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Kerr-Newman-Tunnel⁹² sind nicht passierbar, weil die Gravitationskräfte am Äquator eines Kerr-SL unendlich, an dessen Polen jedoch gering sind. Da die Singularität in einem Kerr-SL ringförmig ist, müßte es ihre Hohlstruktur einem Raumschiff ermöglichen, durch die nichtsingulären Zentren der Ringe zu fliegen. Kerrtunnel sind so lange stabil, bis sie - z.B. durch ein Raumschiff - gestört werden. Sofort stürzt er ein, kollabiert zu einer Punktsingularität; Druck und Temperatur divergieren ins Unendliche. Außerdem sind diese beide Arten von Ereignishorizonte umgeben, die sich nur FTL oder durch ein Wurmloch überwinden lassen. Des weiteren sind die Gezeitenkräfte von großen, galaktischen Schwarzen Löchern geringer sind als bei kleinen, stellaren.

Eine Superzivilisation mit Zugang zu uns unbekanntem Materialien und Kräften könnte jedoch Kerrtunnel gegen den Kollaps stabilisieren und somit riesige Bollwerke gegen den Zerfall solcher Korridore bauen; sie könnte diese Passagen erkunden, ohne deren sofortigen Zusammenbruch befürchten zu müssen und würde völlig unversehrt aus ihnen

⁹² Schwarze Löcher vom Kerr-Newman-Typ sind rotierende, elektrisch geladene Schwarze Löcher und enthalten sogenannte Ringsingularitäten

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

herauskommen - jedoch vielleicht in einem ganz anderen Teil unseres (o. sollte man besser sagen *ihres*) Universums. Wenn der Kerrtunnel jedoch 2 Schwarze Löcher verbindet, wären sie nicht in der Lage, die Ereignishorizonte, die Einweg-Membranen zu durchqueren; sie wären im Tunnel gefangen. Ein Kerrtunnel, der 2 Schwarze Löcher verbindet, wäre ein geschlossenes auswegloses System.

Aber evtl. befindet sich an einem Tunnelende auch ein Weißes Loch... ein Weißes Loch würde all das wieder freigeben, was ein Schwarzes Loch verschluckt hätte. Während Schwarze Löcher eine Zukunftsingularität haben, besitzen Weiße Löcher eine Vergangenheitssingularität; sie wären, sollte es sie geben, die zeitverkehrten Gegenstücke der Schwarzen Löcher. Was immer ein Schwarzes Loch macht, das Weiße Loch macht das zeitverkehrte Gegenteil. Weiße Löcher wären eine gute Möglichkeit, aus einem Kerrtunnel zu entkommen. Dieses könnte sogar sich in einem anderen Universum befinden. Da es von einem "Antihorizont" umgeben ist, kann nichts und niemand in das Weiße Loch eindringen. Der Antihorizont ist ein EH der Vergangenheit, eine Fläche, die Körper *nur* herauslässt. Diese Fläche ist negativ gekrümmt; sie hat eine abstoßende Gravitation. Wenn sie jedoch Materie und Energie unregelmäßig und ungeordnet wieder freigeben, sind sie als Schnellverkehrsmittel für

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Fernreisen ungeeignet. Möglicherweise geben sie Objekte völlig willkürlich und unvollständig wieder frei. Außerdem könnte eine Verbindung zwischen einem Schwarzen Loch und einem Weißen Loch zerfallen, kaum daß sie sich gebildet hätte. Nach wenigen Sekunden würden sie sich entweder in Schwarze Löcher verwandeln oder als riesige Feuerbälle⁹³ explodieren. Weiße Löcher sammeln in ihrer Nähe Materie und Energie in einer "blauen Schicht" an, unter deren Masse sich der Antihorizont zu einem Schwarzloch-Ereignishorizont verkrümmt, wodurch sie zu Schwarzen Löchern werden. Ein Weißes Loch von 10 Sonnenmassen würde sich in weniger als 1 Millisekunde in ein Schwarzes Loch umwandeln. Allerdings könnte es sie im frühen Universum gegeben haben. Somit sind Kerr-Tunnel, die entweder 2 Schwarze Löcher verbinden oder von einem Schwarzen Loch zu einem Weißen Loch führen, keine geeigneten „Sternentore“⁹⁴ bzw. Wurmlöcher. Sie würden zu einer Singularität kollabieren. Passierbare Wurmlöcher müssen statisch und sphärisch sein, Form und Größe müssen zeitinvariant sein. Als 2. muß der kosmische Tunnel den

⁹³ = GRBs ?

⁹⁴ Kleine Anspielung auf die SF-Serie „Stargate“

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Gleichungen der ART genügen; die Beziehung zwischen der Wurmloch-Geometrie und seiner materiellen Beschaffenheit muß ihr entsprechen. Ein passierbares Wurmloch hätte die Gestalt einer abgeflachten Sanduhr; 2 Becken, die durch einen Schlund verbunden sind. Diese Wurmloch-Sanduhr wäre *aus der Struktur der Raumzeit selbst* geformt⁹⁵.

Die Sanduhrbecken müßten sehr flach sein, da nach der ART die Gravitation zur geometrischen Eigenschaft der Raumzeit wird; eine flache Krümmung entspricht somit einer geringen Gravitation. Die Wurmloch-Passage wäre dagegen ein enges Stück extrem gekrümmter Raumzeit welches die 2 Becken verbindet. Sie muß durch eine riesige Menge konzentrierter Masse generiert werden. Ein weiteres Kriterium besagt, daß es keine Ereignishorizonte haben darf, da sie jedes Entkommen verhindern würden - siehe Kerrtunnel. Die Wurmloch-Gravitationskräfte dürften nur minimal sein, also müßten positive und negative Gravitationsbeschleunigungen äußerst gering sein und etwa der irdischen entsprechen. Außerdem darf der Transfer sowohl für die

⁹⁵ Es stellt sich die Frage, ob die Raumzeit gequantelt ist, weiterhin, ob sich diese Struktur aus Gravitonen, aus Strings oder woraus zusammensetzt ? Ergibt sie sich aus Quantengravitation /TOE?

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurm Löcher

Reisenden als auch für die z.B. auf der Erde Zurückgebliebenen ca. 1 Jahr nicht überschreiten, da längere Reisen gefährlich, ungesund, langweilig und kostspielige Verfahren wie etwa Kryogenik oder Photonenraketen erforderlich machen würden. Wurmloch-Reisen sollen ja auch gerade das Zwillingsparadoxon umgehen. Die schwierigste Bedingung ist jedoch seine Herstellung. Materie und Energie, aus denen es hergestellt wird, müssen die physikalischen Eigenschaften bekannter Stoffe haben. Um Wurmloch-Durchlässe zu erzeugen, könnten jedoch neue, exotische Materieformen erforderlich sein. Damit man tatsächlich ein Wurmloch mit einem Raumschiff durchqueren kann, darf dessen Gravitationseinfluß, d.h. dessen Masse das Wurmloch bzw. die Passage nicht zum "Einsturz" bringen. Auch sollte der Wurmloch-Bau in einer Zeitspanne geschehen, die erheblich kürzer ist als das Universum und deutlich weniger Energie bzw. Materie verbrauchen, als das Universum besitzt. Um ein Wurmloch zu stabilisieren, wäre eine gewaltige Spannung nötig; sie gibt die Zugfestigkeit eines Objektes an, d.h. wieviel Kraft notwendig ist, um es auseinanderzureißen. Der Betrag der Spannung nimmt mit zunehmender Wurmloch-Größe ab. Für eine 6 km große Passage beträgt die Kraft ca. 10^{32} kg/cm², was dem Druck entspricht, der im Kern eines Neutronensterns herrscht. Eine 100 m große Öffnung bräuchte einen Druck von 10^{37} kg/cm² - Druckgrößen,

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

die weitaus höher als alles sind was je im Kosmos beobachtet wurde. Damit das Wurmloch nicht kollabiert, muß dessen Spannung mindestens 10^{17} mal größer sein, als die Dichte der Substanz, aus der das Wurmloch gebaut wird. Wenn die Wurmloch-Materie eine Dichte von 1 kg/cm^3 hat, muß die erforderliche innere Spannung mindestens 10^{17} kg/cm^2 betragen⁹⁶. Stahl hat vergleichsweise eine Massedichte von gut 30 g/cm^3 , seine Zugfestigkeit liegt bei etwa 10^4 kg/cm^2 , also sehr viel weniger als die erforderlichen gut 10^{15} kg/cm^2 . Steigen Spannungen und Drücke eines Stoffes über den kritischen Wert vom 10^{17} fachen der eigenen Dichte, zeigt das Material höchst bizarre Eigenschaften wie z.B. **negative Masse**. Stoffe mit derart ultrahohen Spannungen werden deshalb auch als **exotische Materie** bezeichnet. Exotische Materie scheint negative Masse zu haben, wenn sich ein Beobachter relativistisch bewegt. Vielleicht ließe sie sich in uns noch unbekanntem Regionen des Weltalls finden, vielleicht könnte eine Superzivilisation sie in ihren Teilchenbeschleunigern herstellen; die Quantenmechanik liefert einen hoffnungsvollen Ansatz für ihre Suche: Quantenfluktuationen erzeugen u.a. den "Casimir-Effekt"; zwischen 2 elektrisch neutralen Metallplatten wirkt eine kleine, aber meßbare Kraft,

⁹⁶ 10^{17} ist c^2 - in m/s .

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

sich aus der em-Energie zwischen den Flächen ergibt. Das Vakuum ist voll von virtuellen Teilchen, die auf die Platten wirken. Diese erzeugen eine negative Energiedichte zwischen den Platten, weil die Energie dieser Felder im Durchschnitt unter dem Niveau des "Teilchenmeeres" liegen. Aufgrund der Energie-Masse-Äquivalenz (SRT) ist auch die mit dem Vakuum assoziierte Spannung größer als die mit c^2 multiplizierte Masse. Vakuumfluktuationen können also im Zusammenhang mit dem Casimir-Effekt als exotische Materie mit negativer Masse angesehen werden. Vielleicht nutzt eine Superzivilisation diesen Effekt bereits, um Wurmloch-Materie herzustellen (und hätte damit die schwache Energiebedingung widerlegt). Sie müßte diese also entweder entdecken oder herstellen, etwa in der Nähe eines Schwarzen Lochs. Es könnte bei ihrem Verdampfen aus "Hawking-Strahlung" entstehen. Schwarze Löcher verdunsten ja (das ist ein Modell) weil in ihrer EH-Nähe virtuelle Teilchen-Antiteilchen-Paare aufgrund von Quantenfluktuationen (Unschärferelation; konjugierte Variablen, z.B. Energie x Zeit oder Ort x Impuls) entstehen und nach nur kurzer Zeit wieder zerstrahlen müßten. Wenn aber das Teilchen mit negativer Energie (und Masse) in den Ereignishorizont gelangt, entfernt sich das Teilchen mit positiver Energie. Ein entfernter Beobachter würde diesen Vorgang als "Hawking-Strahlung" deuten. Falls dieser Zerfallsprozeß

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des
Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-
Antriebe: Warpantrieb,
Wurmlöcher

eine Quelle für exotische Materie ist, und man vor dem Ereignishorizont ein "Netz" aufspannen könnte, um die negative Energie einzufangen, hätte man einen beträchtlichen Vorrat davon... wenn zukünftige Zivilisationen Objekte von der Größe von Planetoiden oder Planeten erschaffen können, wären gegebenenfalls auch Wurmlöcher möglich. Um ihre Menge zu reduzieren, sollte man sich auf die Wurmloch-Mitte konzentrieren; sie würde nur den mittleren Abschnitt bilden, während der größte Teil aus gewöhnlicher Materie bestehen würde. Da dieser Stoff die mechanische Spannung eines Neutronensterns hätte, könnte er sich auf Menschen sehr schädlich auswirken. Man könnte die Reisenden abschirmen, sie durch eine Schutzröhre leiten. oder exotische Materie verwenden, die nur begrenzte Auswirkungen auf Menschen hätte oder sie weit entfernt vom Zentrum der Wurmloch-Passage fernhalten. Sicherlich werden bei ihrer Herstellung und Wartung enorme technische Probleme entstehen, aber mit dem exponentiellen Fortschritt in der Technologie sollten auch diese lösbar sein. Ihr Bau würde umso einfacher, je weniger negative Masse man bräuchte. Vielleicht sind rechteckige Wurmloch-Öffnungen auch einfacher? Ein anderes Wurmloch-Modell würde nicht wie eine Sanduhr, sondern wie eine rechteckige Garnspule aussehen, bei der das einzig gekrümmte Teil das rechtwinklige Zentrum wäre, das der Wurmloch-Passage entspricht. Die

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Lochränder sind dann mit exotischer Materie ausgekleidet. Raumschiffe würden am oberen flachen Spulenteil, das dem Teil A uns Universums entspricht, ins Wurmloch gelangen, und dann in den rechteckigen Wurmloch-Tunnel hineinfliegen. Nach dem Transfer tauchen sie im unteren Spulenteil wieder auf, der einem Teil B uns Universums oder sogar einem anderen Universum entspricht. Beim Sanduhr-Wurmloch werden die Tunnelwände immer enger - doch hier verlaufen die Wurmloch-Wände gerade und können beliebig weit voneinander entfernt sein. Reisende könnten sich immer in der Mitte aufhalten. DA es zu keiner Berührung mit der negativen Masse kommt, würde es viel seltener beschädigt und die Gravitations- bzw. Gezeitenkräfte wären gering. Der Bedarf an exotischer Materie ist ebenfalls viel geringer.

Astronauten würden ein rechtwinkliges 3-D-Loch sehen, das aus dem Raum herausgeschnitten zu sein scheint - es wäre im Prinzip eine dunkle rechtwinklige im Raum schwebende Schachtel⁹⁷. Ein Raumschiff würde in die Mitte hineinfliegen und nach kurzer Zeit aus einer ähnlichen Schachtel in einer anderen Raumzeit-Region wieder

⁹⁷ man erinnere sich an den Monolithen aus "2001" und "2010"; warum sind das 3. und 4. Buch eigentlich noch nicht verfilmt worden?

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

herauskommen. Damit Reisende nicht mit der exotischen Materie in Berührung kommen, muß die Passage eine flache Vorderseite bekommen. Ein Reisender, der eine solche flache Seite vor sich hat, verspürt keine Gravitationskräfte (=Gezeiten) und sieht weder exotische noch andere Materie, sondern wird einfach in eine andere Region oder anderes Universum befördert. Das Wurmloch-Äußere wirkt wie ein riesiger, ein Lichtstrahl, der die rechteckige Oberfläche treffen würde, würde reflektiert. Während der einfallende Lichtstrahl aus unserer Region kommen würde, würde der ausfallende Strahl vom Wurmloch-Tunnel in einen anderen Bereich des Universums gelenkt werden.

Ein Wurmloch ließe sich auch errichten, indem man die Schwarzschild-Schwarzen Löcher eines Kerrtunnels von ihren Ereignishorizonten und den Zentralsingularitäten befreit und die restlichen Teile durch einen Zentralschacht verbindet. Die Innenseite jeder Hülle begrenzt dann die Wurmloch-Passage. Man stelle sich zum Vergleich 2 kernlose Äpfel vor, deren Innenwände über die 4. Dimension miteinander verbunden sind. Man durchdringt die Haut des einen Schwarzschild-SL, durchquert den Tunnel und tritt aus der Haut des 2. wieder aus. Ohne EH wäre der Austritt kein Problem und der Kerrtunnel ließe sich als echtes Wurmloch nutzen oder man könnte den zukunftsgerichteten EH in einen vergangenheitsgerichteten EH umwandeln. Die exotische

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Wormloch-Materie würde sich auf eine dünne Schicht an den Tunnelgrenzwellen konzentrieren und dadurch blieben die Gravitationskräfte gering. Passagiere in einem Raumschiff, das sich im freien Fall auf ein Wurmloch bewegt, würden in großer Wurmloch-Entfernung den Weltraum noch als normal wahrnehmen; in der Nähe jedoch reißen Lücken im Himmel auf, die Sterne werden zu Lichtstreifen zusammengequetscht. Dann breiten sich Mehrfachbilder von ihnen aus wie in einem Zerrspiegel - aufgrund des Gravitationslinseneffektes. Durch die hohe Wurmloch-Masse konzentrieren sich die Lichtstrahlen, sie konvergieren in seiner Nähe. Mit zunehmender Annäherung verändert sich das Licht der Sterne und Galaxien immer mehr: das Farbspektrum und die Leuchtkraft werden blauverschoben. Das Licht wird zersplitterter, blauverschobener und intensiver - es wäre ein anregendes Lichtspektakel. Jede Wurmloch-art würde den Himmel auf seine Weise verändern, doch jeder Anblick wäre eine Farborgie.

Nach der Quantengravitation wären mikroskopische Wurmlöcher denkbar, die sich gegebenenfalls mit einer Art Inflationsmechanismus vergrößern und für interstellare Reisen nutzen lassen, denn auf der Ebene der Plancklänge würde die Raumzeit wegen der Unschärferelation fluktuieren; ihre Geometrie schwankt zwischen

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurm Löcher

verschiedenen Konfigurationen (=Topologien) - etwa von flach zu sattelförmig zu ringförmig usw. Auf dieser mikroskopischen Ebene besteht das Universum aus Raumzeitschaum, einer bunten Vielfalt geometrischer Konfigurationen - eben auch Wurm Löcher, die verschiedene Teile, d.h. Raumzeiten des Kosmos miteinander verbinden. Wegen der komplexen Wechselbeziehungen zwischen den geometrischen Gebilden müßten Mini-Wurm Löcher spontan im Raumzeit- Schaum auftreten und müßten nicht erst gebaut werden. Die Metrik des Universums fluktuiert zwischen verschiedenen Konfigurationen, wodurch ständig Wurmloch-Abkürzungen entstehen und verschwinden, so daß sich ein oszillierendes Spektrum von möglichen Abkürzungen ergibt. Eine hochentwickelte Zivilisation könnte also im Raumzeit- Schaum nach Wurm Löcher suchen, um sie mit dunkler Energie oder der kosmologischen Konstante oder exotischer Materie auf makroskopische Größe aufzublähen und seine Eigenschaften so verändern, daß es passierbar wird und es - vielleicht zwischen Casimir-Platten eingeklemmt - an den gewünschten Ort bringen.

Eine andere Denkmöglichkeit wären kosmische Wurm Löcher, die sich dadurch auszeichnen, daß sie stabil und ständig offen sind und auf beiden Seiten keinen EH haben, damit man in beide Richtungen reisen

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurm Löcher

kann. Außerdem müssen sie frei von Singularitäten und gefährlich hohen Gezeitenkräften sein, damit Reisende nicht noch vor dem Eintritt ins Wurmloch und bei dessen Passage in ihre Atome zerrissen werden; darin unterscheiden sich passierbare Wurm Löcher von z.B. ERBs.

Auch wenn die beiden Wurmloch-Öffnungen im normalen Raum z.B. 1 Kilolichtjahre voneinander entfernt sein können, wäre es möglich, daß die eigentliche Röhre beliebig kurz ist, vielleicht nur 1 km oder 1m, denn das Wurmloch ist in Wirklichkeit eine Verbindung zwischen 2 Bereichen der 4D-gekrümmten Raumzeit. Wurm Löcher lassen sich als Kanäle vorstellen, die durch eine 4. räumliche Dimension verlaufen, dabei verbinden sie möglicherweise verschiedene Raumzeiten innerhalb unseres Universums oder sogar verschiedene Universen miteinander, ohne daß man die dazwischenliegende Entfernung zurücklegt. Allerdings können sie nur bei ultrahohen Energiekonzentrationen entstehen.

Eine Typ III oder IV-Zivilisation könnte das Weltall lokal so krümmen, daß Start und Ziel ganz dicht zusammenkommen und nicht mehr Kilo-o. Megalichtjahre voneinander entfernt sind, doch dazu sind jedoch gigantische Massen bzw. Energien sowie negative Materie nötig, um das Wurmloch, genauer ein permanentes Lorentzsches Wurmloch offen zu halten. Diese Art von Wurmloch läßt sich übrigens noch in 2

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-Antriebe: Warpantrieb, Wurmlöcher

Unterarten unterteilen, je nach dem, ob das Wurmloch verschiedene Raumzeit- Bereiche eines Universums verbindet oder verschiedene Universen.

Oder sie würde ein quantenmechanisches Wurmloch erweitern - von Plancklänge auf makroskopische Größe; dazu müßte sie es irgendwie festhalten, da diese temporärer weil virtueller Natur sind und nach quantenmechanischen Gesetzen entstehen und verschwinden, vielleicht mithilfe elektrischer Felder und es vielfach vergrößern, indem sie einen negativen Druck auf einen winzigen Bereich des Raumes ausübt und damit eine kontrollierte Mini-Inflation des Raumes erzeugt.

Wie auch immer - Wurmlöcher bleiben nur dann stabil, also offen, wenn es von einem Material mit negativer Masse durchzogen ist, d.h. von exotischer Materie, die nicht zu verwechseln ist mit Antimaterie, denn exotische Materie unterliegt einer Antischwerkraft und würde von der Erde abgestoßen. Um ein Wurmloch mit 1m Innendurchmesser offen zu halten, wäre exotische Materie in der Größenordnung der Jupitermasse erforderlich. Wenn sich mit dem Casimir-Effekt nicht genügend exotische Materie herstellen läßt, könnte man sie evtl. aus kosmischen Strings gewinnen, da diese aus falschem Vakuum bestehen und exotische Materie oder jenen anderen Stoff enthalten, der die Inflation bewirkte.

Teil 02:

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

Antriebe jenseits des
Rückstoßprinzips -

Designerraumzeiten & FTL-
Antriebe: Warpantrieb,
Wurmlöcher

Ein interuniverselles Wurmloch könnte sogar zur finalen Rettungsmöglichkeit werden, sollte unser Universum in einem Big Crunch, d.h. in einer Endsingularität kollabieren. Mit ihm könnten ETIs, darunter auch unsere Nachfahren dem jüngsten Tag entkommen, indem sie in ein jüngeres Universum springen, das ansonsten diesselben Naturkonstanten usw. hätte wie unseres.

Zeitmaschinen

Bei klassischen, Nicht-Raumzeit-modifizierten FTL-Reisen wird der Gamma-bzw. Taufaktor und somit auch Masse, Länge und Zeitfluß des Raumschiffs imaginär. Imaginäre Zahlen in unserem Universum sind in einem anderen real, das sich auf der anderen Seite der Lichtmauer befindet. Allerdings verhindert die Lichtmauer Wechselwirkungen zwischen Tardyonen und Tachyonen; außerdem sind Tachyonen akausal, d.h. sie reisen in der Zeit zurück⁹⁸. Sollten keine FTL-Reisen möglich sein, ließe sich vielleicht der Hyperraum als Abkürzung nehmen oder als Möglichkeit, die Lichtmauer und den exponentiellen Treibstoffbedarf aufgrund der relativistischen Massezunahme zu umgehen. *Wurmloch-"FTL"* ist nur scheinbar, da vom Bezugssystem abhängt. Diese Lokal-FTL verstößt nicht gegen SRT und ART da diese lokalen Charakter haben.

Der Hyperraum läßt sich als "benachbartes" höherdimensionales Universum vorstellen, das viel kleiner als unseres ist. Nach der isomorphen Darstellung entspricht jeder Punkt im Hyperraum einem Punkt in unserem Universum.

Die Quantenphysik faßt die Bausteine der Materie als Wellen im

⁹⁸ Sind sie dann Antimaterie ? Vergangenheitsreisende Tardyonen sind in Feynman-Diagrammen = Antimaterie .

Quantenfeld auf, als Fluktuationen des "leeren" Raums, wobei Materie stabile Muster dieser Quantenwellen sind und mit genügend Energie Materie aus "Nichts" entstehen kann.

Auf der Skala, auf der Quantenmechanik und Gravitation zu einer Kraft verschmelzen, soll das Universum eine schaumartige Struktur haben mit zahlreichen Quanten-Wurmlöcher, die die verschiedenen Teile des Weltalls oder sogar des Multiversums durch den "Superraum" hindurch miteinander verbinden. Relativität und Kausalität stehen zu den Quanten-Wurmlöcher nicht in Widerspruch, da die Superraum-Quanten-Wurmlöcher äußerst klein sind, selbst Elektronen sind 10^{20} mal größer; Superzivilisationen könnten sie nur nutzen, indem sie diese mit einem Inflationsmechanismus ähnlich dem des Urknalls expandieren ließen.

FTL würde keine Nullzeit-Kommunikation möglich machen, da dies Relativität und Kausalität verletzen würde. Wegen der Unschärferelation scheint das Universum nichtdeterministisch zu sein, sondern sich solange in Superposition mit Wahrscheinlichkeitsfunktionen zu befinden, bis eine Messung diese Wellenfunktion kollabieren läßt (Kopenhagener Deutung einerseits, Bifurkation und Viele Welten Theorie andererseits). Daher haben wir (wohl) auch einen freien Willen. Wenn keine verzugsfreie FTL-Kommunikation möglich ist, läßt sich stattdessen vielleicht die Verschränktheit für einen instantanen Informationsaustausch nutzen?

Gibt es also so oder so zwischen jedem Teilchenpaar eine FTL-Verbindung, evtl. durch Quanten-Wurmlöcher ? Quantenphänomene

könnten ein Indiz dafür sein, daß Information nichtklassisch weitergegeben wird - dann wäre die Vorstellung supraluminaler Informationsweitergabe gegebenenfalls doch nicht so unvernünftig? Zeitreisen, also Vergangenheitsreisen führen in Paralleluniversen: das Antimaterie-Universum, das tachyonische Universum, Bifurkations-Universen, zeitverschobene Universen, die in den Lücken zwischen unseren eigenen elementaren Zeiteinheiten existieren könnten - außerhalb unseres Universums - im Hyperraum, im Multiversum. Die Innenseite eines Schwarzen Lochs ist gewissermaßen "außerhalb" unseres Universums; wenn es einem eigenen Universum entspricht, könnte es dann Mechanismen zur Übertragung von Masse und Energie geben?

SEKOs

sind superextreme **Kerr-Objekte**; im Gegensatz zu einem rotierenden Schwarzen Loch ist ihr gesamter Drehimpuls größer als ihre Gesamtmasse. SEKOs machen Zeitreisen erheblich einfacher als Kerr- oder Kerr-Newman-Objekte, da es bei einem SEKO keinen EH gibt. SEKOs besitzen also nackte Ringsingularitäten. Die Ringhülle, die Region, in der man durch Umkreisen der Rotationsachse Zeitreisen unternehmen kann, ist so groß, daß sie das ganze Weltall ausfüllt - gäbe es also auch nur ein einziges dieser Objekte, würde das gesamte Universum zu einer Zeitmaschine. Durch mehrfaches Umkreisen der

SEKO-Achse ließe sich beliebig in die Vergangenheit oder Zukunft reisen. Allerdings versagen die uns bekannten Naturgesetze nahe Singularitäten und es könnte alles mögliche und unmögliche geschehen...nur die quantengravitative TOE könnte Vorhersagen liefern und die Probleme lösen.

Zeitreisen mithilfe kosmischer Strings

Da ein kosmischer String unendlich lang ist und die nötige Dichte von 1 Sonnenmasse pro Meter hat, und falls er außerdem schnell genug rotiert, könnte sich um den String eine Zeitschleife bilden. Trotz seiner großen Dichte bleibt die Raumzeit flach, egal wie nahe man ihm auch kommen würde, doch der umgebende Raum nimmt Kegelform an. Statt eines rotierenden Strings ließen sich für eine String-Zeitmaschine auch 2 Strings verwenden, die sich ultrarelativistisch parallel in entgegengesetzte Richtungen aneinander vorbei bewegen; um dieses Stringpaar bildet sich dann ebenfalls eine Zeitschleife. Astronauten würden in die Vergangenheit reisen, indem sie das Stringpaar auf einer riesigen Kreisbahn umrunden. Die beiden Strings hätte einen sehr großen zeitlichen Bumerangeffekt und würden die Raumschiffe in die Vergangenheit schleudern. Statt unendlich langer Strings ist die Wirkung die gleiche, wenn ein geschlossener ovaler kosmischer String aufbricht und die Fragmente knapp aneinander vorbeifliegen. Ein Teil der Gesamtmasse des Strings muß aus "imaginärem" Material bestehen; diese imaginäre Masse ist jedoch nicht dasselbe wie exotische negative

Masse. "Imaginär" bezeichnet eine mathematische Eigenschaft, die mit der Quadratwurzel einer negativen Zahl zusammenhängt. Eine Zahl, die mit sich multipliziert eine negative Zahl ergibt, ist imaginär, weil sie sich von normalen, reellen Zahlen unterscheidet und eigene Regeln hat.

Zeitmaschinen aus Wurmlöchern

Wurmlöcher ließen sich aufgrund der Äquivalenz zwischen Raum und Zeit in der ART am wahrscheinlichsten als Zeitmaschinen verwenden - eher als SEKOs, FTL-Reisen, kosmische Strings, die Tiplersche Zeitmaschine usw.

Nehmen wir an, eine Superzivilisation - vielleicht auch unsere Nachfahren - baut eine Zeitmaschine, die aus 2 Kammern besteht, die jeweils 2 parallele Metallplatten enthalten, zwischen denen derart starke elektrische Felder erzeugt werden, die stärker sind als alles, was heutige Technik leisten kann; diese sind so stark, daß sie das Gewebe der Raumzeit zerreißen und ein Loch in der Raumzeit entstehen lassen, welches die beiden Kammern miteinander verbindet. Eine Kammer wird nun in ein ultrarelativistisches Raumschiff verfrachtet, die andere bleibt auf der Erde (oder im erdnahen Weltraum - aus Sicherheitsgründen). Da ein Wurmloch wie gesagt 2 Raumregionen mit unterschiedlichen Zeiten verbinden kann, geht die Uhr in der relativistischen Kammer langsamer als die Uhr auf der Erde (im Inertialsystem). Also vergeht die Zeit an

beiden Wurmloch-Enden *unterschiedlich*, so daß jeder, der sich in ein Wurmloch-Ende begibt, sofort in die Vergangenheit oder Zukunft, in der sich das andere Ende befindet, geschleudert würde.

Eine andere Zeitmaschine basiert auf exotischer Materie; ließe sie sich wie Metall formen, wäre ein Hohlzylinder ideal. Dieser verformt die Raumzeit in seiner Umgebung und schafft dadurch ein Wurmloch, das 2 ferne Teile des Universums mit verschiedenen Zeiten verbindet. In seiner Mitte könnte sich ein Mensch befinden, der keine größere Gravitationsbelastung als 1g erfährt, wenn er in das Wurmloch "gesogen" wird und sich instantan am anderen Ende des Weltalls wiederfindet.

Könnte man mithilfe des Casimir-Effektes Objekte mit negativer Energie und damit aus exotischer Materie herstellen, deren Energiegehalt geringer als der des Vakuums ist, wären wir fähig, exotische Raumzeit- Konfigurationen zu erzeugen, in denen die Zeit zu einem Kreis gebogen wird. Mit negativer Energie lassen sich außer Zeitreisen auch Antigravitation u.v.a. Phänomene ermöglichen.

Ein Modell geht von 2 Wurmlöcher mit weit getrennten Öffnungen aus, von denen sich eines relativ zum anderen relativistisch bewegt. Die erste Öffnung des statischen Wurmlochs befinde sich nun nahe an der 2. Öffnung des bewegten Wurmloch und umgekehrt. (Möglicherweise sind die Wurmloch-Öffnungen elektrisch geladen, um sie zu bewegen.) Um in die Vergangenheit zu reisen, müßte ein Exe, d.h. eine posthumane KL durch das statische und bewegte Wurmloch fliegen, d.h. zuerst

SRT-Dilatation geht die Uhr an der bewegten Öffnung langsamer als an der stationären Öffnung; damit zeigt sie eine frühere Zeit an als die Uhr an der stationären Öffnung, d.h., daß beide Wurmloch-Öffnungen dem Zwillingsparadoxon⁹⁹ unterliegen.

Dadurch, daß sich die dynamische Öffnung beschleunigt von der ruhenden wegbewegt und sich ihr wieder annähert, vergeht ihre Eigenzeit langsamer als die der stationären Öffnung. Wenn man sich nun von der stationären zur bewegten Öffnung begibt,

Die bewegte Öffnung entfernt sich erst beschleunigt von der stationären und nähert sich ihr dann wieder. Dadurch altern Uhren und Beobachter langsamer als im Bereich der stationären Öffnung. Bewegt man sich von

⁹⁹ Das Zwillingsparadoxon wurde zu einem solchen, weil man annahm, daß sich sowohl die Rakete als auch die Erde relativ zueinander in schneller Bewegung befinden und sich dadurch auch ihre Uhren bzw. Eigenzeiten relativ zum jeweils anderen System verlangsamen müßten; nach dieser symmetrischen Betrachtungsweise hätte es also in beiden Bezugssystemen zur Dilatation kommen müssen. Doch tatsächlich ist dieses Verhältnis asymmetrisch, denn der im Raumschiff befindliche Zwilling erfährt eine Beschleunigung, die der irdische Zwilling nicht hat - die Erde gilt hier als Inertialsystem. Der Erdzwilling wird zwar nicht beschleunigt, aber stattdessen könnte er eine gravitative Zeitdehnung erzeugen, indem er irdische Oberflächenschwerkraft enorm erhöht; überleben könnte er dies, indem er sich im kräftefreien hohlen Kern genau in der Erdmitte aufhält; die Erde hätte in diesem Fall einen Radius, der sehr dicht an ihren Schwarzschildradius heranreichen würde.

der stationären zur bewegten Öffnung, und nutzt deren zeitliche Differenz, wird die Reise in die Vergangenheit möglich. Wenn man durch das Wurmloch zum Ausgangspunkt zurückkehrt, läßt sich die Zeitdifferenz effektiv ausnutzen. Also brächte man Vergangenheitsreisende zur stationären Wurmloch-Öffnung, läßt sie einen externen Flug, also außerhalb des WL, zur bewegten Öffnung machen. Dort würden sie feststellen, daß an ihr viel weniger Zeit vergangen ist als an der stationären Öffnung. Kehren sie nun *durch* das Wurmloch zum Ausgangspunkt, d.h. zur stationären Öffnung zurück, tauchen sie dort zu einer früheren Zeit auf - sie sind tatsächlich in der Zeit zurückgereist. Indem man die relativen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen beider Öffnungen verändert, ließe sich jede beliebige zeitliche Verschiebung erreichen - Stunden, Jahre, Jahrhunderte...

Angenommen, im Jahr 2500 fliegt eine posthumane KL in die Nähe der stationären Öffnung einer Wurmloch-Zeitmaschine, überwindet den Raum zwischen den Öffnungen und passt dann seine Geschwindigkeit an die bewegte Öffnung an, wo man erst das Jahr 2490 schreibt. Dann fliegt sie durch das Wurmloch und kommt 2491 aus der stationären Öffnung(wenn die Wurmloch-Durchquerung z.B. 1 a dauert).

Ein Zeitunterschied zwischen den Wurmloch-Öffnungen läßt sich auch herbeiführen, indem eine Öffnung in die Nähe eines Schwarzen Lochs gebracht wird.

CTCs - geschlossene zeitartige Kurven, also Vergangenheitsreisen -

sind akausale Strukturen und nur dann möglich, wenn sie dem Selbstkonsistenz-Prinzip genügen, um Zeitreiseparadoxa zu umgehen. Eine lokale Handlung sollte konsistent - widerspruchsfrei- zur Gesamtentwicklung des ganzen Universums (auch des Multiversums ?) sein. Vergangenheitsreisen sind also zulässig, wenn sie den natürlichen Gang der Welt nicht verändern, sondern die Vergangenheit nur so verändern, wie es sowieso *vorgesehen* war. (steht die Zukunft also schon fest? ist sie determiniert? was ist mit dem freien Willen?) Möglicherweise landen Zeitreisende aber auch - laut einer vollständigen Quantengravitation - in Paralleluniversen, dann bräuchten Reisen in die Vergangenheit auch nicht selbstkonsistent zu sein. Die Quantenmechanik folgt dann nicht der Kopenhagener Deutung, sondern der Viele-Welten-Interpretation.

Falls diese trans / hypergalaktischen / universalen Verbindungen eines Tages fertig sind, wird ein neues Zeitalter funktionaler Wurmloch-Technik beginnen. Mit ihrer Hilfe werden sich unsere - menschlichen ? - Nachfahren über die Erde hinaus über die ganze Galaxis und vielleicht noch weiter, das Universum, das Multiversum ... ausbreiten und entfalten.

Ein fiktiver Ausblick in die mittlere Zukunft:

Mit Weltraumfahrtstühlen und Raumfähren gelangen Reisende zu einer Raumstation, auf der dauerhafte Einrichtungen für Handel, Freizeit,

Industrie und Wissenschaft existieren, die aber auch als Zwischen- und Umsteigestation dient. Von ihr legen auch Photonen/Quantenraketen ab, die mit etwa $0,75 c$ zu einer fast 160 Milliarden km entfernten WORS, einer Wurmloch-Orbit-Raumstation nahe eines künstlichen Wurmlochs fliegen, das die Sonne dort draußen umkreist. Für die 160 Mrd. km braucht das Schiff gut 1 Woche. Die WORS umkreist das Wurmloch in 5 km Entfernung, das zwar viel kleiner als die Sonne ist, aber ungefähr deren doppelte Masse hat. Die große Entfernung zur Sonne erklärt sich dadurch, daß es in dieser großen Entfernung nur geringe Gravitationswirkungen auf Sonne und Planeten hat. Die WORS ist hauptsächlich RAUmhafen für Wurmloch-Spezialschiffe, außerdem wird von ihr aus der Wurmloch-Eingang kontrolliert¹⁰⁰: Roboterfrachtschiffe mit exotischer Materie können notfalls in den Wurmloch-Tunnel geschickt werden und sie an den erforderlichen Stellen abladen, bevor sie von den Scherkräften zerrissen werden. Sie verfügt über ein KW, das die exotische Materie sowohl aus der Paarvernichtung von magnetischen Monopolen als auch der Annihilation von Materie und Antimaterie erzeugt. Ein anderes WORS-Kraftwerk synthetisiert negative Masse aus einem Mini-SL, das sich in einem nahen Kometen befindet und zufällig in diesem gefunden wurde. Man wurde darauf aufmerksam aufgrund einer gravitativen Anomalie - der Komet war schwerer als er sein sollte...

¹⁰⁰ höre ich da "DS9" ?

Die Antimaterie wird z.B. vom Merkur geliefert, auf dem sie in Barthschen KWs erzeugt wird. Einige Monopole wurden in einem uralten, offensichtlich unbemannten, fremden Raumschiffe gefunden, das sich der Sonne auf 0,2 Lichtjahre näherte...allerdings wurde auch spekuliert, daß dieses "Ufo" ein Zeitreiseschiff sein könnte...

Schließlich gehen alle Passagiere, die in andere Teile der Milchstraße reisen wollen, an Bord einer Wurmloch-Spezialfähre. Bordcomputer steuern es zum und durch das WL; den Reisenden erscheint die Öffnung wie eine dunkle rechteckige Scheibe, die das Licht naher Sterne ausblendet. Ein kurzer Ruck - und sie befinden sich im Inneren des Tunnels, weit ab von aller exotischen Materie. Nach ein paar Minuten zeigen sich wieder Sterne am Himmel; nach dem Austritt braucht die Wurmloch-Fähre noch einen Tag bis sie auf der galaktischen Zentralstation andockt. Im galaktischen Kern, der praktisch ein Super-Kugelsternhaufen ist, befinden sich tausende von Wurmloch-Öffnungen, alle in ca 10^8 km Entfernung. Sie führen in alle Teile der Galaxis und die Zentralstation bildet den transgalaktischen Knotenpunkt, wo alle Hin- und Rückflüge zusammenlaufen, auch zu anderen Galaxien - von einer galaktischen Zentralstation zur anderen.

Der Rückflug zum Sonnensystem verläuft etwas anders, nämlich über ein Zeitreise-Wurmloch, danach fliegt es durch den normalen Raum knapp lichtartig, also relativistisch. Die Zeitreise führt sie soweit in die Vergangenheit, wie ihnen durch den Flug von und zur Erde verlorengegangen ist, so daß sie durch den interstellaren Flug (fast)

keinen Zeitverlust haben. Nun steuert die Fähre das Wurmloch an, das sie in Sonnensystem bringt und taucht nahe der WORS wieder auf. Dort steigen die Heimreisenden in Raketen um, die sie zur Erde, zum terraformierten Mars und zur ebenfalls umgewandelten Venus und zu den zahlreichen Weltraumstädten bringen.

Falls dieses oder ein ähnliches Szenario keine Fiktion bleibt, würde die Existenz solcher befahrbarer Wurm Löcher unsere Gesellschaft radikal umgestalten und uns sogar mit ETIs in Verbindung bringen. Weiterhin wäre eine 2. Renaissance, ein neues Zeitalter der Entdeckungen die Folge; Kunst, Literatur, Musik und Wissenschaft würden einen zusätzlichen radikal neuen Aufschwung erfahren, dessen Impulse nicht von dieser Welt sind. Ein neues Entdeckungszeitalter stünde bevor - auch ohne ETIs und CETI. Aber falls wir doch Kontakt mit einer Superzivilisation bekommen sollten¹⁰¹ Wurm Löcher könnten uns sogar vor dem Untergang des Universums retten, ob es nun in Kälte¹⁰² oder im Feuer¹⁰³ untergeht.

Mit Wurm Löchern können wir uns nicht nur frei in der Galaxis bewegen,

¹⁰¹ das überlasse ich Ihrer Fantasie

¹⁰² Dann ist es ein offenes Universum mit flacher oder negativer Krümmung

¹⁰³ Damit ist die Endsingularität eines geschlossenen Universums mit positiver Krümmung gemeint.

sondern evtl. sogar das Ende der Zeit überdauern. Dieses neue Wurmloch-Zeitalter könnte uns neue Kraft und Sinn und Intensität spenden; die Entdeckung von Pulsaren, Schwarzen Löchern und Quasaren wird uns neue enorme Energiequellen erschließen. Mit speziellen Zeitreise-Wurmlöcher könnten wir die Einbahnstraße verlassen und in Vergangenheit und Zukunft reisen um unseren Ursprung und unsere Bestimmung zu finden; es sei denn, wir geben uns unsere Bestimmung selbst.

Zusammenfassend

läßt sich feststellen, daß der Energieinhalt chemischer Treibstoffe ziemlich gering ist, aber die Energiebelastung sehr groß ist, was durch eine "leere" Brennkammer, gute Kühlung und kurze Arbeitsdauer möglich wird. Bei Nuklearraketen ist die im Durchsatz deponierbare Energie zwar höher, aber die mit dem Reaktor gefüllte Brennkammer verringert die Energiebelastungen. Ionenmotoren haben zwar eine gute Energieabgabe, die jedoch nicht sehr hoch ist, wegen der komplexen Maschinerie, der nur teilweisen möglichen Umwandlung von Wärme in el. Energie und der langen Betriebsdauerenergiebelastung.

Auch wenn ORION mit seinem äußeren NPS nur 10% Wirkungsgrad hat und der von chemische Raketen, Kernenergie raketen und Ionenraketen um 70% liegt, ist die Energiebelastungsmöglichkeit wegen der "offenen" Kammer extrem hoch, wie auch die Energiezufuhr durch die Nuklearexplosionen immens ist: Wirkungsgrade werden

zweitrangig, wenn andere Details sehr günstig sind.

Es läßt sich vorstellen, daß ein Raumfluggerät mit elektromagnetischen und gravitatorischen Kraftfeldern wechselwirkt und dadurch seine Geschwindigkeit und Richtung ändert oder Energie aus ihnen entnimmt. Solare em-Felder, d.h. die Korona der Sonne könnte ein mehrere 100 km großes "Magnetsegel" antreiben. DIE Schwerkraft entfällt als aktive Antriebsquelle, da noch keine Möglichkeit gefunden wurde - und auch noch keine absehbar ist - sie zu beeinflussen. Jedoch sind passive Gravitationsmanöver möglich. Weiterhin ist es nicht auszuschließen, daß durch ein fortgeschrittenes Physikverständnis der ART oder der Quantengravitation negative Schwerkraft herstellbar wird, wie sich überhaupt aus einem besseren Verständnis der Quarks, der Quasare oder der Schwarzen Löcher neue Raumfahrtmöglichkeiten ergeben könnten. Fällt Materie in ein Schwarzes Loch, wird sie vorher zu 10% in Energie umgesetzt, das sind pro kg 2,5 Mrd kWh; dieser Prozeß ist damit noch leistungsfähiger als die Kernfusion und wohl nur noch von der Annihilation, der Paarvernichtung zu übertreffen. Übrigens liegen alle realistischen Systeme unterhalb der theoretischen Idealkurve, was auf technische Unvollkommenheiten zurückzuführen ist, die in "Wirkungsgraden" ausgedrückt werden. Vordergründig wird die vorhandene Raumtransportertechnologie evolutionär weiterentwickelt werden, während auf langfristige Sicht alternative Konzepte untersucht werden: Triebwerke für Brennstoffe mit höherem Energiegehalt oder die Möglichkeiten luftatmender Triebwerke, z.B. für

Hyperschallraumflugzeuge mit mehr als Mach 5. Mithilfe der Mikro- und Nanosystemtechnik wird für ultraplanetare und interstellare Raumsonden eine erhebliche Massenverringerung angestrebt. Weitere raumfahrttechnologische Ziele sind etwa "Ramjets" u.a. Zukunftsraumflugkörper, die ohne Treibstoff auskommen oder ultraintelligente, sich selbst replizierende VNS - von Neumann-Sonden. Doch erst, wenn unsere Nachfahren in vielleicht ferner Zukunft physikalische Denkmöglichkeiten wie lasergetriebene Raumsonden, Antimaterie-Triebwerke, Energie des Quantenvakuums oder sogar Manipulationen der Raumzeit-Geometrie realisieren werden, stünde das Universum (u. evtl. das Multiversum) der Exploration offen.

Erst mit schubkräftigen Antrieben lassen sich kostengünstig Raumschiffe mit mehrköpfiger Besatzung auf interplanetare oder sogar interstellare Reisen schicken. Für interplanetare Raumsonden sind mit gegenwärtiger Antriebstechnik lange ballistische Umwege und gravitationsunterstützte Manöver nötig.

Allgemein sind für viele Antriebskonzepte große Energiemengen erforderlich; die Vakuumenergie, die aus der Unschärferelation folgt, läßt sich nicht als Energiequelle nutzen, da bei ihr kein Gefälle vorliegt. Sie ist das niedrigste Energieniveau; aber Materie hat ein höheres Niveau und wenn Vakuumenergie ein falsches Vakuum wäre, wäre eine Differenz vorhanden und damit nutzbare Energie.

Die Grenzen der Raumfahrt sind weniger technischer Natur, sondern eher in uns selbst, in unserer Physiologie, unserer Psychologie und in

unserer Biologie begründet. Schon die Mondflüge zeigten, daß für Menschen gewisse Grenzen der Erlebnisfähigkeit unüberschreitbar sind und wir nur für irdische Bedingungen geeignet und an ihre Dimensionen sind, wir aber "den Boden verlieren", wenn unsere Zeit-u. Maßverhältnisse ungültig werden, wie es spätestens bei interstellaren Flügen der Fall sein wird. Diese werden auf uns zurückwirken und uns verändern, uns erweitern...

Trotz aller Raumfahrerfolge u.-entwicklungen stehen wir wohl erst am Anfang und der Weg vor uns ist sicherlich viel länger als der bisher zurückgelegte. In der Zukunft wird wohl das meiste eben nicht leichter, da die Schwierigkeiten gerade der "aufregenden" Möglichkeiten nicht absehbar sind, d.h. Lösungen gibt es noch nicht, weil es noch keine Fragen gibt...Trotzdem wird das nächste Jahrhundert seine eigenen - wohl in heute noch undenkbarer Form - Lösungen schaffen: Nanotechnologie u.a. Scheitelpunkttechnologien...

Auch wenn keine uns bis jetzt bekannte Methode den interstellaren Flug garantiert, liegt das größte Problem im Antrieb; jedoch können modernste, d.h. durch Nanotechnologie in Größe und Masse minimierte Nutzlasten wesentliche Erleichterungen bringen; zumal kein Naturgesetz den interstellaren Flug verbietet/ausschließt.

Eine Synthese aus kühnen Ideen, neuen Konzepten und Entdeckungen wird uns oder unsere Nachfahren eines Tages zu den Sternen bringen. Falls wir uns nicht vorher selbst vernichten oder einer Naturkatastrophe zum Opfer fallen, werden wir eines Tages mit Sicherheit zu den Sternen

Teil 02:

Zeitmaschinen

Raumfahrt - Methoden & Antriebe

aufbrechen; wenn unser Sonnensystem ganz erforscht ist, werden wir dem Ruf der Planeten anderer Sterne nicht mehr widerstehen können...wir werden Lichtjahre durchmessen und den Himmel kolonisieren.

Teil 03:
SETI, CETI, Typ I-III-?

Teil 03:
SETI, CETI, Typ I-III-?

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

SETI aber auch SETA sind die Suche nach Radiosignalen oder nach Anzeichen für Astrotechnologien in Form von Emissionen von Ingenieursarbeiten im kosmischen Maßstab oder deren direkte Ergebnisse und Manifestationen, wie z.B. Dysonsphären - *also ahumane Artefakte*¹⁰⁴.

CETI ist die dann darauf folgende, wie auch immer geartete Kommunikation mit ihnen.

Prinzipiell könnte sich C-Leben, carbaquistisches Leben, also Leben, das auf C und Wasser beruht, schon wenige Gigajahre nach dem Urknall entwickelt haben. Aber auch Leben ohne Chemie könnte möglich sein, z.B. Neutronensternleben, das immer dann und dort entstehen könnte, wenn die Wechselwirkungen ausreichend komplex sind und sich eine Ordnungskraft äquivalent den biologischen Gesetzen etabliert. Es könnte sogar auf einem Neutronenstern definiert werden, auf dessen Oberfläche die Temperatur bei etwa 1 Megakelvin und die Schwerkraft bei 1 Billion Erd-g¹⁰⁵ liegt.

¹⁰⁴ daraus entstehend die Cargokulte

¹⁰⁵ Zum Vergleich: die Fallbeschleunigung der Erde beträgt knapp 10m/s^2 und erzeugt eine Gewichtskraft, die fast gleich der schweren Masse ist (die wiederum äquivalent zur trägen Masse ist). Wenn wir uns wiegen, messen

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Nukleare Teilchen bleiben aufgrund der Unschärferelation und dem Paulischen Ausschließungsprinzip minimal beweglich, und aus dieser Beweglichkeit könnte sich eine Ordnung ergeben. Ein solches subatomares Leben wäre jedoch unvorstellbar kurz - sehr viel weniger als 1 Pikosekunde, also den Billionsten Teil einer Sekunde. Danach müßte neue Ordnung entstehen. Durch Zusammenstöße könnten Atomkerne immer komplexer werden, so daß das "Leben" evolvieren würde; Neutronenstern-Leben bewegt sich auf Ebene der Elementarteilchen und somit in einer der kleinsten Dimensionen.

Selbst zwischen den Sternen -und somit auf einer der größten Dimensionen - könnten dermaßen komplexe Wechselwirkungen auftreten, das auch hier der Ordnungsgrad für ein Leben "ohne Chemie" erreicht werden würde; Ordnungskräfte wären interstellare und intergalaktische Schwerkraftfelder. Damit wäre das Universum selbst ein Super-Superorganismus.

Das Weltall an sich könnte zweierlei Formen von Leben enthalten: Plasmoden, die sich in Sternen entwickeln und Radioben, die sich im interstellaren Raum entwickeln. Plasmode bilden durch zufällige Kollisionen zwischen Elektronen und Ionen organisierte Bewegungsmuster. Sie gelten als lebendig, weil sie strukturiert sind und eine Art Stoffwechsel haben, indem sie sich von Energie ernähren und

wir eigentlich unsere Gewichtskraft, die die Einheit (kilo)Newton hat, sprechen aber praktisch von unserer Masse, die die Einheit (kilo)Gramm hat.

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

sie reproduzieren sich, indem sie ungeordnete Teilchenhaufen magnetisch in geordnete umwandeln. Ohne Materie gibt es zwar keine Struktur, aber sie deckt Struktur beziehungsweise Bewußtsein nur z.T. ab; sollte Bewußtsein also auf Struktur und nicht nur auf Materie beruhen, wird die Vielfalt dessen, was "Leben" ist enorm groß. Auf einem Neutronenstern mit einer Oberflächengravitation vom $6,7 \times 10^{10}$ fachen der Erde könnte es platte, amöbenähnliche intelligente Lebensformen von einigen mm Größe geben.

Bei geringerer Schwerkraft werden Organismen entweder größer oder zierlicher. Je geringer die Schwerkraft einer Welt ist, desto weniger Atmosphäre besitzt sie und umgekehrt. Doch mit Kuppeln und ähnlichem wäre es möglich, auch auf einer atmosphärelosen Welt wie dem Mond eine Biosphäre zu errichten.

Die Anzahl von möglichen ETIs könnte höher sein, wenn man Wasserwelten berücksichtigt, bei denen selbst hochentwickeltes Leben nie das Meer bzw. die Hydrosphäre verlassen konnte (etwa auf Io); es könnten Pelztiere sein, deren humanoide Züge ins Robben- oder Otterähnliche gehen oder intelligente Kopffüßer, die sich über Farbwechsel und komplizierte Zeichensprache mithilfe ihrer Fangarme unterhalten.

Allerdings haben sich die meisten irdischen Lebensformen optimal an ihre Lebensbedingungen angepaßt, ohne hochintelligent zu sein oder davon Vorteile zu haben. Also sind intelligente ETIs die Ausnahme oder ist die Entstehung technischer Intelligenz nur eine - zwangsläufige

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

- Zeitfrage ? Denn je geselliger Lebensformen sind und je mehr sie ihre Umwelt manipulieren - aus Überlebensgründen, ästhetischen oder religiösen Motivationen - desto intelligenter werden sie; das könnte eine positive Rückkopplung bewirken... Die Soziologie der ETIs folgt aus deren Ökologie, d.h. die Biologie bestimmt die Art der Gesellschaft.

Wir entwickeln neue technische Systeme, die als "intelligent" gelten können; selbstreproduzierende computergesteuerte Systeme erscheinen möglich - werden sie eine andere Form von Organismus sein und werden sie Leben auf C-Basis ergänzen oder, wenn dessen Existenzbedingungen ungünstig werden, ersetzen ? Wenn ETIs ähnliche Schwierigkeiten in der Raumfahrt haben wie wir, dann sind Überlegungen hinsichtlich unserer künftigen Raumfahrtmöglichkeiten oder evtl. Besuche von ihnen einander äquivalent; dann ist es auch legitim, auf Vorschläge zurückzugreifen, die für künftige menschliche Weltraumunternehmen gemacht werden, dabei gelten nur physikalische und biologische Kriterien.

Es kann gut sein, daß ETIs nicht in ihrer nativen Daseinsform zu uns kommen, sondern als transgene LFs, als KLs, als Emulationen oder Gott weiß was... (KENE): Aussehen, Struktur und Ökologie der ETIs sind potenziell äquivalent zu unserer ZUkunft, in der wir unsere Struktur auf andere Materieformen beziehungsweise Substrate transferieren, etwa um Neutronensterne zu besiedeln, uns in den Cyberspace, dessen VR

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

und deren Vollzugsebenen "beamen" als Exes, wie z.B. als multireale¹⁰⁶ Upload-Emulationen die Noosphäre und den Scheitel-beziehungsweise den Omegapunkt erschaffend...

ALFs - außerirdische Lebensformen - könnten sich zu einer höheren Einheit verbinden; durch symbiotische Einheiten könnten extreme Umwelten wie z.B. die Venus oder die Sonne erschlossen werden. Die Symbiosepartner könnten sogar räumlich getrennt agieren (aber Lichtmauer beziehungsweise Zeithorizont), wären aber durch Radiowellen verbunden und würden sich synchron verhalten. Vielleicht erschaffen hochentwickelte Lebensformen auch extra Lebenschimären für Weltraumreisen, dabei wären Kombinationen zwischen einer intelligenten bioiden Lebensform und deren Maschinen denkbar; die "Symbiose" würde eine technische Erweiterung erfahren und die Gemeinschaft zwischen dem biologischen und dem künstlichen, technischen Partner wäre wohl ähnlich wie zwischen einem Behinderten Menschen und seinen Prothesen - vielleicht ist die Kausalität auch umgekehrt und der künstliche Part primär...oder eine solche begriffliche Trennung stellt sich als bedeutungslos heraus.

Wenn unser Planet wirklich der einzige ist, auf dem es "höheres" Leben gibt, wird sich Leben mit großer Wahrscheinlichkeit zu anderen Welten ausbreiten; allein diese Möglichkeit sollte uns die implizite kosmische

¹⁰⁶ "multireal": andere Raumzeiten, imaginäre Realitäten wie etwa das ST-Holodeck usw.

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Verantwortung vor Augen führen, denn wir wären es, die eine Wertvorstellung in das Universum einbringen oder ihr Ausdruck verleihen. Falls wir jemals im vollen Bewußtsein unseres Handelns nach den Sternen greifen, liegt in der Transformation anderer Biosphären oder in der unsrigen eine hohe moralische Verantwortung mit entsprechenden Konsequenzen.

Da das Universum so ungemein interessant und wissenswert ist, sollten sich geistige und technische Aktivitäten auf das konzentrieren, was wirklich konstruktiv und zukunftssträchtig ist. Es geht um eine neue Einstellung, eine neue Haltung gegenüber der Freude und der Befriedigung das Universum zu verstehen, von dem wir ein organisierter, denkender Teil sind.

Unser Wachstum ist exponentiell, d.h.: der Energieverbrauch der Menschheit liegt bei etwa 10^{13} W und steigt seit 60 Jahren um einige Prozent pro Jahr an; selbst wenn man von einer Zunahme von nur 1% pro Jahr ausgeht, erreicht die Leistungsaufnahme in 3,2 Kilojahren die gesamte abgestrahlte Leistung der Sonne von 4×10^{26} W und in 5,8 Kilojahren die von unsere Galaxis abgegebene. Die von uns verarbeitete Informationsmenge wird bei 10% Zuwachs pro Jahr in 2 Kilojahren um das 10^{80} fache zugenommen haben und würde - in Bit gemessen - die Anzahl der Atome in der Metagalaxis weit übertreffen, damit könnte sie auch in keinem materiellen Speicher mehr untergebracht werden.

Diese exponentielle Zunahme gilt auch für die Bevölkerungsentwicklung: bei 10t Materie pro Person würden wir bei

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

4% Zuwachs pro Jahr in 2 Kilojahren die Masse von 10^7 Galaxien benötigen ! Menschliche Aktivität kann über menschliche Zeiträume extrapoliert zu Aktivitäten von kosmischen Ausmaßen führen.

Geht man vom Energieverbrauch der 1960er aus und nimmt einen Zuwachs von 1% pro Jahr an, wäre in 3,2 Kilojahren ein Energieverbrauch erreicht, der dem der Sonne entspräche; schon in 5,8 Kilojahren wäre der Energieverbrauch von 10^{11} Sternen erreicht - einer ganzen Galaxie !

Das hat zum einen die Konsequenz, daß wir bei SETI die mögliche Existenz von Superzivilisationen nicht ausschließen dürfen und 2., daß unser exponentielles Wachstum wie auch bei ETIs nur eine Übergangsphase sein kann und durch die Lichtmauer unvermeidlich beschränkt werden wird; auch wenn uns die Eroberung des Weltalls Platz, Material und Energie verschafft. Das Wachstum einer - menschlichen? - Superzivilisation muß innerhalb eines Kilojahres von einem exponentiellen Verlauf zu einem langsameren übergehen, der proportional zum Quadrat der Zeit ist. Trotzdem können sie existieren, zwar viel weniger gefräßig und gebärfreudig, aber dennoch weiter fortgeschritten als wir; die Astrotechnologien beherrschen und von denen Ingenieursarbeiten im kosmischen Maßstab stammen können...

Der Stand unserer Zivilisation ist im kosmischen Maßstab gesehen nur ein Wimpernschlag, denn was sind einige Kilojahre im Vergleich zu Gigajahren ? Mit uns vergleichbare Zivilisationen werden sehr unwahrscheinlich sein und deshalb müssen andere extraterrestrische

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Zivilisationen im Vergleich zu uns entweder viel primitiver und sehr schwer nachzuweisen oder sehr viel höher entwickelt und damit nachweisbar sein, wenn wir die Daten der Quasare, Hintergrundstrahlung usw. richtig deuten.

Eine Typ 0-Zivilisation wie wir bezieht ihre Energie größtenteils aus fossilen Brennstoffen und noch aus der rohen Muskelkraft. Unsere Computer können noch nicht einmal das Wetter vorhersagen, von einer Kontrolle ganz zu schweigen.

Unsere Zivilisation befindet sich jedoch optimistisch gesehen im Übergang zum Kardashev-Typ I, die physikalische Grundgesetze nutzt und Energie für interstellare Kommunikation aufwendet. Typ I verfügt über Planetare Ressourcen und hat einen Energieumsatz von 1 TW - $10 \text{ TW} = 10^{12}$ bis 10^{13} W

Sie setzt Leistungen um, die vergleichbar mit der sind, die der Planet X von der Sonne Y empfängt; sie verfügt über die Energiequellen eines ganzen Planeten. Sie beherrscht das Wetter, verhindert aktiv Erdbeben, baut evtl. Rohstoffvorkommen tief in der Erdrinde ab¹⁰⁷ und macht sich den Reichtum der Weltmeere zunutze. Eine solche Zivilisation hat die Erforschung ihres Sonnensystems bereits abgeschlossen.

¹⁰⁷ siehe aber Weltallressourcen

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Um dem ökologischen Kollaps zu entgehen, müssen wir, muß jede technische Zivilisation auf CO₂-freie Energiequellen umsteigen, die auch im wesentlichen unerschöpflich sein müssen: Sonnenenergie und deren Abarten, Fusions-Kraftwerkes und Brutreaktoren; am aussichtsreichsten sind die Sonnen- und die Fusionsenergie, die uns bis zum Übergang zu Typ I in einigen Jahrhunderten reichlich Energie liefern werden. In den nächsten Jahrzehnten noch fossile Brennstoffe und andere Kohlenwasserstoffe, davon zunehmend Methanhydrat statt Kohle und Öl, außerdem Atomkraftwerke, Sonne, Wind usw. Um das Typ-I-Stadium zu erreichen, ist sehr viel globale Kooperation notwendig, um die planetaren Ressourcen wirklich zu nutzen.

Wenn wir die Uranbarriere, also den Atomkrieg und den ökologischen Kollaps vermeiden, könnte unsere Zivilisation in wenigen Jahrhunderten (oder mit Scheitelpunkttechnologien schon in wenigen Jahrzehnten) das Typ-I-Stadium erreichen und z.B. mit LST in der Lage sein, das Wetter zu beherrschen. Gelingt es uns, mindestens dieses Stadium zu erreichen, noch bevor die nächste Eiszeit aus welchen Gründen auch immer kommt, stehen die Chancen gut, daß wir eine solche Klimaveränderung überstehen. Also entweder verändern wir das Wetter beziehungsweise das Klima und verhindern die Eiszeit oder wir verzichten auf jede Technologie und werden von der Erde verschwinden - aktiv oder passiv. Um schließlich die 10. Dimension und damit den Hyperraum meistern zu können, müssen wir die Uranbarriere, den ökologischen Kollaps, Eiszeiten, Impakte, Supernovae-Explosionen,

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

den Tod der Sonne und der Milchstraße überwinden.

Doch damit nicht genug; um sich vor einer Supernova in Sicherheit zu bringen, müßte sie sich schnellstens im All in Sicherheit vor ihnen bringen und weiterhin Sterne bis in gut 20 Lichtjahre Entfernung sorgfältig zu überwachen, die sich an der Schwelle zum Supernova-Stadium befinden.

TypI ist interplanetar und betreibt Terraforming.

Das Raumfahrtprogramm einer solchen raumfahrtbetreibenden Kultur könnte auf "Astrochicken" beruhen: vielseitige Raumsonden, die klein, leicht und intelligent sind. Die gut 1 kg wiegen und nicht 1t wie die Voyager-Sonden; man wird sie nicht bauen, sondern züchten, sie werden so wendig wie ein Kolibri sein und ihr Gehirn wird nicht mehr als 1g wiegen. Astrochicken werden teils Maschinen und teilweise Tier sein und auf den fortschrittlichsten Entwicklungen in der Bio-/Gentechnologie, KI und solarelektrischen Antrieben beruhen.

Trotz ihrer geringen Größe werden sie genug Energie haben, um die äußeren Planeten zu erkunden - ohne riesige Treibstoffmengen zu brauchen, denn durch Züchtung und Programmierung werden sie fähig sein, das Eis und die Kohlenwasserstoffe zu fressen, die in deren Ringen vorkommen; ihr gentechnisch manipulierter Magen wird diese Stoffe in chemischen Brennstoff umwandeln. Wenn sie satt sind, fliegen sie den nächsten Planeten oder Mond an.

Würden unsere Nachfahren alle Planeten des Sonnensystems und die gesamte Energieabgabe der Sonne nutzen, wäre ein Wachstum um das

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Billionenfache möglich, dafür müßten jedoch riesige Strukturen - vielleicht von der Größe einiger Lichtsekunden bis Lichtminuten - im Sonnensystem errichtet werden, indem die Planeten komplett zerlegt werden: ein riesiges elektrisches Leitungsnetz würde z.B. über die Erde gelegt. Mit dem von ihm erzeugten Magnetfeld würde dann die irdische Rotationsgeschwindigkeit erhöht werden, so daß nach etwa 40 Kilojahren ein Tag nur noch 100 Minuten dauern würde und am Äquator die ersten Brocken ins All entweichen, aus denen eine gigantische Hülle um die Sonne gebaut wird - eine Dysonsphäre mit 300 Millionen km beziehungsweise über 16 Lichtminuten Durchmesser. Macht man das mit den anderen Planeten auch, ließe sich prinzipiell die gesamte Masse eines Planetensystems und die gesamte Energie des jeweiligen Zentralsterns innerhalb einiger 10 Kilojahre nutzen.

Eine TypII-Zivilisation ist viel weiter als Typ I entwickelt und beherrscht die Energie ihrer Sonne selbst, dazu nutzt sie die Sonnenenergie nicht nur passiv über Kollektoren usw., sondern zapft die Sonne direkt an. Ihr Energiebedarf ist dermaßen hoch, daß sie die Sonnenenergie direkt benutzt, um ihrer Maschinen, z.B. MHD-Generatoren anzutreiben. Sie beginnt weiterhin mit der Kolonisierung naher Sternensysteme.

Sie verfügt über die gesamte Energie eines Sterns, z.B. ihres Zentralgestirns = 10^{26} W, indem sie zum Beispiel Dysonsphären aus Planetarem oder stellarem Material errichtet; eine immens große,

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

sternenumhüllende Membran, mit der sich dessen Energie auffangen läßt. Sie würde die Energie ihrer Sonne damit total ausnutzen, außerdem könnte sie alle anderen Planeten innerhalb dieser Sphäre besiedeln; ihre Ökosphäre, die dem Gigafachen der Erdoberfläche entsprechen würde, würde sich mit ihr enorm vergrößern. Unsere Nachfahren würden auf ihrer Innenseite leben, auf der immer Mittag wäre.

Eine solche Sphäre würde aus thermodynamischen Gründen einen Großteil dieser Sternenenergie als IR-Strahlung wieder in den Weltraum abgeben, wodurch sich diese Superzivilisation indirekt bemerkbar machen würde.

Die Außenseite dieser undurchsichtigen Hohlkugel würde als Radiator für die Abwärme dienen¹⁰⁸. Diese transstellare Konstruktion stellt thermodynamisch gesehen ein offenes System dar. Spektrale Abweichungen durch Hüllenrisse und von starken elektromagnetischen Feldern erzeugte Radiostrahlen wären weitere Anzeichen eines künstlichen Ursprungs.

Eine "Dyson-Sphäre" ist in mehreren Varianten denkbar: der Dyson-Schwarm erscheint am realistischsten und besteht aus einer großen Anzahl von Solarkollektoren, die den Stern X umkreisen. Sie besitzen unterschiedliche Formen und Größen und können unter

¹⁰⁸ Thermodynamik: offenes System

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Umständen autonome Habitate bilden.

Die Schale ist eine weitere feste Form und umschließt den Stern vollständig. Sie müßte aber rotieren, damit sie einen gewaltigen Lebensraum bilden kann; dann könnte es entlang des Äquators auch eine Atmosphäre usw. geben; ansonsten hat eine symmetrische hohle Sphäre keine innere Schwerkraft und die solare Gravitation würde sie anziehen. Falls sie nicht rotiert, könnte man stattdessen auf ihrer Außenseite leben, jedoch hätte die Sonne beim Erdbahnradius eine Oberflächenschwerkraft von nur $5,93 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$.

Eine rein statische Verwirklichung mit heutigen Materialien erscheint aufgrund enormer Tangentialkräfte und daher mangelnder Druckfestigkeit jedoch ausgeschlossen (aber Schwerelosigkeit?); dazu braucht es vielleicht neuartige Werkstoffe wie etwa nanoporöse Metallschäume, die etwa 10 Mega-Newton pro mm^2 erreichen. Andererseits ließe sich die Druckfestigkeit durch Fliehkräfte verringern, indem Teile der Schale um die Sonne rotieren.

Die Dyson-Blase ist sehr massearm und wird durch den solaren Strahlungsdruck und den Sonnenwind stabilisiert, so daß kein Stützgerüst nötig ist. Ihr Material würde den größten Teil des VIS-Lichtes zur Energiegewinnung absorbieren und den Stern damit verdecken. Eine derartige Blase mit Erdbahnradius hätte eine Gesamtfläche von $2,81 \times 10^{23} \text{ m}^2$ und eine Masse von $2,16 \times 10^{20} \text{ kg}$,

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

was der Masse eines größeren Planetoiden entspricht. Beträgt die Materialdichte 1g/m^3 - also die Dichte einer Kunststofffolie - ist ihre Schicht nur 769 nm dick - das ist die Wellenlänge von rotem Licht. Ihre Außenfläche gibt genau soviel Strahlung ab wie die Sonne: 1 PSol, wodurch sich auch bei verändertem Spektrum ein Strahlungsgleichgewicht einstellt.

Wenn Innen-und Außenseite der Blase schwarz sind, gibt auch die Innenfläche 1 PSol ab, da sich das Material im thermischen Gleichgewicht befindet. Dadurch heben sich die Druckwirkungen der nach außen und innen abgegebenen Strahlung gegenseitig auf.

Da die Innenfläche 1 PSol von der Sonne und 1 PSol von der gegenüberliegenden Innenfläche aufnimmt, ist der Strahlungsdruck doppelt so hoch, wodurch eine doppelt so große Masse abgestützt werden könnte.

Durch die von der Innenseite reflektierte Strahlung entsteht ein zusätzlicher Strahlungsdruck; wird Sonnenstrahlung mehrfach reflektiert, erhöht sich der Gesamtstrahlungsdruck und damit die abstützbare Masse; die Strahlungsdichte kann sehr hohe Werte erreichen, wodurch sich die äußeren Schichten der Sonne aufheizen und ausdehnen.

Sollte die Sonne jedoch keine Wärme mehr abführen können, wäre ihr Gleichgewicht überkritisch gestört und sie würde explodieren.

Der Ring wäre der äquatoriale Teil einer Sphäre. Mit dem Durchmesser

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

der Erdbahn hätte er einen Umfang von $\pi \times 300 \text{ Mio km} = 942.477.796 \text{ km}$ und eine Breite von 1,6 Mio km.

Seine Rotation erzeugt auf der Innenfläche eine künstliche Schwerkraft.

Weiter innen umkreisen Ringsegmente die Sonne in entgegengesetzter Richtung und erzeugen dadurch auf der Ringinnenfläche Tag und Nacht. Auf der Innenfläche ließen sich Gebirge, meeresartige Flüsse, riesige Wälder uvam. anlegen.

Das Matroschka-Gehirn ist ein riesiger Computer, für den eine zwiebelartige Anordnung von Dysonsphären maximale Sternen-oder Schwarz-Loch- Energie gewinnen soll. Die innerste Sphäre befindet sich dabei in minimaler Sternentfernung, die äußerste Schale ist dagegen so weit weg, das sich aus dem Delta-T zur vorherigen Schale noch Energie gewinnen läßt.

Sollte sich eine solche Superzivilisation auf Dauer nicht auf einen Stern beschränken sondern beschließen zu expandieren, und würde sie nur ein Planetensystem pro Kilojahr besiedeln, hätte sie die Milchstraße innerhalb von 10 Megajahren vollständig kolonisiert; die Galaxis wäre zu (baryonischer) Dunkler Materie geworden...weiterhin könnte sie fähig werden, Sterne zur Kollision zu bringen und deren Materie für interstellare Konstruktionen nutzen. *Sie wäre dann sukzessive zu einer Typ III-Zivilisation geworden.*

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Verglichen mit uns ist Typ III eine absolute Superzivilisation, da sie fähig ist, die gesamte Energie ihrer Galaxis zu steuern. Sie nutzt Milliarden Sternensysteme als Energiequelle.

Mit den ihr zur Verfügung stehenden 10^{34} W bis 10^{37} W steigert sie ihre Energiegewinnung im Vergleich zu Typ II um das 10^8 bis 10^{11} fache.

Sie könnte Planeten und Sterne umbauen, um diese an ihre eigenen Bedürfnisse anzupassen. Sie wird evtl. nicht mehr rein biologisch sein, sondern ihre Technologie integriert haben (siehe auch Nanomedizin) ; d.h. eine biotechnoide Mischung aus Lebewesen und automatischen selbstreproduzierenden Computern sein. Diese Computer- und Maschinenkulturen könnten die für bioide Lebensformen lethalen stellaren und galaktischen Strahlungszonen besiedeln.

Das Problem einer transhumanen Superzivilisation wäre nicht wie die Menschheit mit ihr zurecht kommt, sondern umgekehrt...

Aktivitäten einer Typ III-Z. wären nur noch durch physikalische Gesetze begrenzt.

Eine Typ III-Z. könnte auch Supernovae und Schwarze Löcher als Energiequellen nutzen, vielleicht können ihre Raumschiffe sogar zum galaktischen Kern vordringen, der wohl die geheimnisvollste Energiequelle bildet; er könnte aus vielen Millionen Schwarzen Löchern bestehen. Für eine solche Superzivilisation vom Typ III müßte es möglich sein, Energien zu gewinnen, die 10^{24} bis 10^{25} x größer sind als unsere Energien von 10^{13} W. Verfügen sie über den Energievorrat unzähliger Sternensysteme und evtl. sogar des Milchstraßenkerns, wird

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

die Beherrschung der 10. Dimension zur realen Möglichkeit für sie. Wahrscheinlich kann sie die ART praktisch anwenden (Typ II entsprechend die SRT) und die Raumzeit beliebig handhaben. Sollte sie das Universum bzw. Multiversum in mehr als 4 Dimensionen verstehen und beherrschen, wäre c keine Schranke mehr, auch die Zeit könnte sie manipulieren. Vielleicht stellt sie Wurmlöcher her, in denen die Zeit für ein Raumschiff aufgehoben ist und Entfernungen irrelevant sind.

Die gute Nachricht ist aber, daß der lange Weg von Typ 0 zu Typ III nicht Megajahre dauern muß, denn der Aufstieg erfolgt exponentiell - und damit sehr viel schneller, als wir es uns vorstellen können. Wenn wir unser Entwicklungstempo beibehalten, könnten wir in wenigen Jahrhunderten das TypI-Stadium erreichen. Das soll an folgendem Beispiel deutlich werden: die größte Energiequelle, die wir haben, ist die H-Bombe; ein Hurrikan hat aber die Energie von Hunderten von H-Bomben. Damit ist unser technischer Entwicklungsstand noch gut 100 Jahre von einer Wetterkontrolle entfernt wie sie TypI beherrscht. Ferner hat eine TypI-Zivilisation bereits den größten Teil ihres Planetensystems kolonisiert, während unsere Raumfahrtfortschritte nach Jahrzehnten bemessen werden; qualitative Sprünge wie die Raumkolonisierung sind bestenfalls erst nach Jahrhunderten zu erwarten... Die bemannte Marslandung soll in den 2030ern stattfinden; mit seiner Besiedlung ist erst in weiteren 40 bis 50 Jahren zu rechnen, also zwischen 2070 - 2080. Die Kolonisierung des Sonnensystems

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

dagegen könnte noch grob weitere 100 Jahre auf sich warten lassen...(aber Scheitelpunkttechnologien), der Übergang von einer Typ I zu einer Typ II-Zivilisation könnte sich schon innerhalb 1 Kilojahres vollziehen. Da wir uns z.B. exponentiell entwickeln, dürfte unser Energiebedarf in 1 Kilojahr so groß werden, daß wir beziehungsweise unsere Nachfahren die Sonne erschließen müssen, um ihre Maschinen mit Energie zu versorgen.

Mit der Fähigkeit, große Antimateriemengen zu gewinnen, die für eine interstellare Raumfahrt nötig ist, ist uns eine Typ II-Z. Jahrhunderte bis Jahrtausende voraus.

Die Entwicklung zu Typ III dürfte mehrere Kilojahre beanspruchen.

Während es z.B. bei uns bis zu Typ I gut 1 Megajahr gedauert hat, um die Wälder zu verlassen und eine moderne Zivilisation aufzubauen, könnten wir schon nach einigen Kilojahren unser Sonnensystem verlassen und eine galaktische Zivilisation erschaffen.

Der Unterschied, der die verschiedenen Zivilisationstypen nach Größe und Energie voneinander trennt, entspricht einem Faktor von 10^{10} . Selbst eine Zivilisation, die mit 1% pro Jahr wächst, kann den jeweiligen Übergang zwischen den verschiedenen Typen in grob 2,5 Kilojahren schaffen; so daß wohl jede Zivilisation sich stetig zum Typ-3-Stadium entwickelt. Eine Gesellschaft mit ausreichend starkem Expansionsdrang wird ihr Habitat, das zunächst nur ihren Planeten umfaßt (Typ I) in wenigen Jahrhunderten zu einer Bios-beziehungsweise Ökosphäre ausdehnen, die einen ganzen Stern nutzt

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

(Typ 2) und diese in wenigen Megajahren von einem einzigen Stern auf eine ganze Galaxie ausdehnen (Typ 3). Gelangt eine Intelligenz über das TypII-Stadium hinaus, kann sie selbst durch die schlimmste vorstellbare natürliche oder künstliche Katastrophe nicht mehr aussterben - es sei denn, das Universum selbst wird zur Gefahr, etwa in dem es sich in einem Zustand des falschen Vakuums befindet, mit einem anderen wechselwirken, in eine Endsingularität konvergiert oder in die Unendlichkeit divergiert.

Doch es gibt ein Problem: der Übergang von Typ 2 zu Typ 3 könnte erhebliche physikalische Schwierigkeiten machen, die vor allem auf der Lichtmauer beruhen. Die Expansion einer TypII-Z. wird subrelativistisch erfolgen, was ihre Entwicklung nicht nur stark beeinträchtigt, sondern sie vor die Hunde gehen läßt, wegen des schließlichen Energie-und Rohstoffmangels. Was für eine Planetare Zivilisation die Klima-und Abwärmekatastrophe ist, ist für Typ2 die Lichtbarriere. Daß sie diese überwinden und die Ketten der SRT sprengen könnte, indem sie sich die Energie des Hyperraums erschließt, könnte schwierig werden, denn die Plancklänge ist *wirklich* klein; man kann nur mit enormen Energien zu ihr vordringen, so daß sie möglicherweise eine natürliche Barriere ist, mit der sich alle ETIs abfinden müssen...

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Die Klassifizierung muß aber nicht mit Typ III aufhören¹⁰⁹:

Typ IV kann alle in einem Galaxien-Superhaufen verfügbare Leistung zu nutzen. Das sind etwa 10^{46} W.

Die Typ V-Zivilisation ist fähig, alle verfügbare Energie von etwa 10^{54} W im gesamten Universum zu nutzen.

Typ Vb kann diese Leistung kontrollieren und damit auch die physikalischen Gesetze ändern.

Typ VI kontrolliert die Energie mehrerer Universen und kann damit theoretisch eine unbegrenzte Leistung nutzen. Möglicherweise ist sie in der Lage, die physikalischen Gesetze in den Universen zu verändern und kann dadurch einem sterbenden Universum entkommen und somit theoretisch ewig existieren.

Typ VII könnte sogar Universen zu kreieren, um sie als Energiequelle zu nutzen. Die Möglichkeiten einer solchen Zivilisation haben die 2. technologische Singularität weit hinter sich gelassen und sind für uns als Typ o-I nicht mehr fassbar. Ein mögliches Beispiel für derartige Posthumane wäre das "Q-Kontinuum" aus Star Trek.

¹⁰⁹ Wie man feststellen wird, überschneiden sich manche Prognosen; was Typ VI „kann“, ist nach anderer Interpretation auch schon für Typ III möglich - das ist wohl Ansichtssache ? Soweit ich weiß, gibt es da noch keine allgemeingültigen Kriterien.

Teil 03: SETI, CETI, Typ I-III-?

Auch wenn das flache beziehungsweise offene Universum in fernster Zukunft, im "Dysonschen Zeitalter" nur noch eine expandierende kalte Raumzeit ist, in der sich nur noch einige wenige Photonen, Neutrinos und andere seltene Teilchen befinden, ermöglichen doch die physikalischen Gesetze - soweit sie uns heute schon bekannt sind - ein Universum, daß unbegrenzt an Reichtum und Komplexität zunimmt. Gute (weil) wissenschaftliche Gründe sprechen ernsthaft dafür, daß es dem Leben und der Intelligenz gelingen wird, dieses Universum (und vielleicht auch das Multiversum) nach ihren eigenen Wünschen und Zielen zu modellieren...

Es wird ein Universum des Lebens sein, das für immer besteht und dies seine Nachbarn über unvorstellbare Räume und Zeiten hinweg wissen läßt.

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Teil 04:
Warum Raumfahrt ?

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Es stellt sich u.a. die Frage, ob Raumfahrt Werkzeug oder Selbstzweck ist; sieht man sie nur als Werkzeug, als Mittel zum Zweck, gehen utilitäre Gründe wohl vor. Doch wird sie zum Selbstzweck, zur Selbstverständlichkeit, ist sie ein Selbstläufer und somit über jeden Zweifel erhaben...

Während der Nutzen der unbemannten Raumfahrt weitgehend unbestritten und die gesellschaftliche Akzeptanz im Gegensatz zu Atomkraftwerkens, Gentechnik usw. gegeben ist, ist deren wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Erfolg fatal für die bemannte Raumfahrt, da diese unter Druck gerät, wenigstens langfristig die gleichen Erfolge zu erzielen. Außerdem verläuft die Diskussion in den Bahnen von Kosten-Nutzen-Abschätzungen und der Nutzen sollte sich unmittelbar oder wenigstens mittelbar einstellen. Selbst Wissenschaftler betrachten wissenschaftliche Einsichten vorrangig unter Berücksichtigung eines wenigstens mittelbaren wirtschaftlichen Nutzens. Außerdem müssen sowieso schon knappe Forschungsetats für Teilchenbeschleuniger, Teleskope, Raumfahrt uvam. auch noch aufgeteilt werden. Das dann Egoismus, Neid, Vorurteile und Emotionen hochkochen dürfte nicht verwundern, denn selbst Wissenschaftler sind auch nur Menschen. Die Gegner der bemannten Raumfahrt sind davon überzeugt, daß sich die Funktionen des Menschen durch unbemannte Raumflüge ausgleichen oder überkompensieren lassen; der Mensch also einen Störfaktor darstellt. Sie halten die Bemannte Raumfahrt für überflüssig, da die hohen Kosten den erkennbaren Nutzen übersteigen. Das war in den 1950ern und 1960ern noch anders: Gagarin, Wostok,

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Mercury, Gemini, Apollo...da herrschte noch Aufbruchsstimmung; Apollo 11 war noch ein Riesenerfolg, Apollo 12 bis 17 (eigentlich sollte es bis Apollo 22 gehen) galten dagegen als bloße Wiederholungen, wobei böse Zungen behaupten, daß Apollo 13 inszeniert war beziehungsweise der NASA ganz gelegen kam, da diese Beinahe-Katastrophe das Interesse an der bemannten Raumfahrt enorm steigerte...doch dann fehlten Erfolge und Visionen, das Wettrennen war gewonnen und das Geld wurde knapp - auch wegen dem Vietnamkrieg. War der Konflikt der unterschiedlichen wirtschaftlich-politischen Systeme kurzfristig ein Segen für die bemannte Raumfahrt., wurde ihr das jedoch langfristig zum Fluch; mit dem Wettlauf-Gedanken tat man ihr kein Gefallen, da man dort langfristig und nachhaltig planen und handeln muß. Schnelle Gewinne lassen sich kaum erzielen, aber das ist auch wider ihre Natur.

Indem die Befürworter nach Lücken und Unsicherheiten in den gegnerischen Argumenten suchen, erkennen sie indirekt die Kosten-Nutzen-Betrachtung an statt den gegnerischen Standpunkt prinzipiell anzuzweifeln oder zu widerlegen.

Der Diskussionsrahmen ist international sehr unterschiedlich; in amerikanischen, sowjetischen und französischen Kreisen werden internationale Kooperation, nationale Identität, menschliche Entdeckungsleistung, Weltbildfunktion der Raumfahrt und Besiedlung des Weltraums und andere nicht- beziehungsweise transutilitäre Gründe und Perspektiven angeführt. Seltsamerweise stimmen Gegner und Befürworter überein, daß die Anwesenheit von Menschen im Orbit

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

gerechtfertigt ist, wenn der - kurzfristige - Nutzen überwiegt. Damit wird die ihre kulturelle Aufgabe implizit nicht anerkannt.

Würden wir Menschen technische Instrumente quasi-naturwüchsig hervorbringen, würden die Folgen technischen Handelns frei von Kritik. Eine Handlung, deren Nutzen geringer als deren Kosten beziehungsweise Aufwand ist, muß trotzdem nicht zwecklos sein; transutilitäre Zwecke rechtfertigen sie. Eine transutilitäre Beurteilung ist nicht-monetär und transutilitäre Einschätzungen sind auch dann rational, wenn sie eine gerechtfertigte allgemeine Geltung beanspruchen.

Wird die bemannte Raumfahrt aber wie "Apollo" im kalten Krieg dazu verwendet, die Überlegenheit eines Gesellschaftssystems zu demonstrieren, erzeugt diese Zwecksetzung potenziell Konflikte und ist somit ethisch verwerflich. Das gilt auch für die Erzeugung und den Erhalt der politischen Führungsrolle einer Nation etwa mittels SDI, Raumwaffen usw.

Vor allem die bemannte Raumfahrt wird durch 2 Gruppen von tranutilitären Zielen gerechtfertigt: die eine umfaßt Zwecke, die zur politischen Kultur auf der Erde beitragen, etwa die Realisierung einer polyzentrischen Weltordnung und europäischen Integration, Beiträge, um eine nationale Identität auszubilden usw. Raumfahrt (u.a.) - großprojekte wie die ISS wirken friedensschaffend und-erhaltend.

Eine polyzentrische Weltordnung bedeutet eine gerechte Weltordnung in der keine Nation gleichrangig mit anderen ist, sondern "Gerechtigkeit" meint gerechtfertigte Ungleichheit; jede Nation hat ihre Stärken und Schwächen und ist auf einem bestimmten Gebiet gut. In ihr

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

wetteifern die Nationen miteinander, jedoch ohne daß eine Nation X irgendeine Führungsrolle anstrebt, sondern eher eine Symbiose mit anderen eingeht.

Also ist es nicht sinnvoll, nur eine Raumfahrtnation zu haben.

Die 2. Argumentengruppe "pro Raumfahrt " umfaßt die Verwirklichung einer kosmischen Kultur; also den Aufstieg der Menschheit zu einer Typ II(oder mehr)-Zivilisation, zu der die Erkundung des Universums zählt und damit zusammenhängend die Erweiterung des menschlichen Weltbildes, die Verbesserung des allgemeinen technischen Standards sowie die Errichtung von Raumstationen und -basen und Weltraumstädten und die Besiedlung der Planeten und deren Monde.

Bemannte Raumfahrt ist allein schon als großtechnische Option sinnvoll. Während sie ein möglich Mittel für die Verwirklichung der polyzentrischen Weltordnung ist, ist sie für die Verwirklichung der Besiedlung des Weltalls das einzige Mittel. Unabhängig von utilitären Faktoren wie die Wartung unbemannter Systeme oder die Gewinnung von Sonnenenergie im Raum (siehe Oberth, Barth, Koelle usw.) bleibt die Frage, ob die Besiedlung kstl. und/oder natürlicher Raumkörper als technischer Fernzweck anzusehen ist.

Die Lufthülle der Erde bildet nur aus pragmatischen Gründen wie etwa der Strahlungsbelastung eine Grenze; durch bemannte Unternehmen lassen sich solche möglichen Barrieren erforschen und Erkenntnisse zur Möglichkeit ihrer Überwindung gewonnen. Das der Weltraum "menschenfeindlich" ist, zählt nicht als Argument gegen dessen Besiedlung, denn selbst die Erde ist für einen Menschen ohne Technik

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

"menschenfeindlich"... Nur aus prinzipiellen, selbstaufgelegten Gründen, die aus dem "Ethos der Kontinenz" folgen, würden Erkundungs- und Besiedlungsabsichten an der Erdhülle enden. Mit der impliziten Beschränkung auf utilitäre Zwecke geht ein zur Zeit mit großer Resonanz verkündetes Ethos der Selbstbescheidung einher; dieses fordert, daß sich der Mensch mit dem Stand der erreichten Technik zufrieden geben solle oder sogar z.T. eine Rückentwicklung in Kauf nehmen solle...die in diesem Milieu vegetierende kontraproduktive "Ethik der Verantwortung"¹¹⁰ verlangt im Zweifelsfall sich gegen eine technische Innovation zu stellen. Für die bemannte Raumfahrt bedeutet das konkret, die Menschheit solle sich mit dem Lebensraum Erde zufriedengeben und nicht darüber hinausstreben (!)

Hinter dieser angeblichen Menschenfeindlichkeit des Weltraums steht das destruktive Kontinenz-Ethos, welches postuliert, das die Erde "menschenfreundlich" und ihm angepaßt sei, und das Weltall im Umkehrschluss menschenfeindlich sei. Und damit spricht alles dafür, sich mit dem gegebenen Lebensraum zu bescheiden - das Kontinenz-Ethos wird damit zur Antithese der Omnipotenz.

Allerdings ist die "lebensfreundliche Erde" ein Konstrukt; der Mensch ist tatsächlich am unangepaßten, denn erst durch das teilweise Außerkraftsetzen evolutionärer Mechanismen durch z.B. Wissenschaft, Technik, Medizin usw. hat sich der Mensch eine lebensfreundliche Umwelt hergestellt; das begann mit der Sesshaftigkeit, mit Ackerbau

¹¹⁰ wem gegenüber ? etwa "Gaia"?

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

und Viehzucht.

An alle Ökos, Grünen, "Umweltschützer", Alternativ-Lebenden usw.: das Programm eines "Friedens mit der Natur" ist irreführend; primär bedroht die Umwelt, die "Natur" den Menschen und nicht umgekehrt - was aber nicht ausschließt, unnötigen oder zweckwidrigen Natur"verbrauch" zu vermeiden !

Da für kein Lebewesen seine Umwelt weiträumig und langfristig stabil ist, muß auch der Mensch, wenn er denn überleben will, bereit sein, jeweils den Status quo seiner Naturbewältigung zu überschreiten. Optimal ist ein Ethos der Transzendenz, denn es entspricht unserem Überlebensinteresse; nach ihm wird versucht, die "Natur" mit Umsicht und Maß permanent zu instrumentalisieren.

Dagegen impliziert das Kontinenz-Ethos technische Degeneration und führt prinzipiell zum Aussterben. Dessen Kritik an der (bemannten) Raumfahrt und anderen großtechnischen Innovationen ist jedoch ein Luxus, den sich nur hochtechnische Nationen für kurze Zeit leisten können, denn erst kommt das Fressen und dann die Moral.

Generell werden vorgegebene (Umwelt-)Grenzen durch utilitäre und transutilitäre Kulturerrungenschaften überschritten; die irdische Lufthülle ist genauso wenig eine natürliche Barriere menschlichen Lebensraums wie die Alpen oder der Atlantik...

Die rein utilitäre Beurteilung der bemannte Raumfahrt ist zweifelhaft und greift zu kurz. Stattdessen müssen ihre Opponenten aufzeigen, daß die Realisierung bestimmte Zwecke verlangt oder es nahelegt, eine weitere Mitwirkung zu unterlassen. Wer nämlich zur Unterlassung einer

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Option auffordert, hat andere Gründe als jemand, der für deren Aufnahme argumentiert. Die "Ethik der Technik" fragt bei jeder technischen Neuerung nicht zuerst, ob der Nutzen die Kosten übersteigt, sondern zu welchem Zweck Maschinen und Geräte verwendet werden. Die Technik-Ethik fragt nach der Kulturfunktion der Technik; mag der wirtschaftliche Nutzen auch ein möglich und wichtiger Aspekt der Kulturfunktion sein, geht diese aber *nicht* in der Nutzenfunktion auf.

Spricht irgend jemand davon, welchen Nutzen die Entdeckung Amerikas hat oder vom Nutzen der Erfindung des Buchdrucks ?

Die Frage, ob wir uns bemannte Raumfahrt leisten können und sollen, läßt sich nicht mit utilitären Argumenten beantworten, denn genauso wenig gibt es utilitäre Rechtfertigungen für den Unterhalt von Orchestern, Museen oder für die Ausrüstung von Expeditionen oder für die Arbeit an (genialen) Erfindungen.

Zwar leistet die bemannte Raumfahrt ihre Beiträge für die Realisierung bestimmter Zwecke, aber das machen andere technische und sonstige kulturellen Optionen auch; allerdings ist die Besiedlung von Raumkörpern nur durch sie zu realisieren.

Würden nur utilitäre Gründe technische Errungenschaften rechtfertigen, gäbe es in unserer Geschichte keine gerechtfertigten Kulturoptionen. Das gilt auch für die zeitliche Variante, kulturelle Optionen zurückzustellen, bis gewisse Probleme gelöst sind, z.B. die Welthungerkatastrophe, das Waldsterben, und dann erst zum Mond usw. zu fliegen. Aber Raumfahrt löst sowohl direkt als auch indirekt z.B. Hungerprobleme über Satelliten. Raumfahrt wirkt

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

friedensschaffend in dem Sinn, daß Nationen zusammenwachsen und sich gegenseitig Respektieren und vertrauen und dadurch zusammenwachsen und Barrieren abgebaut werden.

Im übrigen ist es unvorstellbar, großtechnische Optionen bis zum Tag X nur als Potenzial aufzusparen, denn "Können" läßt sich nicht konservieren.

Ließe man also in der Argumentation um *Raumfahrt als kulturelle Option* nur utilitäre Argumente zu, würde man die Menschheit auf eine Großherde möglicherweise zufriedener Affen reduzieren, die allerdings wohl vor geraumer Zeit an Selbstbescheidung zugrunde gegangen wären.

Das Bedürfnis zur Exploration, zur wissenschaftlichen Erforschung aber auch langfristig auf eine Nutzung des Weltraums und dauerhafte Präsenz des Menschen im All ausgerichtete Aktivität, ist eine treibende Kraft für die menschliche Entwicklung, unsere Kultur und unseren Wohlstand. Menschen versuchen immer wieder - und oft auch erfolgreich - Grenzen zu erforschen und zu überschreiten; die Abwendung von dieser erfolgreichen Strategie und der freiwillige Verzicht auf immer neue Grenzüberschreitungen¹¹¹ würde zum Zerfall der Menschheit führen. Die bemannte Weltraumfahrt ist diese neue Grenze. Generelles Ziel der Weltraumexploration ist es, gegenwärtige

¹¹¹ In diesem Zusammenhang auch der Begriff der "Final Frontier"; die letzte Grenze, nach deren Überschreitung Gott weiß was passieren kann; vgl. technologische Singularität.

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Grenzen des Zugangs zum Sonnensystem und dereinst zur Galaxis mit Robotern und Menschen zu erweitern sowie neue Fragen zu suchen, das Verständnis von der Entstehung und Entwicklung unseres Planetensystems zu vertiefen und evtl. den Ursprung des Lebens zu erfahren.

(Noch) kann kein Roboter die intelligente Inspektion und die emotionale Erfahrung des Menschen vor Ort ersetzen.

Skeptiker und Kritiker vom Sinn, Nutzen und überhaupt von der Idee der bemannten Raumfahrt zu überzeugen, kann und wird kaum bis gar nicht gelingen, denn das ist Ansichtssache, eine Glaubensfrage. Da geht es um (irrationale) Prinzipien.

Und dennoch - was treibt Menschen an, sich mit dem Weltraum auseinanderzusetzen ? Da gibt es sehr viele und sehr unterschiedliche Antworten. Den Befürwortern bleibt nur den Appetit anregen, Begeisterung zu wecken, am besten die Beweis- und Argumentationslage umzukehren. Hilfreich könnte es auch sein, Ziele vorsichtiger und realistischer zu formulieren (bis dann die technologische Singularität kommt und alles schneller und vor allem *anders* wird). Der Weltraum sollte weiter erkundet werden, um zu erforschen, zu verstehen und zu vereinen. Seine Erforschung spricht den kulturellen Imperativ an, der darin besteht, unsere Erfahrungsgrenzen auszuweiten, weiter voranzugehen und zu lernen, die Öffentlichkeit zu inspirieren und zu bilden, damit sich diese engagiert. Der wissenschaftliche Imperativ besteht darin, Wissen zu vermehren und zu verstehen, was uns im Universum umgibt, Antworten auf fundamentale

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Fragen über unseren Ursprünge und Ziele zu finden und menschliche Erfahrungen und technologischen Fortschritt zu bewahren und fortzusetzen. Der politische Imperativ der (bemannten) Raumfahrt ist der, globalen Unternehmungen ohne nationale Grenzen den Weg zu bereiten. Weiterhin geht es um die vereinte Nutzung der Möglichkeiten, die der interplanetare und später der interstellare Raum bietet.

Für unsere Zukunft ist es wichtig, was die Natur der Weltraumumgebung ist, welche kosmischen Gefahren für die Erde bestehen und das Potenzial einer permanenten Präsenz der Menschen im Weltall zu verwirklichen.

Raumfahrt fasziniert eine breite Bevölkerung, sie gilt als Hochtechnologie an sich und bringt einen vielfältigen Nutzen für die Gesellschaft und Politik. Sie ist innerhalb 2er Kategorien begründet; dem utilitären Ansatz, d.h. als Instrument um politische und wirtschaftliche Ziele zu verfolgen und zum anderen ist sie wertgebend für Gesellschaft und Kultur, also transutilitär.

Die utilitäre Raumfahrt dient der Entwicklung von Märkten und der Schaffung von Arbeitsplätzen. Sie wird genutzt für Kommunikation, Mobilität, zur Umwelt-, Wetterund Klimaüberwachung und zur Wettervorhersage. Sie dient dem Katastrophen-und Ressourcenmanagement und als Technologiefeld liefert sie wichtige Beiträge zur Innovation, Verlässlichkeit, Qualität, Miniaturisierung und der Entwicklung neuer Werkstoffe.

Die transutilitäre Raumfahrt erweitert unser Wissen, unseren Horizont, sie liefert Kenntnisse vom Ursprung und der Vergangenheit des

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Universums mit Blick in die ZUKunft. Sie stimuliert Neugier und Entdeckergeist, gestaltet das Weltbild und die naturwissenschaftliche Kultur. Sie fasziniert und inspiriert, liefert Authentizität und Identifikation und schließlich einen schwer vorhersehbaren aber virulenten Gewinn von Prestige, von Ansehen, Macht und Einfluß durch die Meisterung der Aufgaben der Raumfahrt "Utilitär" und "transutilitär" sind Pole; in der Diskussion werden sie oft gegeneinander verwendet und dadurch Raumfahrtbefürworter gegeneinander ausgespielt. Die Frage, was Raumfahrt eigentlich soll, führt oft zur gefürchteten "entweder-oder"-Devise. Selbst innerhalb der Raumfahrt werden diese Pole von Interessengruppen gegeneinander ausgespielt, was ihrer Gesamtbeurteilung erheblich schadet. Diese unbefriedigende und kontraproduktive Situation erfordert das Aufbrechen der utilitären/transutilitären Pole durch eine überlagernde Beschreibung als Brücke zwischen ihnen. In dieser vermittelnden Kategorie steht Raumfahrt für Sicherheit, Frieden, Wohlstand und für Förderung internationaler und interkultureller Zusammenarbeit.

Exploration, SETI und schließlich der Mensch im Weltall - diese Kategorie läßt sich mit den Komotationen Arbeit, Forschung, Tourismus keinem Pol zuordnen. Utilitäre und transutilitäre Raumfahrt kann es nicht geben, denn Raumfahrt als Ganzes erbringt die Leistungen und rechtfertigt die Investitionen. Dieser neue Synthese-Ansatz kann die Richtung vorgeben, um aus tradierten Begründungen für die Raumfahrt auszubrechen und einzelne Raumfahrt-Elemente nicht gegeneinander auszuspielen; Raumfahrt ist ein extrem breiter Sektor mit

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

unvergleichlicher Gewinnvielfalt.

Was lockt uns Menschen v.d. Erde weg in ferne Bereiche ?

Was soll beziehungsweise was sucht der Mensch z.B. auf dem Mond, solange wir hier unten noch von so vielen vermeidbaren Problemen und Üblen wie Krankheit, Hunger, Existenzangst usw. gequält wird ?

Was hätte etwa die Krebsforschung mit dem vielen Geld angefangen ? Die Biochemie, d.h. die Gentechnik (!) könnte in kurzer Zeit fast alle Krankheiten und Abnutzungserscheinungen beseitigen, würde man ihr die notwendigen Forschungsmittel zur Verfügung stellen. Ist Raumfahrt nicht nur ein Phantom dem einige wenige Fantasten nachjagen ? Ist sie vielleicht - noch schlimmer - eine Prestigeangelegenheit zwischen den große Nationen, wie etwa die Mondlandungen während des kalten Krieges; ist die Mondlandung doch nur ein Statussymbol ?

Es ist zunächst die jahrtausendalte Astronomie, das überirdisch-göttliche, was sich in Religion und Philosophie ausdrückt; aus ihr geht die Astronautik vor, der Wunsch, selbst dort zu sein o.a. formuliert vom Imaginären zum Realen.

Unser Fühlen und Handeln war und ist niemals nur das Ergebnis konsequenter rationaler Überlegungen, sondern eine Verwirklichung von Trieben, die z.B. auch in der transutilitären Kunst und Kultur dafür sorgen, daß unsere Welt nicht still steht. Neugier und Gestaltungstrieb sind Motoren in der Geschichte der Raumfahrt bis in unsere Tage. Ihre Bedeutung hat sich im Laufe der Zeit gewandelt: Raumfahrt hat mit Mythen und Märchen begonnen, sie wurde bereits in vorgeschichtlicher Zeit als Handlungsschauplatz gewählt und mit Sonnenwagen und

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

anderen göttlichen Fahrzeugen bevölkert. Ihre weltgeschichtliche Bedeutung erhielt die Rakete erst im 20. Jahrhundert als Vehikel der Raumfahrt

Noch im 19. Jahrhundert war sie wissenschaftliche Gedankenspielerei und Thema phantasiebegabter Schriftsteller. ab 1850er hat sich ihre bedeutung geändert. Die immer schnellere Entwicklung von Wissenschaft und Technik erzeugte einen enormen und durchaus berechtigten Fortschrittsglauben. Durch die Industrialisierung ist es möglich, große Abenteuer zu wagen und z.T. zu gewinnen: der Flug zum Mond und zu anderen Planeten und den Sternen mit ihren (Exo-)Planeten. Die phantastische und die SF-Literatur haben einen wesentlichen Anteil an der Verbreitung dieser Ideen; durch sie rückt die Zukunft scheinbar plötzlich in allernächste Nähe. Außer ihnen machten vor allem Raumfahrtpioniere wie Ziolkowski, Oberth, Goddard u.v.a. die Idee vor allem der bemannten Raumfahrt populär und leisteten Entwicklungsarbeit, von der noch heute profitiert wird. Da sie u.a. ihre Erkenntnisse fast gleichzeitig, aber unabhängig voneinander gewannen und die Entwicklung von Wissenschaft und Technik entsprechend weit war, scheint die Entstehung der Raumfahrt zwingend zu sein ? Ohne Raumfahrtpioniere würde es keine Raumfahrt geben.

Wäre ihre Entwicklung anders verlaufen, hätte es vielleicht schon in den 1930ern Satelliten geben können...

Vor allem durch den 2. Weltkrieg wurde aus großartigen Einzelleistungen eine ebenso große organisierte Massenforschung, aus der innerhalb weniger Jahre das Zeitalter der Raumfahrt entstand.

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Doch auch der Widerstand gegen die bemannte Raumfahrt hat Bedeutung für ihre Entwicklung, denn ohne ihn, ohne ihre Kritiker würde die Welt im Chaos des Neuen ersticken; meistens behalten sie (allgemein bei technologischen Entwicklungen) recht und bringen unfruchtbare Ideen zum Verschwinden, womit sie eine notwendige soziologische Funktion erfüllen. Auch Ziolkowski wusste, daß es tatsächlich Dinge gibt, für die die Zeit noch unreif ist und die von selbst gewaltlos untergehen. Wurden sie auch nicht verhindert, fanden sie dennoch keinen Anklang und erloschen oder versanken allmählich. Würde heute unter uns ein so außergewöhnlicher Mensch wie seinerzeit Giordano Bruno, Galilei, Kopernikus, Newton, Einstein auftauchen, könnte ihn kaum jemand verstehen, der kleine Kreis seiner Schüler ihn anzweifeln und wer immer ihn versteht, ihm nicht helfen können...andere Wissenschaftler würden ihn für unwissenschaftlich halten; um sie und die Öffentlichkeit zu interessieren und zu überzeugen, brauchen sie die Klugheit enzyklopädischer Wortbücher und viel Geduld, denn die Öffentlichkeit fragt (noch heute) kaum bis nie danach, warum etwas so oder so ist, sondern will nur wissen, wozu etwas nützlich sein kann - nun, mittlerweile haben sich die Zeiten etwas gebessert, ganz so isoliert sind die Raumfahrtbefürworter nicht mehr, aber sie ist noch kein Selbstläufer...Auf die Frage, wozu Raumfahrt dienen kann, könnte man als Gegenfrage stellen, wozu ein neugeborenes Kind dienen könne...

1958, ein Jahr nach dem Sputnikstart begrüßten 22% die Entwicklung der Raumfahrt im Vertrauen auf eine friedliche Anwendung, weil sie

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

sich davon eine Erweiterung der wissenschaftlich-technischen Möglichkeiten versprochen; 23% lehnten sie mit der Begründung ab, daß sich durch sie das Konfliktpotenzial und die Kriegsgefahr erhöhe und sie schlechthin für sinnlos hielten und die dafür aufgewendeten Mittel lieber caritativen Zwecken zukommen lassen wollten. 19% hielten die Vorteile und Nachteile für gleich groß und 36% blieben den Möglichkeiten der Raumfahrt gegenüber völlig gleichgültig - d.h. daß 55% der Befragten allen Raumfahrtunternehmungen gegenüber reserviert oder teilnahmslos waren. Es wäre interessant nachzuhaken, ob und wie sich dies heute verändert hat ?

Raumfahrt - konkret die Mondlandung, SATP und die ISS hat auch eine neue Qualität und Quantität des Managements erschaffen. Schon 1960 waren über 5000 Firmen und Forschungslabors mitRaumfahrt.-Aufträgen beschäftigt: in Bereichen der Elektronik, Optik, Wärme-und Kältetechnik, Chemie, Metallurgie, Keramik, Treibstoff-,Kunststoff-,Maschinen-und Werkzeugindustrie, in Textil-und Bekleidungsindustrie und Arzneimittelforschung. Sie alle und viele andere Zweige trugen zu diesem Riesenprojekt bei.

1961 befassten sich schätzungsweise in den USA Raumfahrtforschung, für die Entwicklung arbeiteten etwa 300.000 Wissenschaftler in den USA und 100.000 60.000, in der UdSSR 140.000 Wissenschaftler nur mit Grundlagenforschung und angewandter in der SU.

Hoimar v. Dithfurt attestierte seinerzeit der Apollo 8-Mission eine begrenzte "Erlebnisfähigkeit", das nicht auf der Erde stattfand; das aus 300.000km kaum noch groß genug wirkte, um die Fernschirme

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

auszufüllen. Apollo 8 war so besonders, weil die 3 Astronauten die Erde verließen und damit alle Menschen hinter sich ließen - sie waren in vollkommener Isolation. Die auf der Erde Zurückgebliebenen sahen und hörten sie zwar, aber haben nicht miterlebt, nicht mitgeföhlt, was es *bedeutet*, eine solche Reise zu machen, da sich die Apollo8-Astronauten als (mit-) erlebnisunfähig erwiesen. Ihnen selbst war von diesem besonderen Erlebnis nichts anzumerken, da sie nicht ausgewählt wurden, um zu erleben und zu begeistern - dafür hätte es wohl Künstler gebraucht - sondern um zu funktionieren, unfähig, Angst zu haben; der komplizierten Maschinerie eingefügte Roboter aus Fleisch und Blut. Nicht nur die Mondfahrer wurden so um das Erlebte ihrer Reise betrogen, sondern unerwarteterweise wir alle. Die Genesis-Vorlesungen aus der Bibel haben dem Unternehmen *künstlich* jenen Charakter des Besonderen verleihen müssen, den es eigentlich automatisch hätte haben müssen.

Vielleicht ist die Erklärung die, daß sie sich jenseits unserer Vorstellungskraft befunden haben? Denn der Ort, an dem sie sich temporär aufhielten, liegt noch heute (auch 2011) außerhalb des unseren Erleben zugänglichen Bereiches - und gerade dann wäre die seltsame Blässe des Eindrucks der sicherste Hinweis auf die wahre Bedeutung des Geschehens, nämlich dass sich unsere Vorstellungskraft *um den Bereich des Fluges erweitern wird* - das ist die eigentliche Bedeutung von Apollo, überhaupt von der bemannten Raumfahrt.

Heute - über 40 Jahre später fällt der erste Teil der Kritik wohl etwas milder aus, denn sie entstand ausschließlich unter dem Eindruck einer

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

einzigsten Mondumkreisung. Mit Apollo 9-17 fanden 9 weitere Umkreisungen und Landungen statt, so daß sich die Astronauten und Daheimgebliebenen zumindest etwas daran gewöhnen konnten. Außerdem haben die Mondreisenden so gut wie es eben geht versucht, ihren Gefühle usw. in zahlreichen Interviews usw. Ausdruck zu verleihen und ganz sicher haben sie sich untereinander ausgetauscht, so daß v. Dithfurts Kritik teilweise überflüssig sein sollte. Im Zweifelsfall hilft nur eins: sich selbst *dorthin* begeben...

Dadurch daß die Weltraumerforschung dermaßen teuer ist (jedenfalls im Prä-Nanotechnologischen-Zeitalter), ist sie nur in internationaler Kooperation möglich und durch diese zunehmende Verflechtung der Nationen sinkt die Terror-und Kriegsgefahr; die gemeinsame Arbeit an einer Aufgabe (etwa ISS) führt zu einem Weltbürgerbewußtsein und ist ein Schritt hin zum Weltfrieden; das könnte der Anfang für die gemeinsame Lösung der großen Menschheitsprobleme sein. Die gemeinsame Erforschung unseres Ursprungs und unserer Bestimmung kann ebenso ein Bindeglied sein; diese (transutlilitäre) Mission erhält durch die Weltraumforschung neue Akzente und Aktualität. Durch die Raumfahrt wird es möglich, politische, religiöse und soziale Differenzen beizulegen.

Da die Raumfahrt ganz spezielle Anforderungen hat, entstehen sehr viele wissenschaftlich-technische Ergebnisse als "Abfallprodukte" der erforderlichen Forschungs-und Entwicklungsarbeit, so erforderte z.B. das Apollo-Saturn-Programm völlig neue Methoden der Planung, Koordinierung und Steuerung v. Abläufen, also des Managements. Das

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

gilt - in einem noch größeren Rahmen - für die ISS und wird sich für darauffolgende Projekte noch verstärken: Rückkehr zum Mond, Landung von Menschen auf dem Mars und anderen Welten und dereinst beim interplanetaren Verkehr von Forschern, Touristen usw.

Möglicherweise bricht das Interesse an der Raumfahrt innerhalb der nächsten Jahrzehnte zusammen, weil die Menschheit den Sinn ihrer Bemühungen nicht beantworten kann ?? Nach Wernher von Braun ist Weltraumfahrt ein Vorhaben, das die Erde zum Absprungplatz zu anderen Himmelskörpern macht und ihrer Natur nach ein internationales Vorhaben ist. Sie beschwört eine Revolution in der Perspektive, die es für alle Zeiten klarmacht, daß die Erde zu klein für den Bruderkrieg geworden ist und daß die Zeit für große Aufgaben gekommen ist, bei denen wir Menschen unseren Blick gemeinsam hinauslenken müssen in das unendlich große und unendlich herausfordernde Weltall.

Wissensvermehrung, materielle Vorteile und die Besiedlung anderer Welten rechtfertigen es, Astronautenleben zu riskieren und Unsummen dafür auszugeben, daß wir über die Grenzen unseres Heimatplaneten hinausgelangen. z.B. werden Mondobservatorien Unmengen astronomischer Daten liefern, durch Raumfahrt lassen sich auf anderen Planeten Fragen zur Urgeschichte des Sonnensystems klären und die Frage, ob es etwa auf dem Mars Leben gibt oder früher gab. Die Folgen, die die Entdeckung von Leben - unabhängig vom Entstehen auf der Erde - hat, werden enorm sein und unsere Kultur stark verändern.

Die Erde zu verlassen, wird durch Nutzung von Rohstoffen vom Mond und den Planetoiden materielle Vorteile bringen.

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Schließlich und endlich wird die Besiedlung anderer Welten von größter Bedeutung für unser Überleben sein; die Eroberung des Weltraums verbessert unsere Chance, der Auslöschung durch globale Katastrophen wie der Klimaveränderung und Schädigung der irdischen Biosphäre durch Umweltgifte oder einen Nuklearkrieg zu entgehen.

Die Motivation ergibt sich auch aus wissenschaftlichen Gründen, weil der Weltraum selbst - und sein Inhalt - Materie und Felder - ein Forschungsgebiet sind. Man könnte sich auch mit der Erde beschäftigen und sie mit anderen Planeten vergleichen. Unsere Sonne ließe sich detailliert untersuchen, um damit den Großteil der Fixsterne zu verstehen. Planetoiden und Kometen könnten Aufschluss über die Urgeschichte, über Entstehung und Entwicklung unseres Planetensystems geben, da alle Himmelskörper der Beobachtung und dem Experiment vor Ort zugänglich werden.

Astronomie und Astrophysik werden sich unglaublich entwickeln, unter anderem durch Weltraumteleskope und Raumsonden.

Nachrichten-, Wetter-, Fernsatelliten usw. sind für die Wirtschaft interessant. Durch sie wird die Welt zum Do Raumfahrt Werden sie die Weltsprache mitentscheiden? Satelliten helfen, das irdische Kommunikationsproblem zu lösen. Jeder Mensch hat (prinzipiell) Zugriff zur globalen Kunst und Literatur. Satelliten und Internet - was für eine Kombination; Großrechner können zusammenschaltet werden. Sie können Telepräsenz ermöglichen und dadurch die Umwelt entlasten. Satelliten können die Auswirkungen von Katastrophen verringern.

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Das Aussiedlungsprojekt muß um so schneller angegangen werden gerade weil die Ressourcen schwinden und die Produktionstechnologien mit großen irreversiblen Schäden einhergehen; es könnte diese Risiken verringern oder sogar ausschalten. Vielleicht entsteht in dessen Verlauf sogar eine "bessere" Menschheit, indem das Öffnen eines neuen weiten Lebensraums unser Bestes hervorruft und daß das Neuland, das wir uns im Weltraum erschaffen (Go West) beziehungsweise die Besiedlung der Galaxis usw. uns neue Unabhängigkeit in der Suche nach besseren Regierungsformen, Sozialstrukturen und Lebensweisen gewährt; eine welt in der wir unsere Potenziale, unsere Omnipotenz voll entfalten können.

Eine echte Raumfahrt Aufgabe für dieses Jahrhundert könnte darin bestehen, das irdische Wetter dahin gehend zu beeinflussen oder sogar zu lenken, um landwirtschaftlich nutzbare Flächen auszuweiten und um katastrophale Wetterstürze zu verhindern, und ähnliches.

Raumfahrt ist langfristig¹¹² der entscheidende Weg zur Entlastung der Erde.

Nur eine bessere Wissenschaft und Technik kann uns bei der Lösung heutiger schwerwiegender Probleme helfen, die deshalb schwerwiegend sind, weil sie heute vor uns stehen- aber die Lösungen erst morgen.

Rf kann beim Bevölkerungswachstum helfen durch Erstellung von Bevölkerungsstatistiken, durch Auffinden neuer Landwirtschaftsplätze, frühzeitiges Erkennen von Pflanzenkrankheiten und Düngemangel usw.

¹¹² „Langfristig“ hängt von ihrem Entwicklungstempo ab

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

, durch Verbreiten von Bildungs-und Aufklärungsprogrammen, die auch das Wissen über Familienplanung verbreiten.

Allerdings muß die Überbevölkerung auf der Erde gelöst werden - eine Massenauswanderung in außerirdische Siedlungen scheint kein Ausweg zu sein - oder doch?

Die Nahrungsgrenze bzw. Lebensmittelknappheit läßt sich durch Raumfahrt ausweiten, indem mögliche Anbaugelände erkannt werden, sowie Pflanzenkrankheiten, Düngemittelmangel, Wetterinformation, landwirtschaftliche Informationen usw.

Bei der Energieverknappung könnten Energiesatelliten helfen.

Neue Abbaumethoden könnten heute noch nicht rentable Lager erschließen, Wiederverwertung, also Recycling läßt sich wohl noch ausbauen, Satelliten könnten neue Lagerstätten erschließen, überhaupt könnten außerirdische Quellen das Rohstoffproblem gegenstandslos machen.

Kosmische Emigration kann solange keine Lösung für die Überbevölkerung sein, wie wir uns mit maximal c ausbreiten, denn nimmt das Wachstum wie bisher zu und wechseln wir von der Erde ins All, läßt sich der besiedelte Raum wie eine Kugel mit der Erde im Zentrum vorstellen, deren Vergrößerung proportional zu ihrem Volumen ist. Bei einer konstanten Bevölkerungszunahme muß ihre Zunahmegeschwindigkeit immer größer werden - aber bei c ist Schluß;

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

wir stoßen theoretisch an die Lichtmauer; bei heutiger¹¹³ Zunahme in 500 - 1000 Jahren. Praktisch erreichen wir diese Grenze aber viel früher, da wir nicht mal annähernd mit c auswandern können und weil wir außerdem nicht die Transportkapazitäten haben: 1980 > 200.000 pro Tag; 2010 > 300.000 pro Tag; 2090 "nur" 100.000 pro Tag¹¹⁴.

Gemeinsame, internationale Raumfahrtmissionen - auch, um Kosten auf mehrere Länder zu verteilen, bauen Spannungen ab und tragen zur Völkerverständigung bei; Länder die gemeinsam z.B. an einer Raumstation arbeiten, führen keine Kriege gegeneinander. Durch moderne Nachrichtentechnik, Transportmethoden usw. wird die Welt immer vernetzter und damit zu einer Einheit ("Globalisierung"). Da Raumfahrt friedensschaffend wirkt, können die Militärausgaben verringert werden; durch deren Abbau würde ein enormes industrielles, technisches und wissenschaftliches Potenzial freisetzen, das der Raumfahrt äußerst gut tun und ihre Entwicklung sehr beschleunigen würde - etwa um 10 bis 20 Jahre.

Raumfahrt schützt die individuelle Freiheit, indem sie Informationen und Bildung mitverbreitet, die Entstehung ernster Mängel verhindert, die zu administrativer, politisch-wirtschaftlicher Überregulierung

¹¹³ „heute“ war 1980 - aber auch 30 Jahre später hat sich nicht viel verändert

¹¹⁴ Aber vielleicht haben wir bis dahin Wurmlöcher oder die multi-hyper-transreale Cyberblase oder eine Dysonsphäre oder ähnliches.

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

führen¹¹⁵.

Nicht zuletzt und vor allem eröffnet sie die "kosmische Perspektive" - den kosmischen Imperativ; diese ist unvereinbar mit einer rigorosen Stabilisierung, mit dem Status quo, mit statischer Stagnation. Da Raumfahrt Wohlstandsperspektiven usw. eröffnet, beseitigt sie also Mängel, die Motivation für "Gegensatz-ismus" sind: Sozialismus - Kapitalismus; Kollektivismus - Individualismus; Staatswirtschaft - Privatwirtschaft; Freund - Feind und aus dem Spannungen inkl. aller weiteren Gefahren und Eskalationen resultieren.

Mit ihr gibt es keine "Wachstumsgrenzen" mehr, die nur für eine abgeschlossene Erde zutreffen, doch wir schwimmen in Energie und sind von Rohstoffen umgeben. Die meisten Grenzen werden durch den "kosmischen Imperativ" gegenstandslos: Das Weltall muß erschlossen werden - das schulden wir nicht zuletzt unseren Nachfahren, denen wir keinen Mangel, sondern Wohlstand und Aktivität und Dynamik vererben sollten. Der leider viel zu große, arme Teil der Weltbevölkerung kann realistische Hilfe nur aus dem Überfluß schöpferischer Erfolge erhalten, also aus denen der Wissenschaft und Technik und einem - umweltverträglichem - Industriewachstum.

"Grenzen des Wachstums" gibt es nicht für eine aktive Menschheit, die nach den Sternen greift und ihre Lebensbasis kosmisch sieht.

Erst die wichtigsten Probleme auf der Erde lösen, ehe wir uns dem All

¹¹⁵ Das fängt bei "Bevormundung" an, und geht über eingeschränkte Bürgerrechte bis hin zum Notstand inklusive "Kriegsrecht".

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

zuwenden - ohne Raumfahrt lassen sie sich erstmal gar nicht lösen und zweitens könnte diese Vorgehensweise zu risikoreich werden, denn wenn zuviel Zeit vertrödelt wird, sind manche Ressourcen oder noch schlimmer technisches Wissen nicht mehr vorhanden. In sie muß erst einiges investiert werden; sie wirft keine kurzfristigen Gewinne ab. Um wirklich etwas von ihr zu haben, muß man langfristig und in großen Dimensionen denken. Je länger man also wartet...also Raumfahrt - jetzt oder nie !

Durch die spezielle Weltraumumwelt, also Schwerelosigkeit, Hochvakuum, tiefe Temperaturen werden im All hergestellte Industrieerzeugnisse zur Produktion von Gütern führen, die auf der Erde gar nicht oder nur unvollkommen oder sehr aufwendig herstellbar sind; unter anderem Schaummetalle, neuartige Legierungen, Schmiermetalle, ultragenau Latexkugeln, um Elektronenmikroskope zu kalibrieren, Hohlkugeln für Kugellager, um Wirkungsgrade von Gasturbinen zu erhöhen, Glasfasern für optische Nachrichtentechnik, Halbleiter und andere elektronische Bauelemente, Pharmazeutika, Ultrareine Materialien, Monokristalle, Submillimeter dünne Siliziumschichten als Träger für elektronische integrierte Bauelemente, Löt- und Schweißverfahren effektiver gestalten. Auch wenn der gesamte Transportbedarf von einigen 10 Kilotonnenjährlich beträchtlich ist, ist der allein Ausblick auf vorteilhafte Weltraumprodukte kurzfristig; bei hinreichend geringen Transportkosten - etwa durch den Fahrstuhl ins All - gibt es weitere sehr gute Gründe, die Großindustrie soweit wie möglich ins All (oder aufs Meer) zu verlegen: Es steht fast unbegrenzte

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

solare Energie zur Verfügung, die Erde wird von allen Belastungen als Folge dieser Energieproduktion befreit, die Industriegelände werden für andere Zwecke frei - auch zur Renaturierung, die Umweltbelastungen und -schäden, die durch irdische Industrie anfallen, werden beseitigt. Vielleicht wäre eine Bevölkerung von nur 0,1 - 1 Milliarde Menschen besser, damit es genügend Freiraum und Rohstoffe gibt und doch genügend genetische Variabilität, Sicherheit gegen Katastrophen, Möglichkeiten zur Nachbarschaftshilfe.

Nicht nur unbemannte Raumfahrt, nicht nur Raumfahrt für die Erde, sondern alle Arten von Raumfahrt sind erforderlich !

Raumfahrt, vor allem bemannte Raumfahrt begann als Wettlauf zwischen den Supermächten, um die Überlegenheit des jeweiligen Systems zu beweisen. Seinerzeit entschieden die USA das Rennen auf dem Mond für sich, dann erlosch der Kampfgeist. Aufbruchsfantasien und Pionierträume bezüglich Vergnügungsreisen in den Erdorbit, Weltraumhotels, autarke Raumstationen für Zehntausende Menschen, Basen auf dem Mond und den Planeten- ja selbst die Besiedlung der Milchstraße zerschmolzen im Vietnamkrieg, Watergate und der Ölkrise. Rückblickend scheint der Erfolg des Apolloprogramms nicht zuletzt auch philosophisch und psychologisch zu sein; der Blick aus dem Weltraum auf die Erde schärfte das ökologische Bewußtsein.

Langfristig bleibt uns oder unseren Nachfahren keine Alternative zur kosmischen Migration, etwa weil die Klimaerwärmung die Erde im 3. Jahrtausend unbewohnbar macht - es sei denn Geoengineering, also

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Terraforming und/oder Pantropie, also Human Engineering kehren diese Prozesse um und lassen Spielraum.

Laut einer früheren GEO-Umfrage lehnen 3/4 der Deutschen eine gemeinsame bemannte Mission der reichen Industrieländer zum Mars ab; 62 % sind der Meinung, das Geld solle lieber für die Rentenversicherung verwendet werden. Wie jedoch ein Blick in die Geschichte zeigt, hat sich Kolumbus seinerzeit auch nicht von Bedenkenträgern bremsen lassen; evtl. hilft auch etwas Geduld und in einigen Jahrzehnten sind die Renten sicher *und* der Mars besiedelt?

Was wäre, wenn die Satellitengewinne direkt für bemannte Raumfahrtprogramme verwendet werden würde ?

Trotz aller Gegenargumente - Raumfahrt ist zu teuer, erst die Probleme auf der Erde lösen, das können Roboter doch viel besser, usw. - denn unser Expansionsdrang und unsere Abenteuerlust sind praktisch wohl nicht zu bremsen, denn die Suche nach immer neuen Horizonten ist ein genetisches Steinzeiterbe. Die Faszination der bemannten Raumfahrt liegt nicht zuletzt darin, daß, wenn ein Mensch fliegt, fliegen wir alle. Könnte eine robotische Marsmission so sehr begeistern wie Apollo oder eine bemannte Marslandung ? Bemannte Raumfahrt ist die Eroberung des Universums durch die Menschheit und Astronauten sind unsere Botschafter.

Vielleicht tut uns auch die Erkenntnis gut, daß die Erde kein isoliertes System ist, daß nicht nur Gutes von oben kommt, sondern auch Sonneneruptionen, Supernovae, erdbahnkreuzende und einschlagende Planetoiden und Kometen usw. Schon ein 1 km großer Planetoid mit 32

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

km/s hätte eine Explosionskraft von 10^{12} t TNT. Diese Kosmophobie läßt uns nicht nur neugierig, sondern auch wachsam werden und bleiben.

Der Mond bietet eine besondere Forschungsumgebung: geringere Schwerkraft, keine Atmosphäre, große Temperaturdifferenzen, er ist praktisch geologisch inaktiv und auch größere Impakte sind zur Zeit selten. z.B. Astronomie läßt sich auf ihm auf der erdabgewandten Seite besonders gut betreiben, viele km-große Radioteleskope lassen sich in Mondkratern installieren und mit irdischen Radioteleskopen zusammenschalten...Einzelteleskope könnten sich auch auf mobilen Plattformen befinden und anschließend interferometrisch zu einem Großteleskop zusammenschalten lassen. Überhaupt können dort viel größere Anlagen zur Planetaren, stellaren und galaktischen Beobachtung gebaut werden.

Jede hinreichend fortgeschrittene Technologie läßt sich von Magie nicht mehr unterscheiden...

Es kann viele Gründe geben, warum unsere Nachfahren die Erde und das Sonnensystem verlassen - etwa in Multigenerationenschiffen mit autarken Biosphären und kstl. Schwerkraft durch Beschleunigung oder Rotation. Was wird uns dort draußen erwarten? Wie wird das Unbekannte, Fremde *an sich* auf uns zurückwirken ? Destruktive Angst oder Konstruktive, Potenzial entfaltende Hoffnung ?

Der Umzug ins All ist als vernünftige Alternative zur

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Bevölkerungsexplosion, zu Nahrungsproblemen usw gedacht und beweist außerdem die Nützlichkeit moderner Wissenschaft und Technik bei der Lösung der Probleme, vor denen die Menschheit steht und denen sie sich nur ungenügend gewachsen zeigt. Schon die ersten Raumfahrtpioniere wie Ziolkowski, Oberth Goddard usw. schlugen die eine oder andere Variante einer möglich Aussiedlung vor. Vielleicht wird die Schaffung erweiterter künstlicher Lebensräume in den nächsten Jahrhunderten tatsächlich eines der großen Menschheitsvorhaben sein, doch die Aussiedlung macht die Lösung dieser dringenden Probleme nicht überflüssig; im Gegenteil: ein so groß angelegtes perspektivisches Unternehmen wie das Aussiedlungsprojekt setzt die Lösung heutiger "irdischer", menschlicher Probleme, die hauptsächlich auf Geld und damit auf antagonistischen Widersprüchen beruhen, geradezu voraus; militärische Hochrüstung usw. verschlingen nicht nur Unsummen sondern auch geistiges Kapital, die friedlichen Projekten der Wissenschaft und Technik verlorengehen. Die Aussiedlung setzt also ein gesundes internationales Klima einer hochentwickelten Zivilisation voraus, die friedliche wissenschaftlich-technische Programme favorisiert. Wenn wir uns dazu entschließen, kosmische Wohnstätten anzulegen und zu bevölkern, müssen wir erst die gegenwärtigen Fragen lösen, denn diese technische Schöpferkraft setzt eine progressive Entwicklung menschlicher Produktivkräfte voraus. Technische Wunder sind nur dann sinnvoll, wenn sie unserem Wohl dienen und dazu beitragen, Krieg, Not und Elend zu beseitigen. Diese Orientierung auf eine friedliche Zukunft, auf eine konstruktive und synergetische

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Kooperation der Völker und Staaten ist die wichtigste Motivation für alle großen Zukunftsprojekte, ohne die sie sich nicht realisieren lassen werden. Raumfahrt läßt großartige Perspektiven erkennen, doch es liegt an uns, sie zu realisieren - mit dem was wir wann tun und dem was wir unterlassen.

Raumfahrt ist ein gewaltiger Evolutionssprung, in etwa vergleichbar mit dem Schritt des Lebens aus dem Wasser aufs Land oder der Erfindung des Feuers. Der Sprung in den Weltraum wird hauptsächlich durch existentielle Notwendigkeiten motiviert; der qualitative Unterschied zu den bisherigen Evolutionssprüngen ist der, das die kosmische Entwicklungsphase im Gegensatz zur biologischen und kulturellen erstmals ausschließlich von Intelligenz- und Bewußtseinsträgern eingeleitet, ermöglicht und gestaltet worden ist. Fanden materielle, biologische und kulturelle Entwicklungsphasen bisher chronologisch statt, wird es in der kosmischen Weiterentwicklung ein wechselwirkendes Nebeneinander geben; die extraterrestrische Evolution wird auf diesen Ebenen eine neue Revolution einleiten und ablaufen lassen.

Außerdem ist sie eine Komponente unseres Kulturbedürfnisses, mit der wir uns qualitativ von Urwaldmenschen und "Naturvölkern" unterscheiden. Sie ist eine neue Dimension menschlichen Denkens und Wirkens, durch die wir aus einem begrenzten Planetenraum in die Größe und Weite der Metagalaxis aufbrechen.

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

Mit ihr könnte die Entwicklung vom Homo sapiens weiter zum Homo cosmicus gehen...

Mit Raumfahrt läßt sich auf 3fache Weise Negentropie erzeugen: Energiesatelliten beziehungsweise SSPS, die Kraftstrom auf die Erde strahlen; mit LST, durch die zusätzliche SONNENERGIE z.B. für die Landwirtschaft (Fotosynthese) auf die Erde eingestrahlt wird und durch die Annihilation von Materie und Antimaterie oder magnetischer Monopole oder WIMPS und Anti-WIPMS, durch die künstliche Sonnen möglich werden und durch die das Erdklima stabilisiert wird, etwa bei Eiszeiten oder nach dem die Sonne die Hauptreihe verlassen hat und zu einem weißen Zwerg geworden ist.

Welraumtechnik bedeutet den Sieg über die Gravitation; keine andere Wissenschaft, Technik und Geistesleistung sonst kann einen derart gewaltigen, komplexen, weitreichenden und folgenschweren Evolutionsakt in Aussicht stellen.

Welraumtechnik und- produktion bieten einer energiehungrigen, rohstoffarmen nahrungsbedürftigen und durch Treibhausgase und Abwärme umweltbelasteten Erde von morgen das Potenzial zum Überleben.

Dadurch, daß sie ein hohes Maß an Negentropie beziehungsweise Syntropie erzeugt, läßt sich das thermodynamische Gleichgewicht hinausschieben, welches eintritt, wenn durch die Material- und Energieintensität menschlichen Handelns und Wirtschaftens alle Energieressourcen ihr Minimum und die Umweltbelastung ihr Maximum erreichen und es infolgedessen auf Megajahre hinaus kein

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

(höheres) Leben auf der Erde gibt.

Ein ernsthaftes Weltraumkolonisierungsprogramm macht nur einen Bruchteil der Verteidigung- u.a. eher unwichtiger Ausgaben aus (man denke weiterhin an Misswirtschaft, Wirtschaftskriminalität und ähnliches) und gefährdet nicht die Lösung anderer dringender sozialer Probleme, die eher durch Korruption, Rüstung, Veruntreuung usw. entstehen. Je mehr Menschen sich dafür begeistern, desto leichter wird es durchzusetzen sein. Eine große Auswahl bleibt nicht, denn die Alternativen zur Raumfahrt und allgemein einer technischen Welt sind nicht durchführbar und wären verheerend: kein Schutz vor Impakten, Nahrungs- und Platzmangel bei einer Agrar- oder Jäger- und Sammlergemeinschaft, fehlendes Können und Wissen u.v.m. Ein vernichtender Planetoidenimpakt wird sich mit hoher Wahrscheinlichkeit auch zukünftig ereignen, da von Tausenden Erdbahnkreuzern eine große Kollisionsgefahr ausgeht. Etwa alle 100 KJ (Kilojahre) ereignen sich Einschläge mit zivilisationsbedrohenden Auswirkungen, wie etwa das Tunguska-Kometenfragment; alle 10 bis 100 Megajahre wiederholt sich ein Megaimpakt wie der, der die Saurier auslöschte.

Die technischen Möglichkeiten um die Welt zu verändern, verlangen aufgrund potenzieller Gefahren sehr viel Besonnenheit und Vorsicht. Es ist eine paradoxe Situation: die uns bedrohenden weil mißbrauchten Technologien und die Befreiung von dieser Bedrohung entspringen ein und derselben Quelle. Unsere Zukunft wäre viel optimistischer, gäbe es

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

viele autarke und autonome Kolonien auf verschiedenen Welten; jede wäre zu Recht stolz auf ihre Errungenschaften, auf ihre Ingenieurskunst, ihr Sozialgefüge und ihren Genpool; genau diese Individualität, diese Andersartigkeit - nicht zu verwechseln mit Nationalismus oder gar Rassismus - wäre ein Mittel zum Überleben.

(Nach meiner ganz persönlichen Meinung ist auch die gegenwärtige Gesellschaftsform, also der Kapital-ismus, suboptimal für Wissenschaft und Technik, denn sie ist überwiegend auf Profit ausgerichtet und Ergebnisse werden oft militärisch mißbraucht. Während Geld für alles möglich da ist, reicht es für Wissenschaft und Technik selten und auch um das wenige Vorhandene reißen sich die Forscher - aus Neid, Prestige, Konkurrenz uvam.; sie sind sich uneinig, aber sie sind eben auch nur Menschen.)

Eine Marsmission etwa könnte durch die hohen Anforderungen an Antriebs- und Sicherheitstechnik, Lebenserhaltungssysteme, exobiologische Forschung usw. einen ähnlichen technologischen Motivationsschub freisetzen wie seinerzeit Apolloder Der Aufbruch zum Mars würde die Wirtschaft beleben und die Kosten mehr als aufwiegen, ganz zu schweigen von der Bedeutung für unsere Zivilisation, wenn ein Mensch erstmals seinen Fuß auf einen anderen Planeten setzt...

Schon in wenigen Jahrzehnten (wenn auch die technologische Singularität eintreten soll) könnten wir mit der Besiedlung der Planetoiden, Monde und Planeten beginnen. Biotechnologie und

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

subzelluläre Maschinen werden am meisten zu unserer Ausbreitung im Universum beitragen.

Die Erforschung und Besiedlung des Sonnensystems wird eine kulturelle Blütezeit und eine Epoche erstaunlicher Fortschritte in Wissenschaft und Technik einläuten; es wird der Anfang der Geschichte sein, nicht deren Ende.

Ist intelligentes Leben erst einmal durch die Rohstoffe des Weltalls unabhängig geworden, ist es die wichtigste, größte Ressource im Sonnensystem, dessen Energie- und Rohstoffvorräte versprechen der Menschheit eine unendliche Zukunft; wir können nicht nur den Fesseln der Erde entfliehen, sondern auch denen der Sonne und ihrem feurigen Ende.

Das All wird auch ein Zufluchtsort für manche Kolonisten sein, die auf der Suche nach Freiheit vor religiöser, politischer und ethischer Verfolgung sind. Weiterhin ist seine wirtschaftliche Erschließung eine existentielle Notwendigkeit und die Rohstoffe des Weltalls werden alle Spielregeln verändern und uns fantastische Reichtümer beschere; durch sie werden schwindelerregende Reisemöglichkeiten möglich.

Unsere Nachfahren werden in der Galaxis auf ein breites Spektrum neuer fremder stellarer, Planetarer und andere Umgebungen treffen. Je weiter sie sich dann in der Milchstraße ausbreiten werden, umso größer werden Spezifikation, Dissimilation und Biodiversität, so dass sich die verschiedenen Ableger des Homo Sapiens sapiens aufgrund langer genetischer Isolation und Anpassung an sehr unterschiedliche Welten

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

und deren Anziehungskräfte usw. irgendwann nicht mehr untereinander fortpflanzen können¹¹⁶ ; durch die Kolonisation werden wir Milliarden neue Arten hervorbringen.

Mit ihren Technologien werden sie Planeten und Monde terraformen und sich und andere tierische und pflanzliche Arten den Umständen fremder Welten anpassen, so daß Milliarden Rassen, Billionen Arten und noch mehr Individuen aus ihnen hervorgehen werden.

Die Kultur unserer Nachfahren wird anders, ihre Technologien (z.B. Nano-und Femtotechnologie, Wurmlöcher) werden weiterentwickelt, ihre Sprache verändert, ihr Verhältnis zu KI vertrauter und ihr Erscheinungsbild wahrscheinlich ganz anders beziehungsweise viel umfassender als unseres sein.

Doch damit wir überhaupt noch in Mega-und Gigajahren existieren, müssen wir schon *HEUTE* uns und unsere Institutionen ändern, denn sollten wir auch nur etwas gewalttätiger, beschränkter, dümmer und selbstsüchtiger werden - das könnte zunächst nur eine Trendfrage, später Mode und schließlich Kultur werden, wobei es zum Glück (?) auch immer Gegentrends usw. gibt - haben wir mit großer Wahrscheinlichkeit keine Zukunft. Vielleicht kommt es auch rechtzeitig zum Scheitelpunkt und die Besiedlung des Multiversums ist eine Aufgabe von EXES, Posthumanen und KENEN - von denen wir irgendwie ein Teil sein werden, evtl. als Emulationen...

Dort bei Alpha Centauri, Epsilon Eridani, Tau Ceti, Sigma Draconis

¹¹⁶ aber mit Nanotechnologie vielleicht doch

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

und all den anderen Sternen und Galaxien wird eine uns verwandte Art eintreffen, die unsere Schwächen verringert und unsere antagonistischen Widersprüche annulliert haben wird, die unsere Stärken potenziert hat - eine Art, die zuversichtlich und vorausblickend lebt und konstruktiv, effektiv, aber auch klug und vorsichtig ist; alles das was man sich von seinen Kindern wünscht und auf die wir stolz sein werden können.

Wird unsere Motivation diesselbe sein, während wir uns innerhalb geologischer und kosmologischer Äonen verändern (nach der Scheitelpunkthypothese jedoch schon viel früher)?

Vielleicht gibt es dann viel wichtigere Gründe für seine Erforschung als nur die Besiedlung einiger Welten - etwa die von Bewußtsein als kosmologischem Faktor, um in die Evolution des Universums einzugreifen...

Bei Raumfahrt geht es um den Aufbruch aus der räumlichen und zeitlichen Begrenztheit in die raumzeitliche (relative) Unendlichkeit des Universums; nur durch sie werden die Begrenzungen der irdischen Biosphäre überwunden. Dieses Überwinden eines begrenzten und bedrohten Planetenraums und das Erschließen neuer Existenzräume für das Leben in diesem Sonnensystem und - langfristig - in interstellaren Dimensionen würde alles bisherige verblassen lassen; mit dem Anbruch des Raumzeit-Alters kann man durchaus damit rechnen, daß auch das Leben des Homo sapiens und die aus ihm entstehenden Homo sapiens spaciens, Homo galacticus und letztlich Homo cosmicus und die jeweils von ihnen hervorgebrachten Kulturen in die Transzeitlichkeit

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

beziehungsweise Unzeitlichkeit hineinwachsen können.

Uns nachfolgende Generationen werden den Sprung aus der irdischen Ökosphäre in den Ökokosmos meistern, der sich zunächst auf unser eigenes Sonnensystem beschränkt. Indem sie neue Exo-Ökosysteme erschaffen und die alten auf der Erde umweltfreundlicher gestalten, werden sie ihre irdischen Entwicklungsgrenzen erweitern beziehungsweise aufheben, was möglich wird durch praktisch unerschöpfliche Energiequellen, Erschließung neuer Rohstoffquellen, Erschaffung zusätzlicher, umweltneutraler Produktionsräume, zusätzliche ökologische Regelkreise, die unendliche Wärme- und Abfallsenke Weltraum und die Möglichkeit, verlorengewonnene Sonnenenergie für spätere Bedürfnisse z.T. als Antimaterie zu speichern und damit in den Energiehaushalt unseres Sonnensystems einzugreifen. Die Entwicklung von der Ökosphäre zum Ökokosmos wird die sozialen, kulturellen, geistigen, wirtschaftlichen und sittlichen Bereiche des Mensch-Seins - also alle Bereiche - enorm beeinflussen.

Durch die Besiedlung des Alls, also durch Raumfahrt erscheint es möglich, nicht nur weitere Siedlungsräume zu erschließen, sondern uns und unsere Kultur in eine Ultrazukunft hinüberzuretten. Hat sich das irdische Leben bisher praktisch nur zweidimensional entwickelt, entspricht der kosmische Wirkungs- und Lebensraum, also der Ökokosmos einem dreidimensionalen Bezugssystem in dem alle Raumkoordinaten theoretisch unendliche Größen darstellen.

Solange unsere Sonne strahlt, läßt sich von einem praktisch unendlichen Existenzraum sprechen; die Ausbreitung in intergalaktische Bereiche

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

läßt sich weiterhin als relative Unendlichkeit verstehen, wobei eine absolute Unendlichkeit dem Hinüberwachsen unserer trans- und posthumanen Nachkommen in den Kreislaufprozeß des gesamten Universums entspricht. Mit Scheitelpunkttechnologien als 1. technische Singularität und Designerraumzeiten als 2. technische Singularität könnte auch der 3. kosmische Evolutionssprung gelingen - jener in die "absolute Unendlichkeit", die für das Universum beziehungsweise Metagalaxis als Ganzes und als Kreislaufprozeß evtl. gegeben ist.

Kommen wir nun zum Multiversum...

Unsere natürliche Umwelt endet nicht an der äußeren Atmosphäre; das Universum selbst ist unsere Natur, von der die Erde nur ein kleiner, wenn auch sehr schöner, aber im kosmischen Maßstab nicht einmal ein repräsentativer Ausschnitt daraus ist. Also muß Raumfahrt als langfristiges evolutionäres Ziel verstanden werden. Sie und ihre Ziele können nicht von kurzfristigen, angeblich "bodenständig-wissenschaftlichen" Überlegungen allein abhängig gemacht werden.

Warum Raumfahrt., warum schießen wir für teures Geld immer wieder und immer mehr Raketen und Raumsonden ins Sonnensystem, warum lassen wir es uns "soviel" kosten, herauszufinden, ob es auf Mars, Europa, Titan usw. Leben gibt (wenn auch nur MOs), warum schicken wir Botschaften per Raumsonden aus unserem Sonnensystem hinaus, warum senden wir Radiobotschaften z.B. an M 13, einen Kugelsternhaufen, warum machen wir SETI, warum werden teure und zeitaufwendige Unternehmen teilweise über Jahrzehnte hinweg

Teil 04: Warum Raumfahrt ?

gestartet, unermüdlich und in der Hoffnung, eines Tages erfolgreich damit zu sein?

Weil es unsere Bestimmung ist !

Denn das ist das Ziel: dem Leben jeden Platz zu erobern, auf dem es bestehen und weiter wachsen kann; jede unbelebte Welt zu beleben und jede lebende sinnvoller zu gestalten.

Materie ist die Erfüllung der Raumzeit, deren Erfüllung wiederum ist Leben; die höchste Erfüllung des Lebens ist uneingeschränkte Intelligenz und Verantwortungsgefühl. Unsere Intelligenz ist der Schlüssel zu unsere Zukunft; wir Menschen sind keine Form der Umweltverschmutzung wie auch Leben kein Krebsgeschwür der Materie, sondern ihre Transzendierung ist.

Im Rahmen der Besiedlung des Weltalls wird ein Informationsnetz aus Mononen unaufhörlich fortschreiten, das Universum beziehungsweise das Multiversum in ein einziges zusammenhängendes, sich immer weiter strukturierendes Muster zu verwandeln - das wäre dann tatsächlich die letzte weil alles umfassende Integration - die kosmische Integration.

Verwendete Literatur

- Hans Barth : Weltraumtechnik für die Umwelt (1997)
John S. Lewis: Unbegrenzte Zukunft - Reichtümer aus dem Universum (1996)
Manfred Reitz: Leben jenseits der Lichtjahre (1996)
Walter Fuchs: Leben unter fernen Sonnen? (1973)
F. Jackson / P. Moore: Leben im Universum? (1989)
Roland M. Horn: Leben im Weltraum? (1998)
Jean Heidmann: BIOASTRONOMIE - über irdisches Leben und außerirdische Intelligenz (1994)
H. Rahmann / K. A. Kirsch: Mensch, Leben, Schwerkraft, Kosmos (2001)
Carl Sagan: Unser Kosmos (1980)
Carl Sagan und Ann Druyan: Der Komet (1985)
Carl Sagan: Blauer Punkt im All (1994)
Paul Halpern: Wurmlöcher im Kosmos (1992)
Kip S. Thorne: Gekrümmter Raum und Verbogene Zeit (1993)
Jim Al-Khalili: Schwarze Löcher, Wurmlöcher und Zeitmaschinen (1999)
Fred Alan Wolf: Parallele Universen (1990)
Dieter B. Hermann: Eroberer des Himmels (1986)
Michio Kaku: Hyperspace - Einsteins Rache (1994)
Ernst von Khuon: Waren die Götter Astronauten ? (1970)
 Ernst von Khuon: Kamen die Götter von anderen Sternen ?
 Ernst Stuhlinger: Wurde unsere Erde von fremden Astronauten besucht ?
 Winfried Petri: Sind wir allein im Weltall ?
 Harry O. Ruppe: Gedanken über die Möglichkeit interstellarer Raumfahrt

Peter von der Osten-Sacken: Gedankenexperimente zur Relativität der Zeit

H. W. Franke: Kyborgs auf Weltraumfahrt

Joao Magueijo: Schneller als die Lichtgeschwindigkeit (2003)

J. R. Gott: Zeitreisen in Einsteins Universum (2001)

H. O. Ruppe: Die grenzenlose Dimension-Raumfahrt (198)

J. P. Luminet: Schwarze Löcher (1987 bzw. 1997)

C. F. Gethmann, N. Rohner, K. Schrogi (Hrsg.): Die Zukunft der Raumfahrt - Ihr Nutzen und ihr Wert (2007)

H.-A. Marsiske: Heimat Weltall - wohin soll Raumfahrt führen ? (2005)

Damien Broderick: Die molekulare Manufaktur - wie Nanotechnologie uns. Zukunft beeinflusst (2001)

Horst Güntheroth/Peter Pursche: Abenteuer Weltall (2005)

Duncan Steel: Zielscheibe Erde (2000)

???: Astronomie - Eine Einführung in das Universum der Sterne (ca.2004)

Hansjürg Geiger: Aufbruch zu neuen Welten - Die Zukunft der Raumfahrt

Time Life: Die Kolonialisierung des Weltraums (1989)

Peter Nicholls: Der Zukunft auf der Spur (1982)

Internet: Wikipedia