

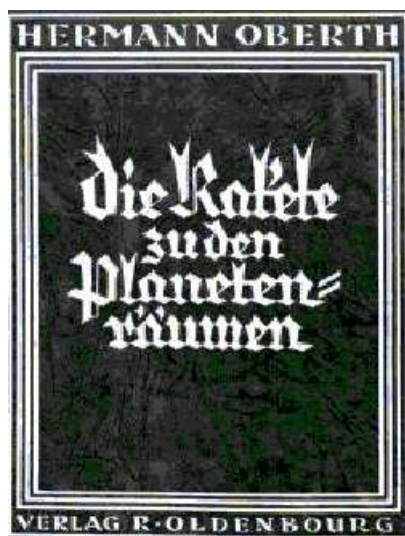
TELEPOLIS

"Rakete zu den Planetenräumen"

Artur P. Schmidt 20.10.2004

Raketentechnische Visionen im Zeitraffer - Teil 1

Die erste Anwendung für Raketen war das Schießpulver, das wahrscheinlich schon im dritten Jahrhundert vor Christus verwendet wurde. Seit dem 11. Jahrhundert nach Christi haben das Schießpulver und die Nutzung von Raketen eine besondere Bedeutung für die chinesische Militärtaktik. In Europa wurden Raketen seit der Mitte des 13. Jahrhunderts genutzt. Erste Versuche mit militärischen Raketen fanden im Jahr 1668 in Deutschland statt. Während des I. Weltkrieges wurden Raketen ohne großen Erfolg von Flugzeugen aus eingesetzt, um wasserstoffgefüllte Ballone abzuschießen. Erst als mit Flüssigkeiten angetriebene Treibstoffe erfolgreich genutzt werden konnten, gelang es wesentlich leistungsfähigere Raketen zu designen.



"Die Rakete zu den Planetenräumen" von Hermann Oberth

Einer der bedeutendsten Pioniere im Forschungsgebiet der Raumfahrtwissenschaften war Hermann Oberth. Mit seinen Büchern "Die Rakete zu den Planetenräumen" (1923) und "Die Wege zur Raumschiffahrt" (1929) schuf er die wissenschaftliche Grundlage für die Entwicklung von Raketen und die bemannte Raumfahrt. Angeregt von dem Buch "Reise um den Mond" von Jules Verne begann Oberth bereits als Schüler des Gymnasiums erste Raketenentwürfe vorzunehmen. In den Jahren 1928 bis 1929 war Oberth in Berlin wissenschaftlicher Berater von Ufa-Regisseur Fritz Lang zur Produktion des ersten Raumfahrtfilms der Welt: "Frau im Mond". Von Hermann Oberth stammt der visionäre Satz:

► 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 sinnvoll zu machen. ◀

Wie kein zweiter Raumfahrtpionier erkannte Oberth die wirtschaftliche Bedeutung der Raumfahrt sowie deren Bedeutung für die Globalisierung des Planeten.

Schubproduktion im Vakuum und Mehrstufenprinzip

Der bedeutendste Raketenpionier in den Vereinigten Staaten war Robert Hutchings Goddard, der 214 Raketenpatente besaß. Nach ihm wurde das Goddard Space Flight Center der NASA benannt. Goddard entwickelte nicht nur die mathematische Theorie des Raketenantriebs, sondern er bewies auch, dass Raketenantriebe im Vakuum Schub produzieren können, was die Raumfahrt letztendlich erst möglich macht. 1916 begann Goddard seine Arbeiten zur Entwicklung einer Rakete mit Flüssigtreibstoff, wobei er Forschungsgelder vom Smithsonian Institute erhielt. Im März 1926 testete Goddard erfolgreich die erste Rakete mit flüssigem Treibstoff.



Robert Goddard mit der ersten Rakete mit flüssigem Treibstoff. Foto: Nasa

Sein russischer Gegenpart war Konstantin Tsiolkovski (1857-1935), der parallel zu Goddard die Theorie eines flüssigen Raketenantriebs entwickelte. 1903 formulierte er seine berühmte Raketengrundgleichung und 1929 eine Theorie über mehrstufige Raketen.

Im Jahr 1929 führte Hermann Oberth in Deutschland erste erfolgreiche Versuche mit einem Raketenmotor für Flüssigtreibstoffe, der "Kegeldüse", durch, wobei ihm Studenten der TU Berlin assistierten. Einer dieser Studenten war Wernher von Braun, der später technischer Direktor des ersten Raketenversuchszentrums in Berlin-Kummersdorf und anschließend in Peenemünde wurde.

Wernher von Braun

Wernher von Braun (1912-1977) war der wohl bedeutendste Raketendesigner des 20. Jahrhunderts. Besonders beeinflusst wurde er vom Buch "Die Rakete zu den Planetenräumen" von Hermann Oberth. Bereits im Alter von 22 Jahren hatte von Braun seinen Dokortitel in Physik und zwei Jahre später leitete er das Entwicklungsprogramm für militärische Raketen. Als das Raketenforschungszentrum Kummersdorf 1936 zu klein wurde, zog das Forschungsteam um Wernher von Braun nach Peenemünde um. Seine bedeutendste Entwicklung während des Krieges, die A4-Rakete (später auch als Vergeltungswaffe V2 bekannt), flog erfolgreich im März 1942, wobei die Leistungsfähigkeit bis 1945 immer weiter verbessert werden konnte. 1944 beschossen die Nazis mit der V2 London und verursachten schwere Schäden. Neben dem Einsatz von Kontinentalraketen forschte das Team um von Braun auch an der Entwicklung von Interkontinentalraketen.



Wernher von Braun in einer Fernsehshow von Disney. Bild: Nasa

Nach dem Krieg wurde von Braun beauftragt die Arbeit des 1945 verstorbenen amerikanischen Raketenpioniers Goddard in White Sands, New Mexiko, fortzusetzen. 1960 wurde er zum Direktor des Marshall Space Flight Centers der NASA berufen. Dort entwickelte er die leistungsstärkste Rakete, die bisher gebaut wurde, die Saturn V-Trägerrakete, die die Apollo 11-Besatzung im Jahr 1969 erfolgreich zum Mond brachte.

Das Konzept der Raumgleiter

Nachdem die Amerikaner Ende der sechziger Jahre das von John F. Kennedy proklamierte Wettrennen zum Mond gewonnen hatten, war der logische nächste Schritt die kommerzielle Nutzung des Weltalls. Um dies zu erreichen, musste die Transportpreise für Nutzlasten in einen Orbit drastisch gesenkt werden. Deshalb wurde ein wiederverwendbares Transportsystem geplant: der Space Shuttle.

Die ersten Studien für ein wiederverwendbares Raumfahrzeug begannen 1968. Eine davon beschrieb das spätere Space Shuttle: ein teilweise wiederverwendbares System, bei dem zwei Feststoffraketen als Starthilfe dienen und ein Treibstofftank vor Erreichen des Orbits abgesprengt wird. Durch Budgetkürzungen bei der NASA von 5,9 Milliarden im Jahr 1965 auf 3,4 Milliarden US-Dollar im Jahr 1972 konnte nur das billigste Konzept realisiert werden. Das Projekt startete am 15.3.1972. Die Aufträge gingen anders als früher an die Firmen, welche die günstigsten Angebote abgaben, nicht an die Firmen mit der größten Erfahrung in diesem Gebiet. So baute die Feststoffbooster Thiokol und nicht die für die Herstellung größerer Booster erfahrenere United Technologies.



Start des ersten Space Shuttle im Jahr 1981. Bild: Nasa

Vorschläge wie der von Wernher von Braun statt Feststoff-Boostern solche mit flüssigem Treibstoff einzusetzen, wurden ebenso wie der Einbau von Schleudersitzen zur Rettung der Besatzung bis 12 km Höhe oder der einer abtrennbaren Kabine abgelehnt. Bei späteren Tests im Januar 1979 explodierte ein Hochdruckpumpe, später bereiteten die Hitzeschutzkacheln Probleme und im Januar 1981 wurde beim Betanken ein Loch im Sauerstofftank entdeckt.

Das Space Shuttle war durch die Explosion der Kosten das erste bemannte US Raumfahrzeug das ohne jede Sicherheitseinrichtung für die Besatzung startete. Ursprünglich sollte der Space Shuttle für einen Startpreis von 10.5 Millionen US-Dollar pro Flug starten und um den Faktor 10 billiger sein als eine konventionelle Rakete. Doch bereits bei den ersten Erprobungsflügen 1981/82 überschritt der Startpreis die Höhe von 70 Millionen US-Dollar und der Missionspreis kletterte nach Abschluss der Tests sogar auf 260 Millionen US-Dollar. Letztendlich kam es dann, wie es kommen musste.

Die Shuttle-Katastrophen

Am 28. Januar 1986 explodierte der Space Shuttle Challenger nach 72 Sekunden Flug. Der in mehreren Teilen gefertigte Booster hatte Dichtungsringe aus Gummi, die beim Start verbrannten. Aus Kostengründen wurde auf die Produktion eines sichereren, aus einem Stück gefertigten Feststoff-Boosters oder Booster mit flüssigem Treibstoff verzichtet. Das Management der NASA hatte das Leben der Astronauten dem Kostensenkungsvorgaben und dem Ziel einer Erhöhung der Startrate geopfert.



Challenger-Katastrophe, Bild: Nasa

Die Kostenexplosion hatte vor allem zwei Ursachen: Erstens sind Space Shuttle-Missionen bemannt und zweitens war das Space Shuttle zu komplex, so dass nie eine hohe Startrate erreicht werden konnte. Diese Fehler führten zu einem 32-monatigen Unterbrechung des Shuttle-Programms und ermöglichten den kommerziellen Siegeszug des unbemannten europäischen Ariane-Raketenprogramms.

Doch die Hiobsbotschaften für die amerikanische Raumfahrt sollten nicht abreißen.

Am 1.2.2003, 17 Jahre nach dem Challenger-Unglück, verglühte das Schwesterschiff Columbia beim Wiedereintritt in die Atmosphäre. Auch dieses Unglück hätte vermieden werden können, wenn man nach der Beschädigung eines Panels die Astronauten mit einem intakten Shuttle aus der internationalen Raumstation ISS abgeholt hätte, anstatt ihr Leben erneut der Ignoranz und Arroganz des NASA-Managements zu opfern. Mit diesem Unfall scheint das Schicksal des Shuttle besiegelt und eine Stilllegung des Programms spätestens bis zum Jahr 2010 als sicher.

Das Venture-Star-Projekt

Das Space Shuttle konnte Wegwerfraketen wie die dreistufige Saturn V nur bedingt ablösen. Das Abwenden von der klassischen Trägerrakete in den USA hat dazu geführt, dass die Europäer heute bei dieser Technologie die Führerschaft haben. Dagegen haben die Amerikaner bei der Raumgleiter-Technologie die Nase vorne.



X-33. Bild: Nasa

Ursprüngliche Entwürfe sahen ein zweistufiges Raumfahrzeug nach dem deutschen "Sänger-Konzept" vor, bei dem ein bemanntes und senkrecht startendes Raketenflugzeug den eigentlichen Raumtransporter in die oberen Atmosphärenschichten trägt und danach wie ein gewöhnliches Flugzeug auf einer Piste landet. Der Raumtransporter startet von dieser fliegenden Startrampe in eine Erdumlaufbahn durch und landet nach dem Wiedereintritt wie das heutige Space Shuttle.

Doch dann entschied man sich 1996 bei der NASA für ein einstufiges Konzept: den wiederverwendbaren "Venture Star". Der X-33 ist ein sogenanntes "Reusable Launch Vehicle" (RLV), welches erhebliche Kosteneinsparungen für Raumtransporte verspricht. Das Ziel beim X-33-Projekt ist es die Kosten von 10.000 US-Dollar auf 1.000 US-Dollar/pro Pfund Nutzlast für niederere Umlaufbahnen zu senken.

Im Gegensatz zum Space Shuttle gibt es bei der "Venture Star" keine Trennung zwischen Rumpf und Tragflächen, weshalb es sich hierbei um ein Nurflügler-Konzept wie beim Stealth-Bomber B2 handelt. Da der Auftrieb bei vollen Tanks für ein horizontales Abheben nicht ausreicht, startet das "Venture Star"-System wie eine klassische Mehrstufenrakete oder das Space Shuttle ebenfalls senkrecht. Eine ferngesteuerte, unbemannte X-33-Version könnte sogar zu einer ersten Herausforderung für die heutige Ariane 5-Trägerrakete avancieren. Derzeit wird unter der Bezeichnung X-38 ein Mini Shuttle entwickelt, das CRV (Crew Return Vehicle), das als Rettungsboot für Astronauten der ISS dienen soll.

Artikel URL: <http://www.heise.de/tp/artikel/18/18585/>
Copyright © Telepolis, Heise Zeitschriften Verlag

TELEPOLIS

Zeit für Raumfahrtabenteurer

Artur P. Schmidt 26.10.2004

Raketentechnische Visionen im Zeitraffer - Teil 2

Für die Entwicklung privater Raumfahrtprogramme wurde ein Preis mit Namen "X-Prize" ausgesetzt. Am 4. Oktober hat der amerikanische Luftfahrtingenieur Burt Rutan diesen internationalen Wettbewerb mit seinem StarShipOne gewonnen und das Preisgeld von 10 Millionen US-Dollar erhalten (Start ins Zeitalter des Weltraumtourismus?[1]). Der Preis ging an das erste privat finanzierte Raumschiff, das mit einer Besatzung (bzw. Gewicht) von 3 Personen in eine Höhe von 100 Kilometer fliegt und diesen Flug mit dem gleichen Raumschiff binnen 14 Tagen wiederholt.

Mit seinem SpaceShipOne-Projekt möchte Rutan dem Weg zum Massentransport in den Weltall den Weg ebnen (Ansturm auf galaktische Reiseagentur[2]). Das nach dem Sänger-Prinzip arbeitende SpaceShipOne wurde von seinem Trägerflugzeug "White Knight" auf eine Höhe von 15.000 Metern gebracht. Hier wird es ausgeklinkt und mit Hilfe seiner Antriebsraketen innerhalb von 80 Sekunden auf die Zielhöhe von 100 km gesteuert. Beim Rückflug bremsen hochgeklappte Flügel den Rücksturz ab, bis das Raketenflugzeug wieder manövrierfähig wird und wie ein gewöhnliches Flugzeug landet. Es wird sich zeigen, ob Privatinitiative und Abenteuerlust der einzige Weg der Menschheit sind, Hermann Oberths Träume von Reisen zu den Planetenräumen Realität werden zu lassen. Fest steht jedoch, dass es auf grundlegende Innovationen ankommt, wenn man die Raumfahrt in neue Sphären führen will.



SpaceShipOne. Bild: Scaled Composites

Die Laserstrahl-Rakete

Zukünftige Raumtransportsysteme in den Weltraum könnten durch die Nutzung von Licht ohne Triebwerke und Treibstoff an Bord auskommen, d.h. die Nutzlast könnte auf einem Laserstrahl in das Weltall reiten. Etwa 10 % des Gewichts eines solchen Lightship könnten für Nutzlast verwendet werden, wobei sich dieser Wert durch die Verwendung ultraleichter Werkstoffe auch heute schon auf den Faktor 15 - 20 % steigern ließe. Zum Vergleich kann bei einer Saturn-V-Rakete, eine der am besten optimierten Raketen der Welt, nur etwa 4 % der Startmasse bei einer 500 km Kreisbahn um die Erde als Nutzlast verwendet werden.

Das erste Space Shuttle für einen 278 km-Orbit hatte lediglich eine Nutzlast von etwa 1,5 % der Startmasse. Am 5. Nov. 1997 wurde der erste Außentest mit einem pulsierten 10 KW-Laserstrahl (eines Hochleistungs-Infrarot-CO₂-Lasers, dessen Wellenlänge für das bloße Auge unsichtbar ist) durchgeführt, der das Gefährt mit einem Durchmesser von 14 cm und einem Gewicht von circa 40-50 Gramm auf eine Höhe von 17 Meter brachte.



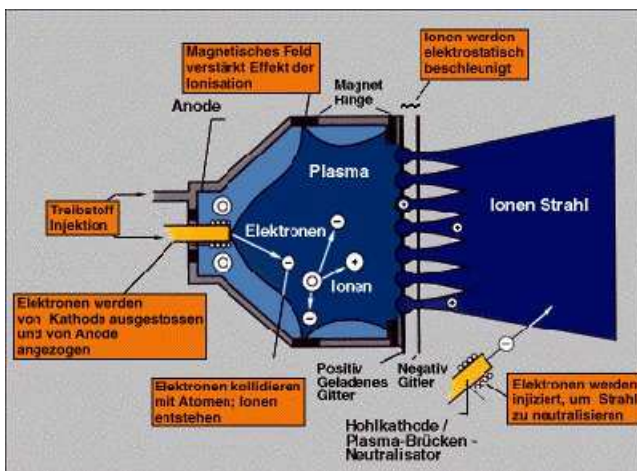
Lightcraft mit Laserantrieb. Bild: Nasa

Der Antrieb des Lightcraft wurde von Leik Myrabo erfunden, einem Professor am renommierten Rensselaer Polytechnic Institute in Troy New York. Das Grundprinzip des Antriebs ist relativ einfach. Ein Spiegel dient als Startrampe für das Lightcraft. Ein schnell pulsierender Laser wird auf einen Reflektor unterhalb der Rakete gerichtet, wodurch die Luft unter der Rakete sehr stark erhitzt wird. Hierbei setzt der Prozess der "inversen Bremsstrahlung" explosionsartig Energien frei, die durch Düsen für den Antrieb von Raketen genutzt werden können.

Die Hauptgründe für die Investitionen in lasergeführte Raketen sind die geringen Kosten, die Einfachheit der Bauweise und die Möglichkeit, schnell Satelliten oder Kleinbauteile für Weltraumstationen in den Orbit zu befördern. Lichttraumschiffe eröffnen eine radikale Abkehr vom Prinzip der chemischen Raketen und deren ökologischen Problemen für einen möglichen regelmäßigen transatmosphärischen und orbitalen Transport von Menschen und Lasten. Mit Lightcraft-Transportsystemen könnten Personen in 45 Minuten von New York nach Australien befördert werden und eine Reise zum Mond könnte in fünfeinhalb Stunden durchgeführt werden. Vielleicht reiten wir zukünftig auf einem Laserstrahl zu den Grenzen unseres Sonnensystems.

Ionenantriebe

Der Ionenantrieb ist eine Antriebstechnik für Raumfahrzeuge, bei dem der Ausstoß eines Ionenstrahls zur Fortbewegung genutzt wird. Es wird auch als "solar-elektrischer Antrieb" bzw. "Solar Electric Propulsion" (SEP) bezeichnet. Dabei wird das schwere Edelgas Xenon als Treibstoff eingesetzt, welches in einem kleinen Tank mitgeführt wird.



Ionenantrieb. Bild: DLR

Das Prinzip des Ionenantriebs ist bereits seit den sechziger Jahren entwickelt worden. Ein Prototyp dieses Triebwerkstyps arbeitete erstmals 1992 auf dem europäischen Satelliten Eureka. Auch die Raumsonde Deep Space 1 [3] besitzt ein Iontriebwerk. Die Funktionsweise des Antriebs besteht darin, dass das Gas durch Beschuss mit Elektronen zunächst ionisiert, dann elektrostatisch beschleunigt und anschließend durch eine Düse mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen wird. Die Stromversorgung des Triebwerks erfolgt über neuartige Solarzellen mit hohem Wirkungsgrad, die über zwei großflächige Sonnenpaneele verteilt sind. Als Treibstoff des Ionenantriebs dient sowohl das Gas als auch die zusätzlich benötigte elektrische Energie.

Das stufenlos drosselbare Triebwerk liefert lediglich einen Schub von 20 mN bis 92 mN. Um die Sonde dennoch auf eine hohe Geschwindigkeit zu bringen, bleibt der Motor während der Beschleunigungsphase über lange Zeit in Betrieb. Die Gesamtbrenndauer des Triebwerks hängt vom mitgeführten Xenon-Vorrat ab. Da das Triebwerk einen hohen Wirkungsgrad (Antriebsimpuls pro Gramm Treibstoff) hat, ist im Endeffekt für einen Flug im freien Weltraum der Treibstoffbedarf wesentlich geringer als bei herkömmlichen Raumsonden. Raumfahrzeuge mit Ionenantrieb eignen sich daher besonders gut, um andere Planeten innerhalb unseres Sonnensystems zu erreichen.

Der Erkundung unseres Sonnensystems

Einen ersten Ansatz für die Minimierung des Treibstoffbedarfes für Raumschiffe, die die großen Entfernungen innerhalb unseres Sonnensystems zurücklegen sollen, liefert der Raketentriebwerks-Ingenieur Martin Lo vom Jet Propulsion Laboratory der NASA. Lo will Raumstraßen kartieren lassen, bei denen sich die Schwerkräfte verschiedener Himmelskörper wie z.B. Erde, Mond und Sonne aufheben.

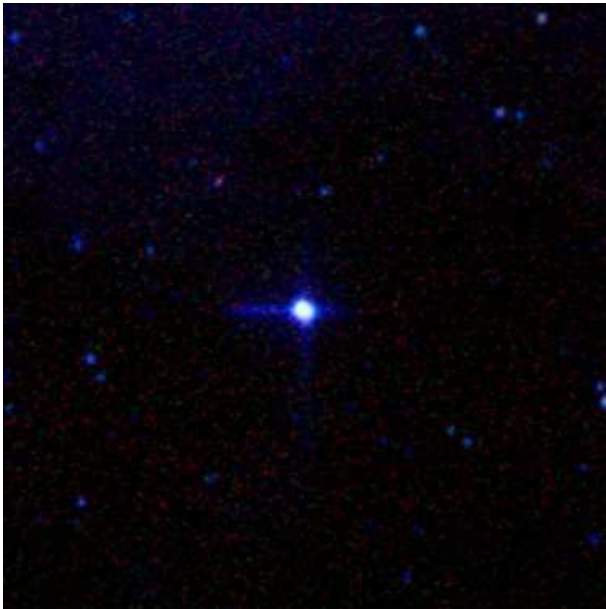
Erster Nutznießer einer derartigen Fernstrasse war die Sonde Genesis [4], die Partikel des so genannten Sonnenwindes sammelte. Bei ihrer Rückkehr am 8. September stürzte sie allerdings ab, vermutlich wegen eines defekten Schwerkraft-Schalters, weswegen die Bremsfallschirme nicht geöffnet wurden.

Der Vorteil der gravitationsfreien Straßen ist, dass für Missionen nahezu kein Treibstoff benötigt würde. Bei seinen Berechnungen nutzt Lo die Tatsache, dass es bei jedem Planet und jedem Mond in unserem Sonnensystem fünf so genannte Lagrange-Punkte im Raum gibt, an denen sich die Schwerkraft eines Himmelskörpers mit der eines anderen aufhebt. Bei der Rückkehr von der Sonne hatte sich Genesis einem Lagrange-Punkt der Erde genähert und ihn fünfmal umkreist. Ohne weitere Manöver bewegte sich die Sonde dann zu einem weiteren solchen Punkt auf der entgegengesetzten Seite der Erde. Von dort aus ging der Raumflug dann in die oberen Schichten der Erdatmosphäre. Der einzige Wermutstropfen bei solchen interplanetaren Reisen ist die Tatsache, dass dort auch die Flugbahnen von Asteroiden und Kometen liegen, so dass genügend Treibstoff für Ausweichmanöver mitgeführt werden sollte.

Um diese Erkundungen schneller durchführen zu können, sind jedoch auch noch schneller Antriebssysteme notwendig, wie z.B. das "SunBurn"-Konzept, bei dem eine Sonde auf 200 Kilometer pro Sekunde beschleunigt werden soll, so dass diese innerhalb von 13,1 Jahren eine Entfernung von 550 Astronomischen Einheiten erreichen kann, was ungefähr dem 550-fachen Abstand der Erde von der Sonne entspräche. Dies soll dadurch realisiert werden, indem eine Sonde auf eine Bahn geschossen wird, die sehr nahe an der Sonne vorbeiführt. Bei Zündung des Triebwerkes am sonnennächsten Punkt können dann sehr hohe Geschwindigkeiten erreicht werden.

Der Weg zur interstellaren Raumfahrt

Nach der Erkundung unseres Sonnensystems wird sich die Menschheit neue Reiseziele im Weltall setzen: die Fixsterne. Hierbei handelt es sich um glühende Gaskugeln, die wie unsere Sonne eigenes Licht erzeugen. Sie werden Fixsterne genannt, weil sie sich scheinbar nicht bewegen. Allein in unserer Galaxie, der Milchstraße, gibt es etwa 200 Milliarden Sterne, von denen lediglich 6.000 mit bloßem Auge sichtbar sind.



Alpha Centauri. Bild: MSX/IPAC/NASA

Der nächstliegende Fixstern, Alpha Centauri, ist 4,3 Lichtjahre von der Sonne entfernt, d.h. ein Raumschiff, das mit Lichtgeschwindigkeit unterwegs wäre, würde 4,3 Jahre benötigen, um diesen zu erreichen. Könnte es sich mit immerhin 1/10 der Lichtgeschwindigkeit (hier sind noch keine relativistischen Effekte berücksichtigt) fortbewegen, so würde die Reisezeit immer noch ein halbes Menschenleben von etwa 40 Jahre erfordern.

Das Space Shuttle der NASA fliegt zwar für irdische Verhältnisse erstaunliche 27.800 km in der Stunde. Mit dieser Flugzeit würde es jedoch fünfeinhalb Tage brauchen, um lediglich zum Mond zu fliegen. Die Lichtgeschwindigkeit beträgt 1.079.252.849 km/h, d.h. bei der Distanz zu Alpha Centauri von 4.3 Lichtjahren (entspricht ca. 37668 h) ergäbe sich eine Distanz von etwa $40,6 \cdot 10^{12}$ km. Mit der Geschwindigkeit des Space Shuttle würde damit die Reise zum Alpha Centauri $1,46 \cdot 10^9$ h betragen. Dies entspräche einer Reisezeit von ungefähr 1,66 Millionen Jahren.

Das also ist ein völlig aussichtsloses Unterfangen, da noch keine Technologie in Aussicht ist, mit der man auch nur annähernd die Lichtgeschwindigkeit erreichen könnte. Mit den heute möglichen Technologie-Benchmarks würde ein Flug zum Mars 3 Monate, ein Flug zum Jupiter 3 Jahre und ein Flug zum Pluto 30 Jahre erfordern. Am Reiseziel Alpha Centauri wären wir erst nach 20.000 Jahren.

Für interstellare Reisen sind allerdings sogar Reisezeiten von 1/10 Lichtgeschwindigkeit oder selbst der Lichtgeschwindigkeit (hier sind relativistische Effekte zu berücksichtigen) viel zu wenig. Alleine für das Durchqueren der Milchstraße wären bei Lichtgeschwindigkeit 100.000 Lichtjahre erforderlich. Die Reise zu einer unserer Nachbar-Galaxien, dem Andromeda-Nebel, würde sogar mehr als 2 Millionen Lichtjahre erfordern.

Anhang

Links

- [1] <http://www.heise.de/tp/artikel/18/18478/>
- [2] <http://www.heise.de/tp/artikel/18/18609/>
- [3] <http://nmp.jpl.nasa.gov/ds1/>
- [4] <http://genesission.jpl.nasa.gov/>

Artikel URL: <http://www.heise.de/tp/artikel/18/18647/>
Copyright © Telepolis, Heise Zeitschriften Verlag

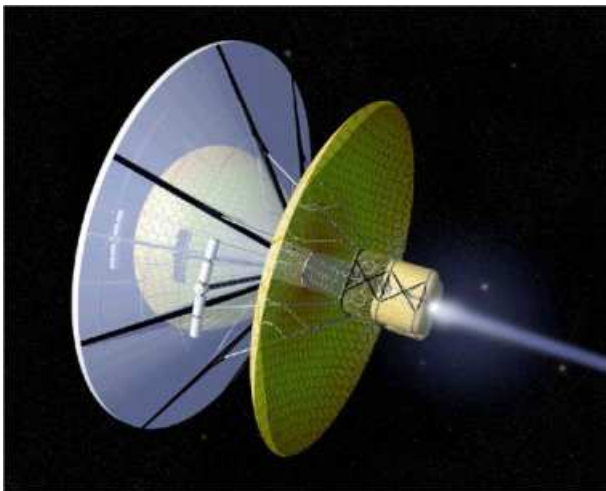
TELEPOLIS

Reiseziel Alpha Centauri: Realisierbare Antriebssysteme

Artur P. Schmidt 16.11.2004

Raketentechnische Visionen im Zeitraffer - Teil 3

Zukünftig realisierbare Antriebssysteme könnten mit einer Geschwindigkeit von etwa 1/10 oder 3/10 der Lichtgeschwindigkeit unterwegs sein. Derartige Geschwindigkeiten liegen innerhalb der Grenzen der Fluggeschwindigkeiten für "treibstofflose" Staustrahltriebwerke, Lichtsegel, und Raumflugzeuge. Beim interstellaren Staustrahltriebwerk wird während des Fluges mit Hilfe eines starken Magnetfelds interstellarer Wasserstoff gesammelt. Je höher hierbei die Geschwindigkeit wird, desto mehr Wasserstoff kann bei dem von R.W. Bussard 1960 vorgestellten interstellaren Staustrahltriebwerk ("Interstellar Ramjet") gesammelt werden.



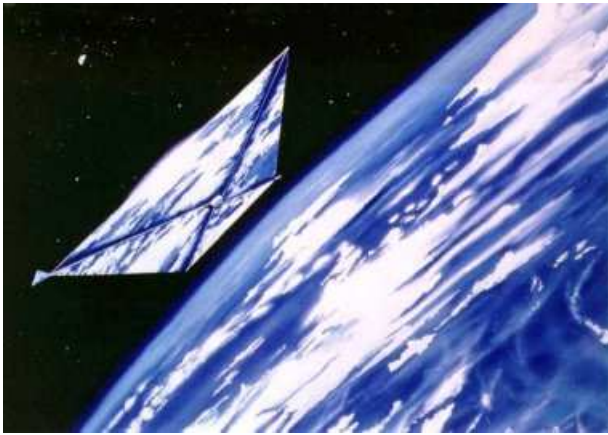
Bussards Ramjet-Triebwerk. Bild: Nasa

Das Original-Fluggerät sammelt mit einem großen Magnettrichter geladene Teilchen aus dem interstellaren Medium und leitet sie zu einem H-He-Fusionsreaktor, in dem die Teilchen zu Treibstoff umgewandelt werden. Gemäss Bussards Berechnungen würde ein 1000 t-Raumschiff mit 100% Reaktorwirkungsgrad fast endlos bei 1 g beschleunigen und so innerhalb eines Jahres Lichtgeschwindigkeit erreichen. Der Nachteil von Bussards Staustrahltriebwerk ist, dass es nicht vom Stillstand aus funktioniert, sondern auf etwa 4-6% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden muss, um den richtigen Strom von geladenen Teilchen zu bekommen.

Zu den Möglichkeiten der Leistungssteigerung beim interstellaren Staustrahltriebwerkkonzept gehören die Beschleunigung auf die Staustrahlgeschwindigkeit mit einem Lichtsegel, das Aufladen der einströmenden neutralen Teilchen mit Hilfe eines Lasers, die Erhöhung des Schubs des Raumfluggerätes durch Antimaterie/Materie-Reaktionen oder der Einsatz eines Beschleunigers als Alternative zum Reaktionsmasseantrieb (z.B. durch Fusion oder Antimateriekatalyse). Das Problem bei interstellaren Staustrahltriebwerken wäre die Größe. So rechnet die NASA bei einer 45-jährigen Mission zu Alpha Centauri mit einem 3000 t-Raumschiff, das einen Einlass mit 650 km Durchmesser hätte.

Sonnen- oder Lichtsegel

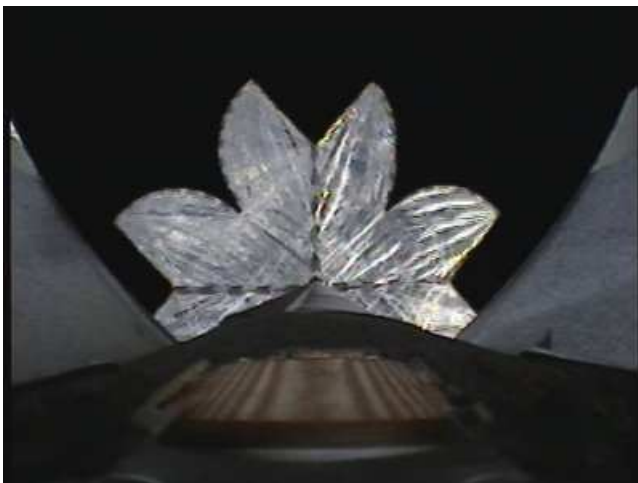
Das sogenannte Sonnensegelkonzept ermöglicht auf mitgeführten Treibstoff für den Antrieb eines Raumschiffes zu verzichten. Das Lichtsegel beruht auf der 1873 von James C. Maxwell gemachten Entdeckung, dass von einem Spiegel reflektiertes Licht Druck auf diesen ausübt. Da Photonen laut Einstein Masse besitzen, kann demnach ein Raumfahrzeug unter Ausnutzung des ziemlich niedrigen Reibungskoeffizienten des Weltalls von A nach B fliegen, ohne umfangreiche Antriebsvorrichtungen und vor allem Treibstoff mitzuführen. Die unerschöpfliche Energie des Sonnen- oder Sternenlichts eröffnet somit die Möglichkeit einer deutlichen Verringerung der Masse von Raumschiffen.



Sonnensegelkonzept. Bild: DLR

Da Licht einen Druck auf Flächen ausübt, kann ein Photonenstrom für den Antrieb in einem nahezu reibungslosen Umfeld genutzt werden. Der Nachteil an dieser Lösung ist, dass man von einem starken Photonenstrom abhängig ist, um das Raumschiff auf die notwendige Geschwindigkeit zu beschleunigen. In der Science-Fiction-Literatur wird das Sonnensegel seit den 20er Jahren beschrieben. Russischen Raumfahrttechnikern ist es bereits Anfang der neunziger Jahre (Projekt "Znamya") gelungen, ein Sonnensegel in der Erdumlaufbahn zu entfalten. Es hatte allerdings bei weitem noch nicht die Größe von etwa 300 Kilometern, wie dies gemäss Gregory L. Matloff, einem Astronomieprofessor von der New York University, für eine interstellare Reise zum Alpha Centauri notwendig wäre.

Bei großen Entfernungen könnte hierbei eine Neubündelung des Laserstrahls durch sogenannte Fresnel-Zonen erfolgen. Probleme würden jedoch die lange Reisezeit von 1.200 Jahren bereiten, was es ein Kryogenisierung der Astronauten und ein erfolgreiches Wiederauftauen erforderlich machen würde. Alternativen zu Lichtseglern sind z.B. Mikrowellenantriebe oder magnetische Segel. So beruht das elektromagnetische auf der Lenzschen Regel, d.h. dass die induzierte Spannung stets so gerichtet ist, dass das Magnetfeld des durch sie verursachten Stroms der Induktionsursache entgegenwirkt.

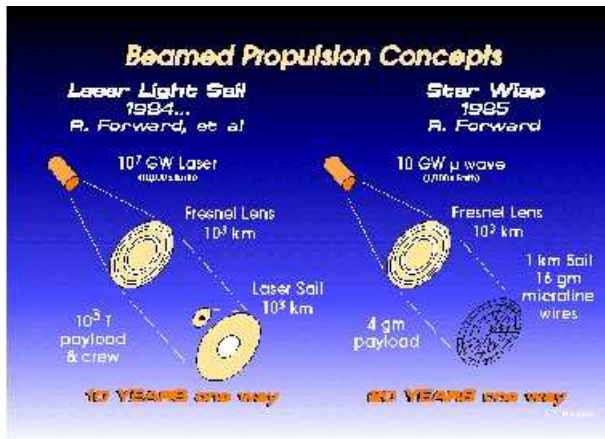


japanische Wissenschaftler konnten im Sommer erstmals ein Sonnensegel im Weltraum entfalten^[1].

Mikrowellenantriebe

Vom Science-Fiction-Autor Robert Forward stammt der Vorschlag^[1] eines Mikrowellensegels, das keinen eigenen Antrieb besitzt. Sein Raumflugzeug, Starwisp ("Sternenflüstern") genannt, wird hierbei von Mikrowellen angetrieben, die von einem solarbetriebenen Satelliten in der Erdumlaufbahn oder von einer Mondbasis aus, gesendet werden.

Das Raumflugzeug würde hauptsächlich aus einem mit Mikroschaltkreisen belegten Netzsegel mit 1 km Durchmesser bestehen, welches lediglich 12 Gramm wiegen soll. Das Netz fungiert als ein Segel, welches die Radiowellen des Masers auffängt. Der Sender steht auf der Erde oder auf dem Mond, strahlt seine Radiowellen gebündelt in die Richtung aus, in der die Sonde fliegen soll. Die Strahlleistung müsste jedoch mindestens 10 GW betragen, damit das 4 g wiegende Raumfahrzeug bei einer Beschleunigung von 115 G etwa 20% der Lichtgeschwindigkeit erreichen könnte. Danach würde das Raumflugzeug über Jahrzehnte mit dieser Geschwindigkeit im Weltall unterwegs sein, bis es im Rahmen einer Flyby-Mission, ohne am Zielort abbremsen zu können, sein Ziel erreicht.

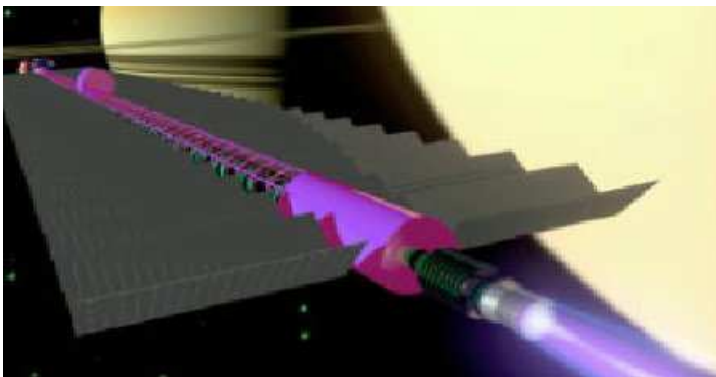


Zwar lässt sich dieser Antrieb theoretisch realisieren, jedoch stellt er neue Anforderungen an die Leichtigkeit und Festigkeit von Materialien. Des weiteren müsste der Radio-sender eine Strahlung aussenden, die stärker sein müsste, als alle Energie zusammengekommen, die heute von Kraftwerken auf der Erde produziert werden.

Fusionstriebwerke

Der Fusionsantrieb (bekannt auch als Impulsantrieb), basiert auf dem klassischen Newtonschen Reaktionsprinzip und wird für den subphotonischen Flug verwendet, d.h. für Geschwindigkeiten unter der Lichtgeschwindigkeit. Hier dienen als Antriebsmedium elektrisch geladenen Teilchen, die komprimiert und auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden, bevor diese das Antriebssystem der Rakete verlassen.

Die beschleunigten Teilchen sind ein Nebenprodukt der Fusionsreaktoren, welche die Energie für die Versorgung des Raumschiffs erzeugen. Durch die Begrenzung der Treibstoff-Fördermenge des Fusionsreaktoren kann zusätzlicher "Treibstoff" (meist in Form von Wismut-Atomen) in das Antriebssystem injiziert werden, falls mehr Schub erforderlich ist. Man bezeichnet diesen dann häufig auch als den "Nachbrenner" des Raumschiffs.



Fusionsantrieb. Bild: Nasa

Fusionsantriebe sind ein beliebter Antrieb in der Sciene-Fiction-Literatur und kamen unter anderem in den "Star Wars" Kinofilmen zum Einsatz. Zwar müsste ein Fusionstriebwerk mehrere Fusionsreaktionen aushalten, aber es bräuchte nicht so effizient wie ein Fusionsreaktor zu sein, da das Hauptziel der Fusionsreaktion in der Aufheizung der Plasmateilchen auf extrem hohe Temperaturen liegt. In dem Masse, wie die Temperatur der Plasmateilchen ansteigt, nimmt die Austrittsgeschwindigkeit aus einer magnetischen Düse zu, was das Fusionstriebwerk zu einem sehr schnellen Antriebssystem macht.

Nuklearer Detonationsantrieb

Der nukleare Detonationsantrieb, welcher sich aus der Kernwaffenforschung ableitet, könnte sich als überaus nützlich erweisen, um hohe Beschleunigungen von Raumschiffen für interstellare Reisen zu erzielen. Die Anwendung basiert darauf, dass alle paar Sekunden eine Kernspaltungsbombe vom Raumschiff abgesetzt und in kurzem Abstand dahinter gezündet wird.



Rakete mit nuklearem Detonationsantrieb. Bild: Matthew Poliakov.

Das Raumschiff besitzt eine riesige Prall- und Schutzplatte, die die verdampften Explosionsrückstände auffängt. Ein derart "atomarer Antrieb" wurde bereits in der Science-Fiction-Literatur der 30er Jahre erwähnt, aber erst Stanislaw Lem war es in den 40er Jahren vorbehalten, ernsthaft darüber nachzudenken. Seine Überlegungen gipfelten im Projekt "Orion", bei dem ein Prototyp-Fluggerät bei einem 1959 in den USA durchgeführten Test am Boden mittels sechs Detonationen auf 100 m Höhe emporgeschossen wurde.

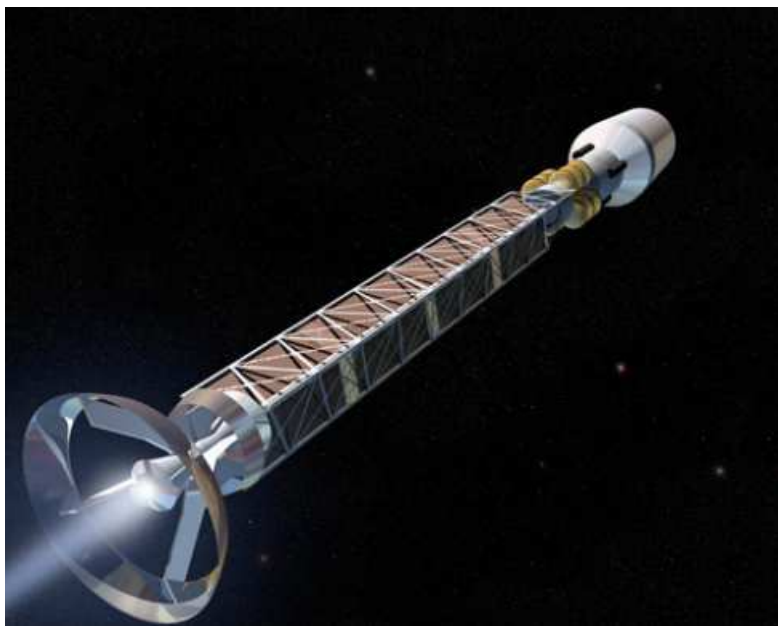
Zu einer Zeit, als die USA sich anschickten, einen Mensch auf den Mond zu befördern, war es vor allem SF-Autoren vorbehalten, sich Antriebstechnologien für interplanetare und sogar interstellare Flüge auszudenken. Zwar wurde das Projekt später aus politischen Gründen aufgegeben, jedoch könnte die Technologie weiter verbessert werden, indem man andere Treibsätze, wie z.B. durch Magnetfelder oder Masseantrieb beschleunigte nukleare Teilchen, verwendet. Des weiteren ließe sich durch die Bereitstellung von Treibsätzen entlang der Flugbahn des Raumschiffs eine deutliche Verringerung der Startmasse erzielen.

Antimaterie-Antriebe

"Antimaterie", der futuristische Antrieb aus der Star-Trek-Serie, könnte der Schlüssel für das Erreichen von Alpha Centauri sein. Trifft Antimaterie mit gewöhnlicher Materie zusammen, vernichten sich beide gegenseitig. Nach Albert Einstein's berühmter Formel $E = mc^2$ würde dabei die Materie vollständig in Energie verwandelt.

Am Europäischen Laboratorium für Teilchenphysik CERN in Genf ist es bereits gelungen, Antimaterie herzustellen. Für einen Antimaterie-Antrieb müssten zukünftig jedoch sehr große Mengen an Antimaterie produziert werden. Eine Hauptschwierigkeit besteht darin, dass die Produktion von Antiteilchen mit den gegenwärtigen Teilchenbeschleunigern mit einem sehr niedrigen Wirkungsgrad abläuft. Des weiteren ist es notwendig, die Antimaterie im Raumfahrzeug über einen genügend großen Zeitraum zu speichern und die Annihilationsenergie (Prozess, bei dem ein Elementarteilchen und sein Antiteilchen in zwei bis drei Photonen übergehen und dabei vernichtet werden) in einen Antriebsstrahl umzuwandeln.

An der Effizienz des Treibstoffes besteht jedoch kein Zweifel. Angenommen, es werden 50kg Materie auf 50 kg Antimaterie mit Lichtgeschwindigkeit geschossen, so würde die freigesetzte Energie, der von 100 Atombomben entsprechen.



Antimaterie-Rakete. Bild: Nasa

StarTrek Warp-Antriebe

Warp-Antriebe würden auf zwei fundamentalen technologischen Durchbrüchen beruhen, die erst noch erzielt werden müssten: die Kontrolle über die Gravitation sowie das Erreichen von Geschwindigkeiten größer als die Lichtgeschwindigkeit.

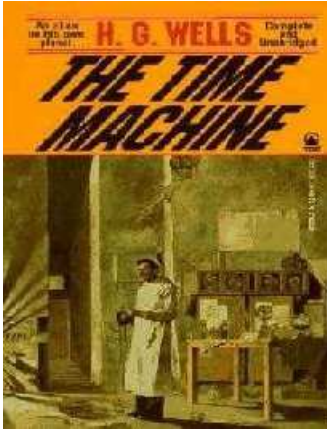
In der Welt des "Star Trek" ist das Hauptantriebssystem der mit Überlichtgeschwindigkeit fliegenden interstellaren Raumfahrzeuge der Raum-Zeit-Krümmungsantrieb oder Warp-Antrieb. Das in den Raumschiffen der Föderation verwendete Antriebssystem nutzt die von Dilithiumkristallen gesteuerten Vernichtung von Materie und Antimaterie, um die ungeheure Energie zu erzeugen, die notwendig ist, um den Raum zu krümmen und schneller als mit Lichtgeschwindigkeit zu reisen. Bei sehr schnellen Reisen gibt es jedoch ein gravierendes Problem: Man sieht nichts, denn alles sichtbare Licht wird in den Röntgenbereich verschoben. Als Folgeproblem sind die Reisenden dann noch einer lebensgefährlichen Röntgenstrahlung ausgesetzt.

Miguel Alcubierre hat 1994 eine Raum-Zeit-Geometrie ausgearbeitet, die einen solchen Raum-Zeit-Krümmungsantrieb möglich macht, ohne lokal die Lichtgeschwindigkeit zu überschreiten. Allerdings bräuchte man zur Herstellung einer solchen Metrik Materie mit negativer Energiedichte, so genannte exotische Materie. Für die Existenz solcher Materie gibt es jedoch bisher keinen Hinweis. Der StarTrek-Produzent Gene Rodenberry machte in seiner "Star Trek"-Odyssee vollen Gebrauch von diesem Antriebskonzept, um den Zuschauer an den Rand unseres Universums zu versetzen.

Eine andere Möglichkeit, lokal die Lichtgeschwindigkeit nicht zu überschreiten und sich trotzdem schneller als das Licht fortzubewegen, ist die Vorstellung von Hyperräumen. Stellt man sich vor, dass unsere Raumzeit in einen höherdimensionalen Hyperraum eingebettet ist (wie die Erdoberfläche in den Raum), so ließen sich die bisher unendlichen Weiten in kurzer Zeit überbrücken. Allerdings gibt es bisher keinerlei Hinweise auf eine Einbettung der Raumzeit in einen höherdimensionalen Raum.

Zeitreisen durch Wurm Löcher

H. G. Wells Roman "Die Zeitmaschine" beschreibt den menschlichen Traum Raum und Zeit vollständig zu überwinden und Zeitreisen durchzuführen. Im Jahr 1992 publizierte Harry Turtledove den Roman "The Guns of the South", bei dem die durch Zeitreisen mit modernsten Waffen ausgestatteten Südstaatler doch noch den amerikanischen Bürgerkrieg gegen die "Yankees" gewinnen.



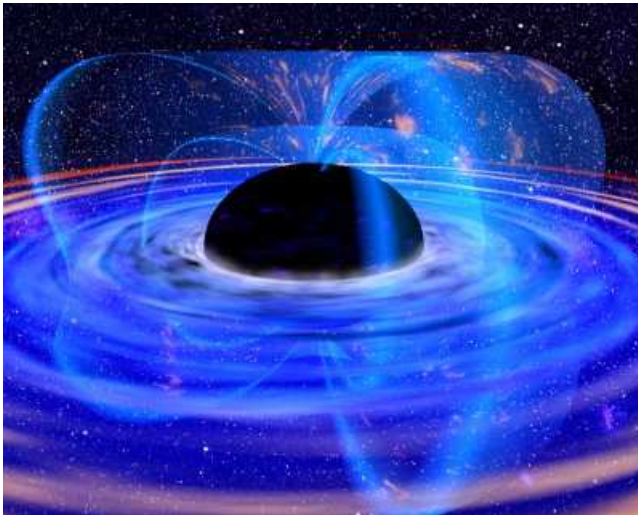
H. G. Wells Time-Machine

Ein Theorie, die an diese Visionen anknüpft, beschäftigt sich mit der Reise durch sogenannte "Wurmlöcher". Ein hypothetisches Raumschiff könnte in die eine "Mündung" des Wurmlochs eintreten und durch die andere sehr weit entfernte "Mündung" wieder austreten. Obwohl das Reisen der interessanteste Aspekt hierbei sein dürfte, könnten sich "Wurmlöcher", sofern es sie gibt, als erstaunliche Instrumente erweisen, mit denen wir andere, ältere Teile eines fernen Universums sehen können.

Der russische Schriftsteller Iwan Jefremow hat in den fünfziger Jahren in einem Roman die Idee des "Großen Rings" miteinander kommunizierender, galaktischer Zivilisationen entwickelt. Um diesem Ziel näher zu kommen, müsste jedoch die Kommunikation in Echtzeit zwischen den entfernten Galaxien Wirklichkeit werden. Ob es darüber hinaus gelingt, auch noch Personen zu befördern, hängt davon ab, die physikalischen Gesetzmäßigkeiten der Gravitation innerhalb des Universums vollständig zu entschlüsseln.

Nutzung von Schwerkraftmonstern

In seinem Roman "Path of the Fury" aus dem Jahr 1992 hat David Weber einen kraftvollen Antrieb beschrieben, bei dem ein Raumschiff vor sich ein kleines Schwarzes Loch erzeugen kann, dieses vor sich herschiebt und durch das Hineinfallen immer höhere Geschwindigkeiten erzeugen kann.



Schwarzes Loch. Bild Nasa

Allerdings stellt sich die Frage, wie die Energie für die Erzeugung eines schwarzen Loches erzeugt werden soll. Alleine um 10 Tonnen Nutzlast in 2-3 Jahren Raumschiffszeit auf 98% Lichtgeschwindigkeit zu bringen, wurde von Sebastian von Hoerner ein Energiebedarf errechnet, der der Leistung von 40 Millionen Atomkraftwerken entspricht. Relativistische Weltraumreisen dürften also nur dort möglich sein, wo immense Energie bereits im Überfluss vorhanden ist.

Das Interessante an Webers Vision ist jedoch, Schwarze Löcher für das Erreichen von Überlichtgeschwindigkeit zu nutzen, da ja Schwarze Löcher nichts anderes sind, als Schwerkraftmonster, d.h. gigantische Materieansammlungen auf extrem kleinsten Raum, die wegen ihrer ungeheuerlichen Masse nicht einmal Lichtstrahlen entweichen lassen. Diese Tatsache veranlasst mich hier zu einem anderen Gedankenexperiment: Welche Effekte sind bei der Überlagerung zweier Schwarzer Löcher im Universum zu erwarten?

Finales Szenario: Wo bin ich, wenn ich Endo bin?

Gibt es Stellen im Universum, an denen sich die Gravitation durch eine Überlagerung von schwarzen Löchern vollständig aufhebt, so wäre es durchaus denkbar, dass wegen der Energiedichte neben dem Superpositionsbereich völlig neuartige Effekte innerhalb des gravitationsfreien Raumes zu beobachten sind. Ist es an solchen Stellen möglich, Massen auf Überlichtgeschwindigkeit zu beschleunigen?

Es gilt die Gedankenexperimente aus spezieller und allgemeiner Relativitätstheorie sowie der Quantenphysik in Richtung Superposition zu lenken, wenn man die Schwerkraft überwinden will. Nach der heute weit verbreiteten Einsteinschen Interpretation der speziellen Relativitätstheorie würde eine Überlichtgeschwindigkeit Zeitreisen oder zumindest das Versenden von Nachrichten in die Vergangenheit ermöglichen. Könnte es sein, dass die vom US-Physiker Gerald Feinberg 1967 aufgestellten Berechnungen über sogenannte "Tachyonen", d.h. hypothetische Teilchen, die sich schneller als c bewegen können, durch die Superposition zweier schwarzer Löcher Wirklichkeit werden können?

Vielleicht benötigen wir zur Überwindung der Zeit zukünftig intergalaktische Landkarten gravitationsfreier Überlagerungsräume von Schwarzen Löchern, d.h. eine sogenannte Hypergravitographie. An bestimmten imaginären Stellen könnte es dann permanent möglich sein, sämtliche Anziehungskräfte zu überwinden und aus dem Gefängnis von Raum und Zeit endgültig auszubrechen. Derartige Singularitäten, in denen die bisherigen physikalischen Gesetze außer Kraft gesetzt würden, werfen jedoch zwei entscheidende Fragen für künftige Weltraumfahrer auf: Wo bin ich, wenn ich bezogen auf die Gravitation Endo bin und in welcher Exo-Zeit komme ich wieder heraus, wenn ich den Hyper-Superpositionsraum verlasse? Innerhalb oder außerhalb des Ereignishorizontes? Oder gar in einem anderem Parallel-Universum wie es die Quantentheorie der Viele Welten von Everett nahelegt?

Anhang

Links

[1] <http://www.heise.de/tp/artikel/18/18087/>

[1] http://www.transorbital.net/Library/D001_AxA.html

<p>Artikel URL: http://www.heise.de/tp/artikel/18/18687/ Copyright © Telepolis, Heise Zeitschriften Verlag</p>
