

Innovative Technologien aus der



Science-fiction

für

Weltraumtechnische Anwendungen



Zusammengestellt von:

David Raitt, ESA Directorate of Industrial Matters &
Technology Programmes

Patrick Gyger, Maison d'Ailleurs

Arthur Woods, OURS Foundation

Herausgeber:

ESA Publications Division

ESTEC, PO Box 299

2200 AG Noordwijk

The Netherlands

Editoren:

Bruce Battrick & Barbara Warmbein

Design & Layout:

Carel Haakman & Eva Ekstrand

Copyright:

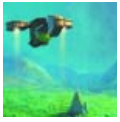
© 2002 European Space Agency

ISBN No.: 92-9090-684-4



Inhalt

■ Einleitung	2
<i>David Raitt</i>	
■ Fiktion mit einer Prise Wissenschaft	5
<i>Jean-Claude Dunyach</i>	
■ Verlockende Raumanzüge	6
<i>Billy Boy*</i>	
■ Überlegungen zu den Bildern und Ideen der Science-fiction	7
<i>Patrick Gyger</i>	
■ Die Erforschung des Weltraums durch Künstler und Schriftsteller	9
<i>Arthur Woods</i>	
■ Bestandsaufnahme der Science-fiction-Konzepte	10
● Antriebstechniken	11
● Besiedelung des Weltraums	22
● Energie und Kraft	26
● Computer und Kommunikation	30
● Robotik und kybernetische Kreaturen	33
● Startsysteme	35
● Resources and Materials	38
● Sonstige Technologien	42
■ Anhang	46



David
Raith,
ESA

Einleitung

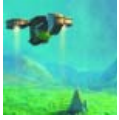
Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) hat jüngst eine Studie anfertigen mit dem Titel "Innovative Technologien aus der Science-fiction" (ITSF) lassen. Sie ließ sich dabei von dem Gedanken leiten, dass in der Science-fiction-Literatur innovative Technologiekonzepte zu finden sind, die sich mit heutiger oder demnächst zur Reife gelangender Technologie verwirklichen lassen.

Hauptziel der Studie war, aktuelle und ältere Science-fiction-Literatur, -Illustrationen und -Filme zu durchforsten, um darin beschriebene innovative Technologien und Konzepte auszumachen und zu bewerten, die sich vielleicht für weltraumtechnische Anwendungen weiterentwickeln lassen. Auch hoffte man, dabei Einfälle und Anregungen für potentielle langfristige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten der europäischen Raumfahrt zu gewinnen, mit deren Hilfe sich der Trend der künftigen Weltraumtechnologien und ihrer Auswirkungen voraussagen ließe.



Die an der Studie beteiligten Wissenschaftler, Ingenieure, SF-Autoren und Laien haben einen intensiven Gedankenaustausch über die von ihnen in der SF-Literatur ermittelten Technologiekonzepte geführt und diese in einer Liste erfasst, die jetzt von einem Expertenteam im Hinblick auf eine eingehendere Untersuchung ausgewertet wird. Manche werden vielleicht für unrealistisch befunden, während andere möglicherweise schon ausprobiert worden sind und nicht funktioniert haben. Aber immer wieder werden neue Geräte und Verfahren entwickelt, und was vor ein paar Jahren nicht möglich war, ist jetzt vielleicht machbar. So hat die Studie auch schon einige vielversprechende Bereiche erkennen lassen, die weitere Untersuchungen rechtfertigen. In dieser Broschüre wird eine Reihe der mit der Studie ermittelten Konzepte, Technologien und Geräte beschrieben und durch Bilder veranschaulicht.

Die Science-fiction-Literatur, -Illustrationen und -Filme enthalten viele Beschreibungen von Weltraumtechnologien und -systemen, die häufig auf reiner Fantasie beruhen, manchmal aber auch der Wirklichkeit recht nahe kommen. Frühe Science-fiction-Autoren, -Künstler und -Illustratoren haben Raumfahrtkonzepte und Raumfahrzeuge mit dem begrenzten Wissen ihrer Zeit beschrieben, während modernere Schriftsteller und Künstler sich in ihren Schilderungen und Darstellungen zuweilen auf tatsächlich genutzte Raumflugsysteme stützen. Dieser Kunstgriff gibt ihnen die Möglichkeit, ihren Ideen zum Durchbruch zu verhelfen, was förmliche wissenschaftliche Bewertungsverfahren vielleicht nicht vermöchten.



Neue Ideen spielen zweifellos eine wichtige Rolle in Wissenschaft und Technik, auch wenn sie sich nicht sofort umsetzen lassen; und so haben Schriftsteller Satelliten und Raumflüge lange vorhergesagt, bevor sie möglich wurden. Der Mensch hat jahrhundertlang von der Reise zum Mond geträumt und nach Mitteln und Wegen gesucht, dorthin zu gelangen (man denke an Cyrano de Bergerac, Mitte des 17. Jahrhunderts), doch erst in jüngster Zeit standen Technologien und Infrastrukturen zur Verfügung, um diesen Traum zu verwirklichen. Es sollte daher möglich sein, in der SF einige neue Ideen ausfindig zu machen, die Forscher und Techniker davon überzeugen können, dass es sich lohnt, der Fantasie ernsthaft nachzugehen. Man braucht nur einen Blick in die Vergangenheit zu werfen, wo von Jules Verne, Arthur C. Clarke und vielen anderen beschriebene Konzepte in weiterer Folge entwickelt oder wiederentdeckt wurden.

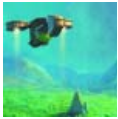
Obwohl manche Literaturprodukte der Vergangenheit in vielen Bereichen völlig abwegig waren, so sind doch einige der gemachten Vorhersagen in Erfüllung gegangen und nicht wenige der von SF-Autoren erdachten Systeme später erfolgreich entwickelt worden. Als Beispiel lassen sich der Ultrahochgeschwindigkeits-Projektilwerfer (1865), Bremsraketen (1869), planetare Landegeräte (1928), Raketenleitwerke zur Verbesserung der aerodynamischen Stabilität (1929), vertikale Montagegebäude (1929), Startraketenbündel (1929), Raumanzüge und Sicherheitsleinen für Außenbordeinsätze (1929), der Bau ständig bemannter orbitaler Raumstationen, die zwecks Versorgung regelmäßig angeflogen werden (1945), Fernmeldesatelliten auf der geosynchronen Umlaufbahn (1945), Sonnen- und Lichtsegel (1920, 1951, 1963), Mehrkomponenten-Treibstofftanks (1954), stromlinienförmige Mannschaftsmodule für den Eintritt in die Erdatmosphäre (1954), und vieles andere mehr anführen.

Ein weiteres Beispiel für Technologie in der SF-Literatur ist der Weltraumlift. Diese Idee hat 1895 ein russischer Wissenschaftler in die Welt gesetzt und 60 Jahre später ein sowjetischer Wissenschaftler wieder aufgegriffen; 1970 hat sich ein amerikanischer Physiker näher damit befasst, und 1979 wurde sie Gegenstand eines SF-Buches von Arthur C. Clarke. Die NASA hat vor kurzem eine Studie über das Weltraumliftkonzept fertiggestellt und ist zu dem Schluss gelangt, dass diese Methode des billigen Transports auf die geosynchrone Umlaufbahn in etwa 50 Jahren Wirklichkeit werden könnte. Und tatsächlich befasst sich sowohl die NASA als auch die ESA mit einer Reihe von Konzepten im Bereich fortschrittlicher Antriebe, von denen einige bereits mehr oder weniger ausführlich in der SF-Literatur beschrieben sind.

Bei jeder Diskussion über die künftige Entwicklung der Technik ist es schwierig, genau vorherzusagen, ob und wann ein Technologiekonzept aufgegriffen und umgesetzt wird. In zahlreichen Fällen hat es viele Jahre gedauert, bis sich ein Konzept durchsetzte. Auch von unseren heutigen Technologien waren viele vor 100 oder gar 50 Jahren noch undenkbar. Daher dürfen Schriftsteller und Künstler ihre Ideen und Träume zu Papier bringen, ohne dass diese sofort von Laien, Ingenieuren oder Wissenschaftlern als Phantasterei abgetan werden, welche dann aber zu guter Letzt vielleicht doch die scheinbar phantastischen Erfindungen Realität werden lassen.

Science-fiction kann also zur Förderung von Überlegungen und Erkenntnissen dienen, die sich vielleicht einmal in ein realistisches Szenario umsetzen lassen und schließlich zur Entwicklung innovativer Technologien führen, die den gegenwärtigen in der Raumfahrt eingesetzten Techniken und Systemen überlegen sind. Hugo Gernsback, der 1926 das Magazin "Amazing Stories" gründete, hat Science-fiction als nützlich für die gesellschaftliche Entwicklung bezeichnet, gerade weil sie Forschung und Entdeckung fördere.

Anderer seits verspüren wir in uns auch den Drang, Technologien um ihrer selbst oder um des Forschens willen zu entwickeln. Erfinder entdecken häufig Dinge oder denken sich Konzepte aus, die außerhalb eines begrenzten



spezifischen Bereichs keine unmittelbare oder augenfällige Nutzenanwendung finden, und es bedarf dann der Fantasie eines anderen, um solche Erfindungen anderswo nutzbringend umzusetzen. So verhält es ja auch mit den Nutzeffekten der Weltraumtechnologien und der Frage, warum es zuweilen so lange dauert, bis Konzepte oder Technologien Marktreife erlangen.

Aber dies wird Erfinder oder Träumer nicht davon abhalten, von Neuerungen und Verbesserungen zu träumen, ganz gleich, ob die dazu notwendigen

technischen Voraussetzungen schon erfüllt sind oder nicht (man denke nur an Dick Tracy, der in den 40ern von einem Armband-Funkgerät für Gegensprechverkehr geträumt hat, das erst jetzt, 60 Jahre später, dank Miniaturisierung Wirklichkeit geworden ist). Und so werden Ingenieure und Erfinder weiterhin Maschinen konstruieren, auch wenn es noch keine unmittelbare Nutzenanwendung dafür gibt (als Beispiel seien einige Entwicklungen in der Robotik genannt). Erfindungen werden häufig erst viel später umgesetzt und vermarktet, aber sie können manchmal auch zu technischen Neuerungen in anderen Bereichen anregen.



DAVID HARDY

Die Studie über innovative Technologien aus der Science-fiction für die weltraumtechnischen Anwendungen ist für die ESA etwas ganz Neues und könnte bedeutende Auswirkungen auf die Nutzung bestehender und die Entwicklung künftiger Technologien haben. Sie ist eine über die Grenzen von Wissenschaft und Technik hinausgehende tiefeschürfende Suche nach originellen Konzepten, die für die Langzeitprogramme der ESA in Betracht gezogen und in den kommenden Jahrzehnten weiterentwickelt werden könnten. Vom möglichen Beitrag zum technologischen Fortschritt der Raumfahrt einmal abgesehen, sollte die Untersuchung, Beschreibung und Bewertung von technologischen Konzepten für die Science-fiction-Autoren weltweit als Anregung dienen und dem einen oder anderen neue Ideen und Perspektiven liefern.

Forscher und Pioniere hat es zu allen Zeiten und nicht nur unter den Menschen gegeben. Angefangen von den nach neuen Weidegründen suchenden Tieren, dem vorgeschichtlichen Menschen, der in seinem Streben nach neuem Lebensraum Meere überwunden hat, bis zum Menschen der Moderne, den Abenteuerlust Ozeane und Kontinente durchqueren ließ. Wo wären wir ohne die großen Entdecker der Vergangenheit?

Wir haben in uns den Drang, Neues zu erforschen – vor allem die winzigen Lichtpunkte der Sterne am Nachthimmel haben es uns angetan, ganz einfach weil sie da sind und weil wir wissbegierig sind. Dazu benötigen wir aber neuartige oder verbesserte Technologien. Um unseren Forschungsdrang zu befriedigen, werden wir dazu notwendige Technologien entwickeln, sobald andere ebenfalls benötigte technische Geräte und Werkstoffe verfügbar und erschwinglich geworden sind. Dies mag Jahre oder Jahrzehnte dauern, aber ein Blick auf die Ideen und Konzepte aus der Vergangenheit, die, weil sie nicht im Brennpunkt von Wissenschaft und Technik stehen, vielleicht übersehen oder vergessen wurden, lohnt sich auf jeden Fall und kann uns wertvolle Anregungen geben.



Jean-
Claude
Dunyach,
Science-
fiction
Autor

Fiktion mit einer Prise Wissenschaft...

Ohne eine genaue Definition von "Science-fiction" geben zu wollen (lieber Gott, lass mich dieser Versuchung widerstehen!), können wir behaupten, dass man bei einer Science-fiction-Geschichte immer erwartet, dass sie zumindest eine wissenschaftliche Komponente – Idee, Theorie, Erfindung oder Paradoxon – enthält, die eng in die Geschichte verwoben ist. Ja, die Anhänger der klassischen Science-fiction behaupten sogar, dass sich eine SF-Geschichte nur in Verbindung mit einer wissenschaftlichen Komponente erzählen lässt. Sie soll Ausgangspunkt der Geschichte sein, ihre Originalität ausmachen und zu ihrer Lösung beitragen.

Wenn ich "wissenschaftlich" sage, meine ich damit alle Wissenschaften, die Kernphysik ebenso wie die Linguistik oder Anthropologie, die Geistes- und Humanwissenschaften, die Mathematik und die Ästhetiktheorien. Am wichtigsten ist, dass es eine Beweisführung und ein Axiom- und Regelwerk und eine Art, die Welt zu rechtfertigen und ihr entgegenzutreten, gibt. Ich komme noch einmal auf die enge Verknüpfung von

Fiktion und Wissenschaft zurück. Man kann S-F als Dekor, als Schöpferin von Bildern, als Anstifterin von Situationen verwenden. Wo verläuft die Grenze zwischen S-F und dem Rest? Manchmal ist es schwierig, präzise zu sein. Romeo und Julia einfach nur auf einen anderen Planeten zu verpflanzen, ist keine wirkliche S-F. Romeo und Julia auf eine überirdische Ebene zu versetzen oder zu verfremden, indem man Romeo zu einem Androiden oder Julia zu einer extraterrestrischen Gefangenen in einem virtuellen Verona macht, ist auch nicht unbedingt S-F, es sei denn, die mitverwobene wissenschaftliche Komponente zwingt uns, anders an die Geschichte heranzugehen. Man erkennt im allgemeinen S-F, wenn die unterschwellige wissenschaftliche Idee eine Verwandlung oder Erneuerung der Erzählung bewirkt. Der Film "Outland" (mit Sean Connery) ist ein Western, der auf einer Raumstation spielt – ein "OK-Corall" im Weltraum, wenn Sie so wollen. Die leicht fiktive Komponente (hier die Raumstation) ermöglicht es, atemberaubende Aufnahmen einzuflechten und die Ausstattung zu verändern. Sie dient keinem anderen Zweck, und man hätte den gleichen Film in einer anderen Epoche und an einem anderen Ort spielen lassen können, was mehrere Westernfilme beweisen. "Blade Runner" hingegen ist unzweifelhaft Science-fiction, denn die wissenschaftliche Idee mit dem "Replikanten" (künstliches menschliches Wesen) zwingt uns zu einer anderen Sicht des Menschlichen.

In einem Science-fiction-Werk dient die Wissenschaft nicht allein der Verschönerung. Sie ist vielmehr der Zauberstab, der die Erzählung auf eine höhere Ebene versetzt.



HUBERT DE LARTIGUE



Billy Boy*,
Tanagra
Foundation

Verlockende Raumanzüge

In der SF-Literatur tragen sowohl Astronauten als auch Astronautinnen in der Regel der Fantasie entsprungene Raumanzüge. Die hautengen, gleißenden und quietschenden Outfits machen ihre Träger zu attraktiven Wesen, die in uns allen die Lust wecken, ins Weltall zu fliegen. Aber diese Kunststoffhüllen darf man nur als Raumfahrtpoesie betrachten, denn echte, auf Schutz und Sicherheit getrimmte Raumanzüge sehen doch zu schwerfällig und nüchtern aus.



HUBERT DE LARTIGUE



Die im Vierfarbendruck der Comic-Bücher prangenden Stoffe und der raffiniert geführte Stift eines erfahrenen Illustrators sorgen für Glanz und Glitzer, lassen an Stretch-Jersey und feuchtschimmerndes Vinyl denken.

Da diese Genre-orientierte Unterhaltung die Fantasie und schließlich die Libido anregen soll, kommt dem Raumanzug in den reißerischen SF-Darstellungen als glamourösem Reizmittel große Bedeutung zu. Vinyl-Raumanzüge sind fast ebenso wichtig wie die leicht zerrissenen trägerlosen, hautengen Etuikleider und dazu passenden hochhackige Pumps, das Standard-Outfit weiblicher Opfer, die von extraterrestrischen Robotern und Monstern verschleppt werden.

Unwahrscheinlich eng anliegend, glänzend und "futuristisch" aussehend, ist der Science-fiction-Raumanzug eine Augenweide und fantasieanregend. Flash Gordon, Buck Rogers und eine Reihe von Kultfiguren haben uns mit ihrer glatten, glänzenden zweiten Haut und ihren makellosen Frisuren verzaubert ... und Reisen ins Weltall so traumhaft einfach aussehen lassen.

Wenn Sie je in einem Oldtimer aus den 30ern, einem Pontiac aus den 40ern oder in einem Chrysler-Airflow gesessen haben, werden Sie das Gefühl kennen: die tiefen Polster, der Geruch der ersten Kunststoffe, der Glanz und die großzügige Ausstattung. Das selbe betörende Gefühl rufen auch die Science-fiction-Raumanzüge hervor.



Patrick Gyger, Maison d'Ailleurs

Überlegungen zu den Ideen und Bildern der Science-fiction

Science-fiction ist kein Genre, das versucht, die Zukunft vorherzusagen; noch erhebt sie den Anspruch, Konzepte zu entwerfen, die einmal Wirklichkeit werden könnten, und nur gelegentlich lassen sich in der Science-fiction beschriebene Technologien als innovativ bezeichnen.

Science-fiction – meistens sogenannte "harte SF", d.h. die Form der erfinderischen Literatur, die sich dem Schriftsteller Allen Steele zufolge im wesentlichen auf bereits bestehende oder sinnvoll weiterentwickelte Technik stützt, im Unterschied zur "spekulativen Fiktion", in deren Brennpunkt gesellschaftliche Veränderungen stehen – darf Wissenschaft auf spekulative Art und Weise verwenden und zu extrapolieren versuchen, wozu eine bestimmte Technologie möglicherweise verwendet wird.

Doch Wissenschaft dient in der Science-fiction immer als erzählerisches Mittel: Zumeist werden Technologien erfunden, um die Handlung voranzutreiben oder die Personen in eine Situation zu versetzen, die ohne sie nicht

denkbar wäre. So schildert z.B. Frank Herbert in "Der Wüstenplanet" (engl. "Dune") u.a. die Besiedelung eines sandbedeckten Planeten. Der Autor will zeigen, wie sich die auf diesem Planeten gelandeten Personen ohne jeden Kontakt zur Außenwelt in dieser Wüste verhalten. Herbert muss daher ein Gerät "erfinden", das es den Leuten ermöglicht, mit einem Mindestmaß an Wasser in der Sandwüste zu leben. So kommt es zum "Destillationsanzug", mit dem sich Körperflüssigkeiten "recyceln" lassen.

Science-fiction macht uns auch mit neuen Arten der Verwendung von Technologien vertraut und weckt in uns das Verlangen, sie zu meistern. Science-fiction handelt, obgleich sie eher rational ist, oft von der Schönheit der



FILMPKAT VON BYRON HASKIN, 1955



DECKEL EINES GESELLSCHAFTSPIELS. ILLUSTRIRT VON E.SERRE (CA. 1905) NACH EINER IDEE VON ALBERT ROBIDA



Wissenschaft und ihrer Errungenschaften. Sie kann daher die Wissenschaft inspirieren. Der bekannte SF-Schriftsteller Charles Sheffield hat einmal geschrieben: „Zwischen Science-fiction und science fact gibt es einen ständigen Ideenaustausch.“ Es besteht also tatsächlich ein Dialog zwischen Wissenschaft und Fiktion.

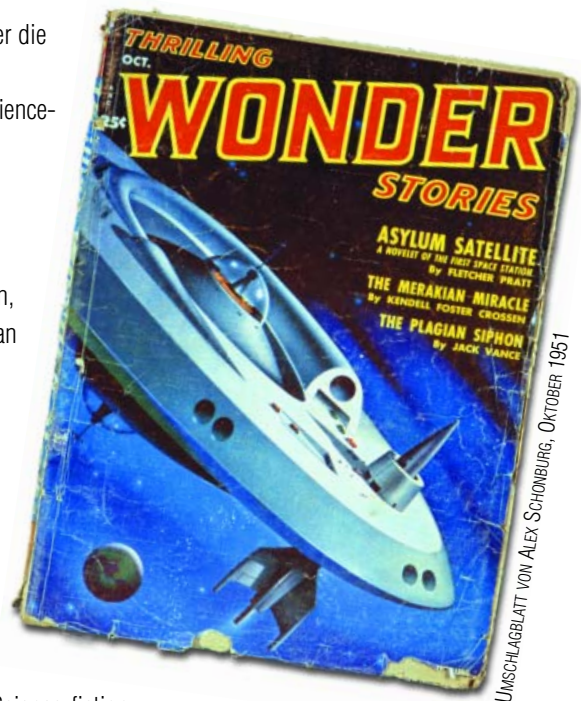
Science-fiction ist auch nicht nur eine Literatur der Ideen, sondern auch der Bilder. Von Cyrano de Bergerac bis Dan Simmons haben Schriftsteller oft mit prächtigen Beschreibungen – außergewöhnliche Landschaften, wundersame Erfindungen und einzigartige Wesen – vor unserem geistigen Auge entstehen lassen. Mit Zeichnungen und Stichen von atemberaubenden Szenen aus dem Text haben Illustratoren die SF-Romane bereichert (man denke z.B. an den genialen Albert Robida zu Beginn des 20. Jahrhunderts).

Ab Ende der 20er Jahre haben die Verbreitung des Farbdrucks und das Erscheinen der ausschließlich der Science-fiction

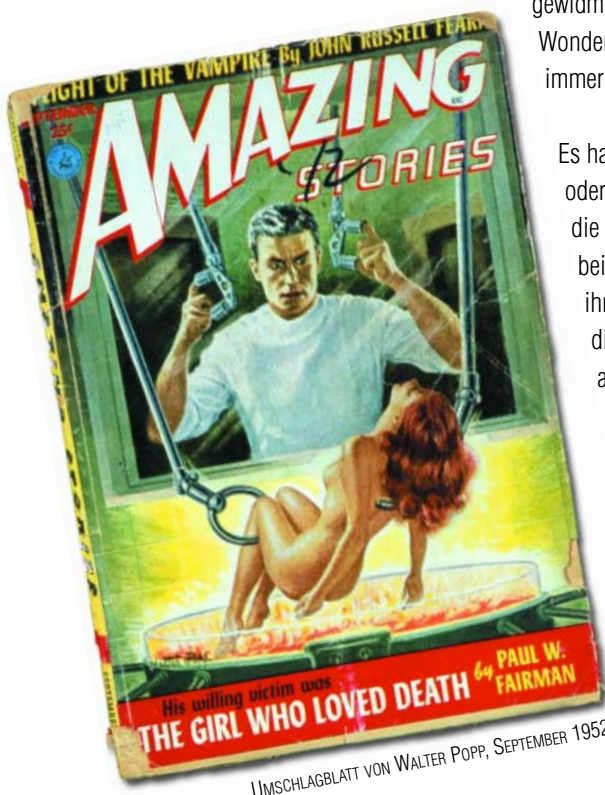
gewidmeten Groschenhefte (wie „Amazing Stories“ oder „Thrilling Wonder Stories“) es den Illustratoren ermöglicht, auf diesem Gebiet eine immer wichtigere Rolle zu spielen.

Es hat sich so dank schöpferischer Illustratoren wie Frank R. Paul oder Virgil Finlay eine ganz eigene Bildkunst entwickelt. Später hat die Kunst der Illustration auch zur Verschönerung der Taschenbücher beigetragen: Chris Foss, Tim White und Michael Whelan traten mit ihren futuristischen, fantastischen und packenden Darstellungen die Nachfolge der Künstler des sogenannten Goldenen Zeitalters an.

Gilles Franciscano, Jean Tag, Philippe Jozelon, Hubert de Lartigue, Manchu oder Thomas Thiemeyer haben alle unterschiedliche grafische Stile und Techniken. Aber sie lassen uns durch ihre Arbeiten die Atmosphäre ferner Planeten erleben und an neue Horizonte glauben. Neue Welten erwarten uns...



UMSCHLAGBLATT VON ALEX SCHONBURG, OKTOBER 1951



UMSCHLAGBLATT VON WALTER POPP, SEPTEMBER 1952



Arthur
Woods,
Stiftung
OURS

Die Erforschung des Weltraums durch Künstler und Schriftsteller

Von jeher haben Künstler Forscher auf großen wissenschaftlichen und geographischen Entdeckungsreisen begleitet. Die Erforschung des Weltraums ist die größte je unternommene Entdeckungsreise, und Künstler gehörten von Anfang an zu der vordersten Front.

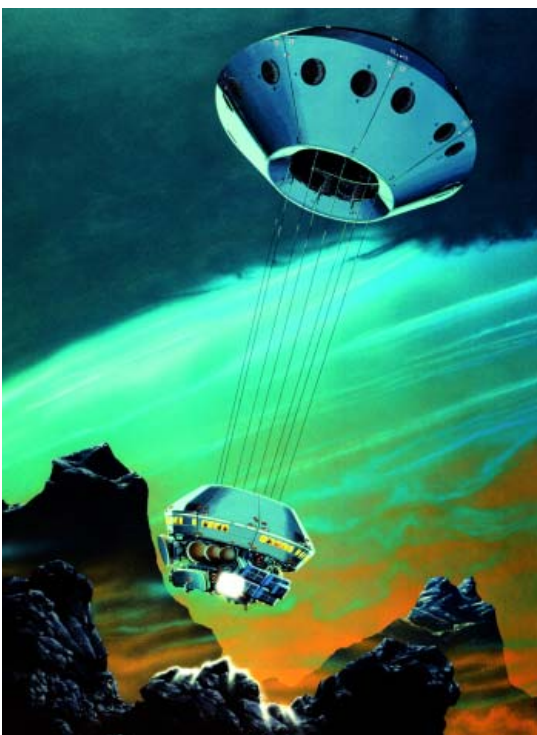
Schon vor dem Flug des ersten Flugzeugs und vor dem Start der ersten Rakete haben Literatur und Kunst mit der Eroberung der Lüfte und der Erforschung des Weltraums begonnen, um sich kontinuierlich weiterzuentwickeln. Von den 1610 erstmals mit einem Teleskop gemachten Beobachtungen haben Astronomen Zeichnungen angefertigt. Der erste von einem Wissenschaftler (1615) verfasste Science-fiction-Roman stammt von dem deutschen Astronomen Johannes Kepler. "Somnium" (Traum) ist eine Erzählung über eine Reise zum Mond, in der man erkennt, dass die Atmosphäre der Erde nicht grenzenlos ist. 1870 illustrierte Emile Bayard Jules Vernes "Eine Reise um den Mond", eine Fortsetzung seines klassischen Romans "Von der Erde zum Mond", mit Holzschnitten. Ungefähr um die gleiche Zeit erschien in einem nicht fiktiven Buch mit dem Titel "Der Mond" James Nasmyths Illustrationen von den ersten Weltraum-Landschaften. Und bevor Juri Gagarin und John Glenn die Erde umkreisten, schilderte der Künstler Chesley Bonestell, wie das Leben im All sein werde und welche Raumfahrzeuge zum Einsatz gelangen würden. Seitdem haben viele Weltraumkünstler sich Orte und Konzepte ausgedacht, die so weit entfernt, technisch zu anspruchsvoll oder gefährlich waren, als dass der Mensch sie hätte direkt erforschen bzw. verwirklichen können.

Kunst und Literatur über das Weltall waren nicht nur von Anfang an Bestandteil der Weltraumforschung, sondern sie haben auch eine bedeutende Rolle bei ihrer Entwicklung gespielt. Der Hauptweg, auf dem die Öffentlichkeit mit Ideen der Weltraumforschung bekannt gemacht wurden, waren fiktive Bilder und Szenarien von Künstlern und Schriftstellern. Sie schufen die Grundlage, mit der man auch der Allgemeinheit die künftigen

Weltraumaktivitäten verständlich machen kann. Die Anregung der Fantasie und Begeisterung der Öffentlichkeit für die Weltraumforschung hat auch dazu beigetragen, den nationalen zivilen Raumfahrtprogrammen die notwendige politische und finanzielle Unterstützung zu sichern. SF-Filme gehören in der Tat zu den beliebtesten und finanziell erfolgreichsten Kunstformen aller Zeiten.

Manche Raumfahrerkarriere hat ihren Ursprung in einem SF-Roman oder -Film. In den vergangenen 50 Jahren der Weltraumforschung haben Künstler Wissenschaftlern und Ingenieuren geholfen, ihre Pläne und Projekte zu veranschaulichen und ihre Entwicklungsarbeiten begreiflich zu machen.

Fasziniert von der Schönheit und dem Wunder des Kosmos und dem wagemutigen Entschluss des Menschen, sich von seinem Heimatplaneten zu lösen, schaffen heutige Künstler neue Ausdrucksformen und -techniken, die dem Vordringen in eine neue Welt entsprechen. Einige haben bereits künstlerische Vorhaben außerhalb der Erdatmosphäre verwirklicht, andere sammeln bei Parabolflügen Erfahrung mit der Schwerelosigkeit. Wie die Bilder dieser Broschüre bezeugen, bereitet die neue Generation künstlerischer Weltraumeroberer ihre Kunst, sich selbst und die breite Öffentlichkeit tatkräftig auf die größte je unternommene Entdeckungsreise vor.



MANCHU



Bestandsaufnahme der Science-fiction-Konzepte

Bei der von der Europäischen Weltraumorganisation ESA durchgeführten Studie über innovative Technologien aus der Science-fiction (ITSF) wurden vergangene und gegenwärtige SF-Literatur, grafische Darstellungen und Filme durchforstet, um darin beschriebene innovative Technologien und Konzepte ausfindig zu machen, die für weltraumtechnische Anwendungen geeignet sind, und um schöpferische Ideen zu sammeln, die auf lange Sicht von der europäischen Raumfahrt in konkrete Vorhaben umgesetzt werden könnten. Es ist anzumerken, dass diese Studie nicht erschöpfend war und dass sie den riesigen Bestand an SF-Literatur und -Filmen nur oberflächlich gestreift hat. Aber die darin behandelten bedeutenden Konzepte wurden zum großen Teil erfasst.

Insgesamt wurden als Ergebnis der Studie rund 50 Datenblätter und 35 technische Dossiers mit etwa 250 Konzepten und Technologien erstellt. Außerdem haben Künstler über 50 Bilder eingereicht, die ihrer Auffassung nach viele in der Science-fiction entwickelte Ideen im Kern darstellen. Im folgenden wird eine Reihe von Ideen, Technologien und Konzepten in Kurzform vorgestellt. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge werden auch Beispiele von SF-Büchern und -Filmen angegeben, und um die einzelnen Themen zu veranschaulichen, auch viele der im Rahmen der ITSF-Studie eingereichten Bilder hier reproduziert. Man darf allerdings nicht vergessen, dass diese Konzepte und Ideen weitgehend der Vorstellung visionärer und fantasievoller Individuen entspringen, und dass es lange dauern wird, bis einige von ihnen verwirklicht und praktisch genutzt werden können.

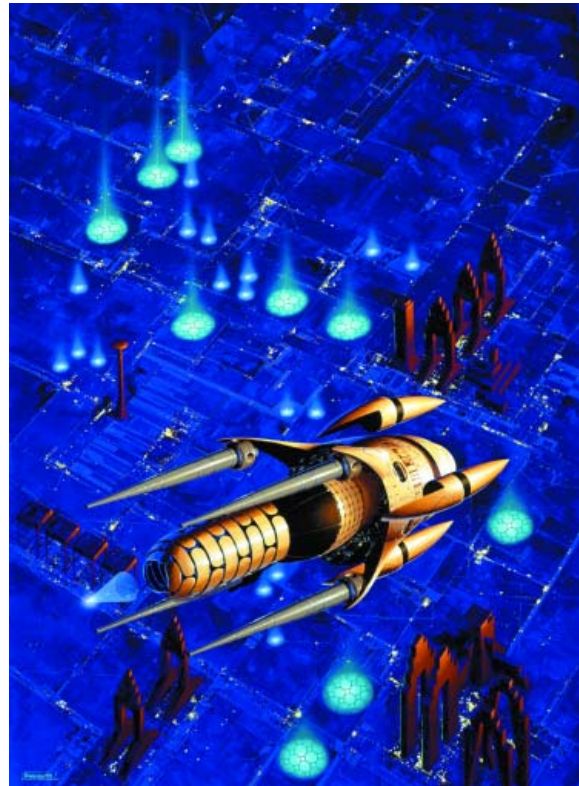
Nähere Einzelheiten über die Studie können zusammen mit den eingereichten Datenblättern, Bildern und Quellenangaben unter <http://www.itsf.org> abgerufen werden.





Antriebstechniken

Der kritischste Faktor bei jedem Versuch, ins Weltall vorzudringen, dürfte der Antrieb sein. Die Entfernungen, die wir zurücklegen müssen, sind riesig, die Geschwindigkeiten, die wir erreichen können, sind kümmerlich und das Ganze ist sehr teuer. Die Weltraumfähre (Space Shuttle) der NASA kostet eine Milliarde Dollar pro Start, und fliegt erstaunliche 27.800 km in der Stunde. Aber es würde fünfeinhalb Tage dauern, damit bis zum Mond zu gelangen. Zum nächsten Stern zu fliegen ist mit der heutigen Technologie praktisch unmöglich. Daraus erklärt sich das Interesse (und nicht nur in der Science-fiction) an exotischeren Arten des Raumflugs.

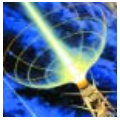


MANCHU



JEAM TAG

Viele der weiter fortgeschrittenen Antriebstechnologien beruhen auf Systemen, die keine Rückstoßmasse für den Vortrieb der Rakete erfordern. Hier ist die Idee der Schwerkraftbeeinflussung stark verbreitet. In seinem Roman "Path of the Fury" (1992) beschreibt David Weber einen kraftvollen Antrieb. Jedes Raumschiff kann ein kleines Schwarzes Loch vor sich erzeugen. Wenn das Raumschiff auf das Schwarze Loch zufällt, schiebt es dieses vor sich her. Und so fällt das Raumschiff ständig weiter und erlangt eine immer höhere Geschwindigkeit. Der Bau von immer leichteren Raumfahrzeugen mit immer größeren Treibstofftanks stößt beinahe an seine Grenzen. Um unser Sonnensystem vollständig zu erforschen und ständige Außenposten im All zu errichten, brauchen wir neuartige Triebwerke mit neuen Treibstoffen. Und zu den Sternen gelangen wir nur, wenn uns ein riesiger Sprung in der Umwandlung bekannter Technik zu brauchbaren Werkzeugen gelingt.



Interstellare/Staustrahltriebwerke

Um die riesigen Entfernungen bis zu den Sternen zu überwinden, und seien es auch nur unsere nächsten Nachbarn wie die Sonne, Alpha Centauri oder Barnards Pfeilstern, bedarf es einer treibstoffeffizienten Fortbewegungsmethode, wenn das Raumschiff nicht nur ein riesiger Kraftstofftank mit einer winzigen Mannschaftskabine sein soll. Robert Forward veranschlagt in seinem 1995 erschienenen Buch "Any Sufficiently Advanced Technology is Indistinguishable from Magic" (Jede hinreichend fortschrittliche Technologie ist nicht von mit Magie zu unterscheiden) eine annehmbare Geschwindigkeit für ein interstellares Raumschiff auf 10% der Lichtgeschwindigkeit. Soll die Reise hingegen weitergehen, zu Epsilon Eridani oder Tau Ceti z.B., müssten 30% der Lichtgeschwindigkeit angestrebt werden. Diese Geschwindigkeiten liegen innerhalb der Grenzen der Fluggeschwindigkeiten der "treibstofflosen" Raumflugzeuge, Lichtsegel und Staustrahltriebwerke.

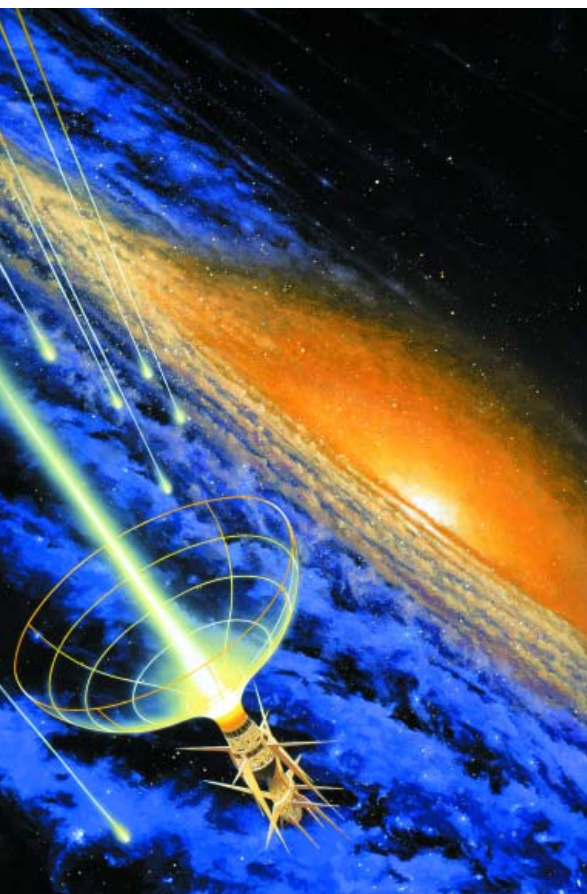
Das interstellare Staustrahltriebwerk sammelt während des Fluges mit Hilfe eines starken Magnetfelds interstellaren Wasserstoff. Je höher die Geschwindigkeit, umso mehr Wasserstoff wird gesammelt.

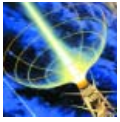
R.W. Bussard hat sein interstellares Staustrahltriebwerk 1960 vorgestellt. Das Original-Fluggerät sammelt mit einem großen Magnettrichter geladene Teilchen aus dem interstellaren Medium und leitet sie zu einem H-He-Fusionsreaktor, in dem sie zu Treibstoff umgewandelt werden. Nach Bussards Berechnungen würde ein 1000 t-Raumschiff mit 100% Reaktorwirkungsgrad, das Treibstoff aus einem Medium mit einem geladenen Nukleon/cm³ sammelt, fast endlos bei 1 g beschleunigen. In einem Jahr würde das Raumschiff Lichtgeschwindigkeit und in der subjektiven Lebenszeit der Mannschaft auch das Ende des Universums erreichen. Der Trichter des 1000 t-Fahrzeugs müsste bei einem Weltraummedium mit einer Dichte von 1000

Atomen/cm³ einen Durchmesser von 100 km haben.

Die Spitzengeschwindigkeit des Bussardschen interstellaren Staustrahltriebwerks liegt theoretisch sehr nahe an der Lichtgeschwindigkeit, aber praktisch wird sie möglicherweise durch die Dichte des interstellaren Mediums, den Widerstand des Magnetfeldes und die Bremswirkung der einströmenden Protonen gemindert. Das Staustrahltriebwerk Bussards hat den Vorteil, dass es keinen Treibstoff mitzuführen braucht. Ein Nachteil ist, dass es nicht vom Stillstand aus funktioniert, sondern auf 4-6% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden muss, um den richtigen Strom von geladenen Teilchen zu bekommen.

Poul Anderson ("Tau Zero") und besonders Larry Niven ("Tales of Known Space") setzen in ihren SF-Romanen ausgiebig interstellare Staustrahltriebwerke ein. Hier wurde interstellarer Wasserstoff in elektromagnetisch aufgeladenen Netzen eingefangen, komprimiert und in einen Ring eingeschnürter Kraftfelder geleitet und dort in einem Fusionsfeuer verbrannt. Nivens Staustrahltriebwerke erreichen ihre Höchstgeschwindigkeit, wenn die Geschwindigkeit des einströmenden interstellaren Wasserstoffs der Geschwindigkeit des Abgasstrahls bei einem beträchtlichen Prozentsatz der Lichtgeschwindigkeit gleichkommt. Bei einer Verfolgungsjagd zwischen zwei Staustrahl-Raumfahrzeugen in dem Roman "Ethics of Madness" verlassen beide Raumschiffe die Milchstrasse. In Nivens Schilderungen der Man-Kzinn-Kriege kommt es zu zahlreichen frühen Begegnungen zwischen interstellaren Staustrahl-Raumfahrzeugen und den außerirdischen Raumschiffen. Die ersten Staustrahl-Raumfahrzeuge waren





unbemannt, aber spätere Versionen führten eine Mannschaft mit sich und waren weiterentwickelt, um den Schub durch Antimaterie/Materie-Reaktionen zu erhöhen. Die meisten dieser bemannten Bussard-Staustrahl-Raumfahrzeuge in Nivens Geschichten besitzen zwei Antriebsstufen. Der erste Stufe ist ein laser-angetriebenes Lichtsegl – oder ein gewöhnliches Raketensystem, und wenn der richtige Prozentsatz der Lichtgeschwindigkeit (4-6%) erreicht ist, schaltet sich das interstellare Staustrahltriebwerk ein. Eins dieser Raumfahrzeuge aus Nivens Man-Kzinn-Kriegen führt seine eigene Antimaterie mit sich, sammelt aber mit einem Standard-Bussard-Stautrichter interstellaren Wasserstoff für den Materie/Antimaterie-Antrieb. Das dürfte den Schub enorm verstärken, und ein Fusionsreaktor wäre nicht erforderlich, weil die notwendige Hitze durch die Materie/Antimaterie-Reaktion erzeugt wird.

Niven ist sich auch der von starken Magnetfeldern ausgehenden Gefahren für lebende Organismen bewusst und setzt dem Einsatz von Bussard-Staustrahl-Triebwerken einige Grenzen. Zu den Modifikationen am ursprünglichen interstellaren Staustrahl-Triebwerkkonzept gehören das Aufladen der einströmenden neutralen Teilchen mit Hilfe eines Lasers, die Beschleunigung auf die Staustrahlgeschwindigkeit mit einem Lichtsegl, die Erhöhung des Schubs des Raumflugerätes durch Antimaterie/Materie-Reaktionen, der Einsatz eines Beschleunigers als Alternative zum Reaktionsmasseantrieb – letzteres könnte durch Fusion oder Antimateriekatalyse verbessert werden. Mit einem Laser an Bord oder auf der Erde könnte das in das interstellare Staustrahl-Triebwerk strömende Plasma aufgeheizt werden, um den Schub noch zu erhöhen.

Der "Ram Augmented Interstellar Ramjet" mit Mehrfachbetriebszyklus (RAIR) (interstellares Staustrahltriebwerk mit verbessertem Kollektorsystem und Mehrfachbetriebszyklus) wurde 1974 von Alan Bond konzipiert. Wie das Bussard-Staustrahltriebwerk fängt das RAIR mit einem elektromagnetischen Kollektor interstellare Materie ein. Das RAIR verfügt über einen fusionsbetriebenen elektromagnetischen Beschleuniger, der in der Achse des Raumschiffs liegt. Die Materie vor dem Raumschiff würde mit einem Laser ionisiert und eingefangen. Sie würde aber nicht als Treibstoff verbrannt, sondern lediglich als Rückstoßmasse verwendet. Der Beschleuniger dient also nur zur Erzeugung eines Staustrahls.

Es werden auch Laser-gestützte Staustrahltrichter erwähnt. Hierbei könnte das einströmende Plasma aufgeheizt und im Staustrahlrohr beschleunigt, womit möglicherweise Fusionspulse ausgelöst werden könnten. Dadurch könnte der Schub verstärkt und dem Raumschiff eine höhere Beschleunigung verliehen werden. Allerdings müsste der Laser gespeist werden. Eine andere Version verwendet, ähnlich wie die mit einem Lichtsegl gestarteten Staustrahlflugeräte, einen Laser auf der Erdumlaufbahn, um das Raumschiff mit Energie zu versorgen. Aber hier dient der Laserstrahl nicht dem Antrieb, sondern er wird im Raumschiff gebündelt, um die einströmenden Ionen aufzuheizen. Dadurch würde der Schub verstärkt und die Beschleunigung erhöht, aber die Wirkung des Lasers würde, so wie bei den Lichtsegeln, mit der Entfernung des Raumschiffs abnehmen.

Zu den Beschränkungen der Staustrahltrichter gehören auch der Treibstoff, denn man weiß nicht, ob genügend Moleküle eingefangen werden könnten. Ein weiteres schwerwiegendes Problem ist der beim Staustrahltrichter auftretende Bremsseffekt. Magnetfelder fangen Teilchen ein, die wiederum der Einleitung in den Trichter Widerstand leisten. Dadurch würde das Raumschiff einen umfangreichen Materiekegel vor sich herschieben, der es abbremst. Interstellare Staustrahltriebwerke wären auch sehr groß. Das NASA-Modell sieht eine 45-jährige Mission zu Alpha Centauri mit einem 3000 t-Raumschiff vor, das einen Einlass mit 650 km Durchmesser hätte. Science-fiction-Schriftsteller sprechen oft von Magnetfeldern, die sich über Tausende von Kilometern erstrecken. Doch wären interstellare Raumschiffe, die ihren eigenen Treibstoff mitführen, sehr viel größer.



Sonnen- oder Lichtsegel

Die Idee, das Treibstoff schluckende Triebwerk eines Raumflugzeugs zurückzulassen und die unerschöpfliche Energie des Sonnen- oder Sternenlichts für den Antrieb zu nutzen, bietet sich als verlockende Lösung für die Verringerung der Masse eines Raumflugzeugs an. Allerdings hat eine solche Lösung den eindeutigen Nachteil, dass man von einem starken Photonenstrom abhängig ist, um dem Raumschiff die notwendige Beschleunigung zu verleihen. Für interstellare Reisen brauchen Lichtsegel-Raumschiffe äußerst großflächige Strukturen wie riesige Sonnenenergiereis für einen Flug um den Merkur und enorme Fresnel-Zonen für Reisen ins äußere Sonnensystem.

Da Licht Druck auf Flächen ausübt, kann der Photonenstrom für den Antrieb in einem nahezu reibungslosen Umfeld genutzt werden. Hierauf beruht das Licht- (oder Sonnen-) Segelkonzept. Es ist eine Raumflugmethode, bei der kein Treibstoff mitgeführt zu werden braucht. Allerdings sind Segel, die den Sonnenwind oder nur das Licht von Sternen nutzen, mit zunehmender Entfernung immer weniger wirksam. In der Science-fiction trifft man seit den 20er Jahren auf Sonnensegel. Bei den frühen Modellen handelte es sich um riesige Raumschiffe mit mehreren Segeln. In anderen Arbeiten dienen Lichtsegel dazu, interstellare Staustrahl-Raumfahrzeuge auf Staugeschwindigkeit zu beschleunigen. Zur Steigerung des Wirkungsgrades können auch bodengestützte Laser eingesetzt werden. Monochromatisches Licht verstärkt die Reflexionsfähigkeit des Segelmaterials und verleiht

einen höhere Beschleunigung. Die Wirkung nimmt mit der Entfernung ab, aber viel langsamer, als wenn das Raumschiff nur Sonnenlicht nutzen würde. Der Laserstrahl kann von riesigen Fresnel-Zonen neu gebündelt werden. Lichtsegel werden enorme Flächen haben, aber dafür braucht das Raumschiff keinen Treibstoff und keine riesigen Triebwerke mitzuführen. Alternativen zu Lichtseglern sind Mikrowellen-, Teilchen- und magnetische Segel sowie Laser- oder solarthermische und elektrische Antriebe.

Das Lichtsegel beruht auf der 1873 von James C. Maxwell gemachten Entdeckung, dass von einem Spiegel reflektiertes Licht Druck auf den Spiegel 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. Logistisch gesehen ist dies ein großes Plus. Der Treibstoff wird von benachbarten Sternen oder Hochleistungslasern geliefert.

Arthur C. Clarke hat in den frühen 60ern "Sunjammer" geschrieben, aber eine der frühesten Quellen für Lichtsegel ist eine Sammlung von Arbeiten von Cordwainer Smith. Unter diesem Namen hat Dr. Paul M. A. Linebarger in den 50ern Science-fiction geschrieben. In dieser Geschichte werden die ersten bemannten interstellaren Raumschiffe von Lichtseglern angetrieben. Die kleinsten Segel in der Frühzeit waren nur 5000 km² groß. Sie waren aus "Gewebebletall" hergestellt –





wahrscheinlich ein feines Netz, damit diese enormen Segel leicht waren. Jedes Raumschiff führte viele Segel und wurde wie die heutigen Segelschiffe durch Verstellung der Segel gesteuert. Larry Niven ist ein späterer SF-Schriftsteller, der Lichtsegel sehr ausgiebig in seinen "Tales of Known Space" verwendet, wo sie dazu dienen, ein Raumschiff so zu beschleunigen, dass interstellare Staustrahltrichter genutzt werden können. Seine Lichtsegel werden fast immer von riesigen Lasern angetrieben, die entweder auf Schienen auf dem Merkur oder auf Asteroiden im Gürtel zwischen Erde und Mars platziert sind. In einer Geschichte mit dem Titel "Der Splitter im Auge Gottes" (engl. "The Mote in God's Eye"), die er zusammen mit Jerry Pournelle geschrieben hat und die in Pournelles eigenem Universum angesiedelt ist, findet die erste Begegnung mit einer intelligenten außerirdischen Spezies mit Hilfe eines Laser-betriebenen Lichtsegels statt.

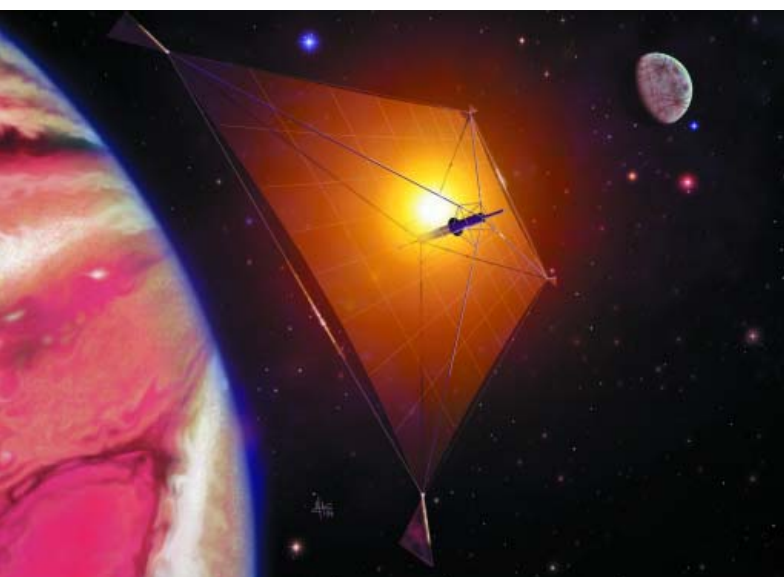
Es gibt mehrere Arten von Lichtsegeln. Bei der Grundauführung wird nur das Licht von Sternen genutzt. Dieses Modell findet bei Cordwainer Smith Verwendung. Eine Beschleunigung findet nur so lange statt, wie genügend Licht einfällt, und dies ist nur im inneren Teil von Sonnensystemen der Fall. In diesen Regionen stellen Lichtsegel eine billige und wirksame Antriebsmethode dar. Die Beschleunigung ist gering und die Höchstgeschwindigkeit wird gewöhnlich auf 25% der Lichtgeschwindigkeit veranschlagt. In dem Maße, wie die Entfernung zur Photonenquelle zunimmt, ist auch eine Verstärkung des Wirkungsgrades des Lichtsegels notwendig, um das Raumschiff weiter zu beschleunigen. Es kann aber ein Punkt erreicht werden, wo die Antriebskraft eines Segels durch die Reibung der auf das Raumschiff auftreffenden interstellaren Materie aufgehoben wird.

Die einfachste Form von Lichtsegeln ist ein großer Kreis oder ein großes Quadrat, die durch Drähte mit dem Raumschiff verbunden sind. Dieses Modell verwendet Robert Forward in seinem Roman "Rocheworld", wo es zwar zu einer Verformung des Segels kommt, die der Mannschaft aber keine große Sorge bereitet. Die Gefahr, dass das Segel im an- und abschwellenden Photonenstrom von der Sonne ins Flattern gerät oder kollabiert, wird anscheinend nur in der realen Welt als Problem betrachtet, wo man eine Versteifung des Segels mit Stangen in Betracht zieht.

Eine andere Segelart ist das mit Laser betriebene Lichtsegel, bei dem ein Riesen-Laser oder ein System von Lasern das Segel mit monochromatischem Licht bombardiert. Dies ist günstig, da es leichter ist, wirksame

Reflektoren für monochromatisches Licht als Reflektoren für gewöhnliches Sonnenlicht zu schaffen, das aus einem Spektrum von Wellenlängen besteht. Um wirksam zu sein, muss der Laser enorm groß sein und sein Strahl gebündelt werden, bevor das Licht das Segel erreicht. Das Laser-betriebene Sonnensegel ist anscheinend als einziges effektiv genug für interstellare Reisen. In Larry Nivens frühen "Tales of Known Space" werden riesige Laser-Batterien auf dem Merkur eingesetzt, die von einem losen Netz von Sonnenkollektoren umgeben sind.

Bei Robert Forward kommt eine Linse von der Größe des Staates Texas (eine Fresnel-Zone) zwischen Saturn und Neptun vor, die das Licht von mehreren Tausend um den Merkur kreisenden Sonnenkollektoren bündelt. Diese solar-gepumpten Laser haben eine Sammelleistung von 65 GW.



MARK GARLICK



Das Lichtsegel selbst ist zweistufig, wobei das große äußere Segel leicht schüsselförmig ist. Beim Erreichen von Alpha Centauri (oder Barnards Pfeilstern) wird es von einem inneren Segel abgekoppelt (aber sehr wahrscheinlich noch mit ihm verbunden bleiben). Das große Außensegel fokussiert dann den Laserstrahl zurück auf das Innensegel und bremst so das Raumschiff. Der Nachteil Laser-betriebener Lichtsegel ist die enorme Laser-Leistung, die notwendig ist, um ein Raumschiff über interstellare Entfernungen anzutreiben.

Es sind auch Alternativen zu Lichtsegeln vorgeschlagen worden. Das Mikrowellensegel ist ebenfalls ein Vorschlag von Robert Forward. Ein winziges Raumflugzeug, die Starwisp, wird von Mikrowellen angetrieben, die von einem solarbetriebenen Satelliten in der Erdumlaufbahn ausgesendet werden. Das Raumflugzeug würde hauptsächlich aus einem mit Mikroschaltkreisen belegten Netzsegel mit 1 km Durchmesser bestehen und nur einige Gramm wiegen. Die Strahlleistung dürfte 65-100 GW betragen und das 4-5 g wiegende Raumfahrzeug 20% der Lichtgeschwindigkeit erreichen lassen. Hierbei würde wiederum eine Fresnel-Zone zur Bündelung der Mikrowellenstrahlen genutzt.

Teilchensegel sind genau genommen keine Segel-Raumschiffe, aber auch sie fangen einen Strahl von einem bodengestützten Sender ein, den sie zur Beschleunigung nutzen. Der Strahl besteht in diesem Fall aus einem Strom von schwereren aber langsameren Teilchen wie Protonen, die von einem Fusionsreaktor als Plasma abgestrahlt werden. Der Strahl würde sich schnell zerstreuen, könnte aber einen Schub von bis zu 1000 g liefern, der das Raumfahrzeug auf ein Drittel der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt, bevor die Wirkung abebbt. Die hinsichtlich der Strahlprojektion bestehenden Beschränkungen würden allerdings nur interstellare Einbahn-Missionen zulassen.

Das elektromagnetische Segel beruht auf der Lenzschen Regel (die induzierte Spannung ist stets so gerichtet, dass das Magnetfeld des durch sie verursachten Stroms der Induktionsursache entgegenwirkt). Die Schleife sollte aus supraleitenden Drähten bestehen; sie dehnt sich, wenn sie unter Spannung gesetzt wird, zu einem Kreis aus. Das Raumfahrzeug wird an dieser Schleife befestigt. Geladene Teilchen, die unter einem anderen Winkel als parallel zum Magnetfeld auf die Schleife treffen, geben einen Teil ihres Kraftmoments an das Feld ab und treiben somit das Raumfahrzeug vorwärts. Ein 36 t schweres magnetisches Segel könnte je nach seiner Ausrichtung Beschleunigungen von 0.0001 m/s^2 bis 0.009 m/s^2 bewirken. Mit lediglich 10 km Durchmesser ist es im Vergleich zu einem Standardlichtsegel sehr klein.



MARK GARLICK

Sonnensegel sind schon fast keine Fiktion mehr. Die Russen haben unter der Bezeichnung Znamya Versuche mit leichten Dünnschicht-Anordnungen im Weltraum angestellt, die anscheinend auf die Beleuchtung von Flecken auf der Erde abzielten, aber auch der Erprobung neuartiger Antriebsmethoden dienten. In den Vereinigten Staaten ist es gelungen, mit Hilfe eines Laserstrahls einen leichten schalenförmigen Gegenstand 20 m hoch schweben zu lassen. In Europa haben ESA und DLR Sonnensegeltechnologie entwickelt; das entsprechende Gerät ist klein genug, um in den Weltraum mitgeführt werden zu können, und leicht genug, um wirksames Segeln zu ermöglichen. Man hat ein 20 m x 20 m großes Modell aus aluminiumbeschichteten Segelsegmenten mit kohlefaserverstärkten Kunststoffhaken angefertigt und getestet.



Antriebe nach dem Prinzip der Raum-Zeit-Krümmung

Das auf der Raum-Zeit-Krümmung (warping) beruhende Antriebskonzept ist in der Science-fiction weit verbreitet. Das bekannteste Beispiel ist wahrscheinlich in "Star Trek" zu finden. Mit dieser Technologie könnte man sich schneller als das Licht fortbewegen, und würde sich hinsichtlich Raum und Zeit ein bedeutsames Fenster auf das Universum öffnen, was für die Astronomie vielleicht noch von größerer Bedeutung wäre. Sowohl in den Pilotepisoden zu Star Treks "Voyager" als auch in "Der Splitter im Auge Gottes" (engl. "The Mote in God's Eye") von Larry Niven und in "Starplex" von R.J. Sawyer ist "warping" eines der gebräuchlichsten Mittel, um die enormen Reisezeiten zu umgehen, die die Science-fiction sonst äußerst langweilig machen würden.



MANCHU

In der Welt des "Star Trek" ist das Hauptantriebssystem der meisten schneller als Licht fliegenden interstellaren Raumfahrzeuge der Raum-Zeit-Krümmungsantrieb oder Warpantrieb. Das in den Raumschiffen der Föderation verwendete Antriebssystem bedient sich der 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.

Ein Raum-Zeit-Krümmungsantrieb ist im Grunde ein Mechanismus, der exotische Materie mit negativer Energiedichte verwendet, um Raum und Zeit so zu krümmen, dass ein Körper sich schneller als Licht fortbewegen kann. Miguel Alcubierre hat 1994 eine Raum-Zeit-Geometrie ausgearbeitet, die einen solchen Raum-Zeit-Krümmungsantrieb beschreibt. Die Raum-Zeit-Krümmung macht es möglich, dass sich ein Körper schneller als mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegt und trotzdem auf einer zeitähnlichen Kurve bleibt.

Rodenberry macht in seiner "Star Trek"-Odyssee vollen Gebrauch von diesem Antriebskonzept, um uns an den Rand unseres Universums zu versetzen. In "Avatar" zeigt Poul Anderson, wie Menschen interstellare Reisen bewältigen könnten, indem sie den exotischen relativistischen Effekt massereicher rotierender Zylinder in der sie umgebenden Raum-Zeit-Metrik nutzen, wie sie von der Allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagt wurde. Nach dieser Theorie können wir einige Umlaufbahnen um einen massereichen rotierenden Zylinder in Betracht ziehen, die "augenblicklich" mit anderen Umlaufbahnen um einen anderen massereichen Zylinder verbunden werden, der sich in beliebiger Entfernung vom ersten Zylinder befindet. Technisch gesehen besteht das Hauptproblem natürlich darin, ein sich über das gesamte Universum erstreckendes Netz solcher rotierender Zylinder zu errichten.

Vom physikalischen Standpunkt aus betrachtet sind die Beziehungen zwischen Raum und Zeit durch die Gesetze der Allgemeinen Relativitätstheorie Grenzen gesetzt. Ein grundlegendes Beispiel ist ein "Wormloch", das exotische Materie nutzen könnte, um zwei von einander entfernte Orte im Raum miteinander zu verbinden. 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 "Wormlöcher", sofern es sie gibt, als erstaunliche Instrumente erweisen, mit denen wir andere, ältere Teile eines fernen Universums (im weiteren Sinne) sehen können.



MANCHU



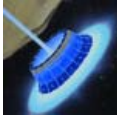
Ionentriebwerke

In seinem Roman "Reach" (1989) befasst sich Edward Gibson (ein amerikanischer Astronaut) mit der Weiterentwicklung der gegenwärtigen Technologie. Sein Raumschiff ist mit einem Ionentriebwerk ausgestattet, das Quecksilberatome auf 1% der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und nach hinten ausstößt. Sein Treibstoffbedarf ist nicht sonderlich hoch, aber es verbraucht eine Menge Elektrizität (die von Sonnenzellenauslegern oder Kernreaktoren geliefert werden kann).

Von neuartigen Spitzentechnologien sprechen auch Paul Preuss in "Projekt Starfire" (engl. "Starfire", 1988) und David Mace in "Nightrider" (1987). Man weiss, dass bei der Verschmelzung von zwei Atomen zu einem einzigen eine große Menge Energie freigesetzt wird. Die beiden genannten Autoren beschreiben Antriebssysteme, in denen kontrollierte Fusionsreaktionen anstelle der chemischen Reaktionen in modernen Raketen genutzt werden. Diese Systeme bieten den Vorteil, dass sie den Treibstoff viel effizienter nutzen und man schneller mit weniger Treibstoff fliegen kann.

Es wurden auch fortschrittlichere Technologien untersucht. Theoretisch könnte sich ein Raumschiff mit Hilfe eines äußerst starken Lasers fortbewegen. Einzelne Photonen, auch wenn sie eine sehr kleine Masse besitzen, bewegen sich sehr schnell fort. Hierbei handelt es sich um eine Weiterentwicklung des Ionenantriebs, der mit kleineren und sich schneller fortbewegenden Teilchen arbeitet. Mit dieser Idee hat sich Larry Niven in "The Warriors" (1988) beschäftigt.





Antimaterie

Antimaterie ist ganz schön explosiver Stoff. Wissenschaftlich gesehen ist sie das Gegenteil der normalen Materie, aus der wir und alles um uns herum bestehen. Jede Teilchenart in der Natur, so wird vermutet, hat ihr eigenes Antiteilchen, das mit der entgegengesetzten Ladung ausgestattet ist. Die auf rein theoretischen Überlegungen von Wissenschaftlern in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts beruhende Antimaterie hat schnell die Aufmerksamkeit der SF-Szene auf sich gelenkt, weil man davon ausgeht, dass eine Reaktion zwischen Materie und Antimaterie hundertmal mehr Energie (pro Treibstoffmasse) freisetzt als die stärkste Kernreaktion. "Star Trek" ist wahrscheinlich das augenfälligste Beispiel für die einfache Nutzung von Antimaterie in Science-fiction. Die Raumschiffe der Föderation verwenden Antimaterie-Vorräte als Treibstoffquelle, aus der sie die Materie/Antimaterie-Reaktion für den Antrieb speisen.

Antimaterie wurde zuweilen ganz einfach als fortschrittlichste Form des Raketentreibstoffs gesehen wie z.B. bei den Antimaterieraketen-Raumschiffen in Peter F. Hamiltons "Armageddon-Zyklus" (engl. "Night's Dawn Trilogy", 90er Jahre). In anderen Fällen wurde Antimaterie als natürliche Nachfolgerin von Kernreaktoren und Energiequelle der Zukunft betrachtet. Als Hauptbeispiel sei das "Raumschiff Enterprise" aus der Fernsehserie

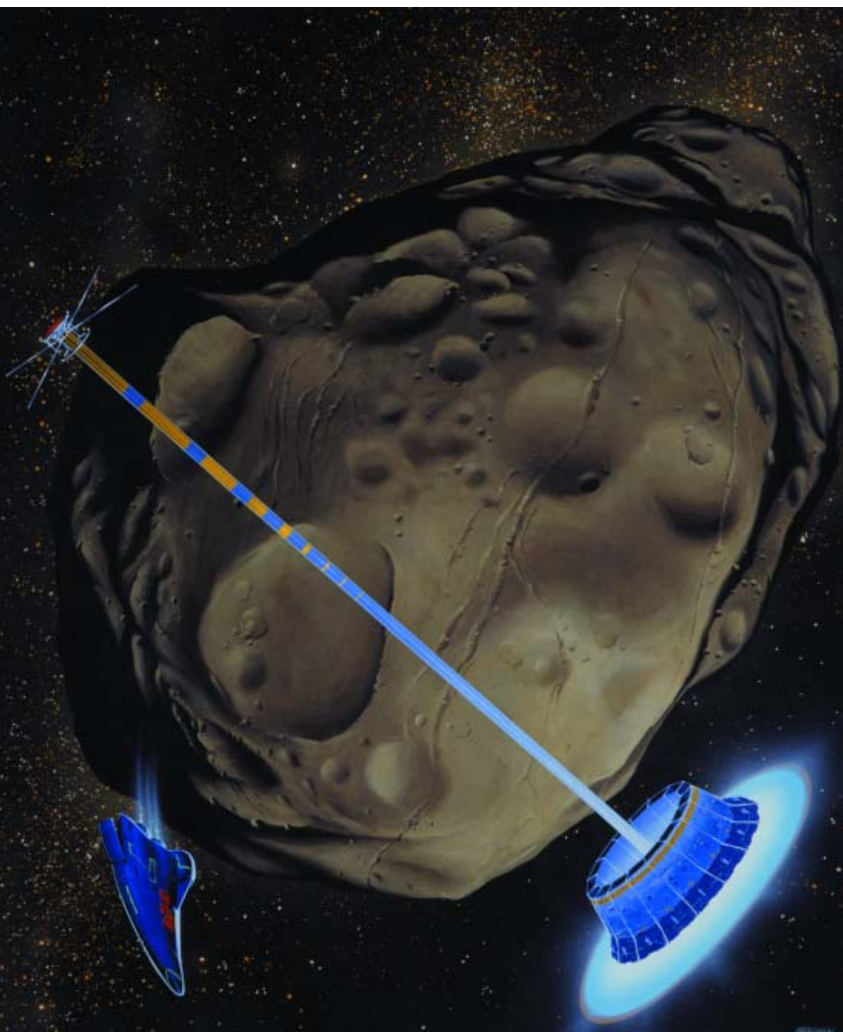
"Star Trek" der 60er Jahre (und die Anschlussserien und Filmversionen) genannt. Die "Enterprise" besaß einen Zentralreaktor, der das gesamte Raumschiff versorgte und mit einer Mischung von Materie und Antimaterie gespeist wurde, die genügend Energie lieferte, um überall dorthin zu gehen, wo noch kein Mensch gewesen ist.

Einige SF-Autoren haben sogar "Was wäre wenn-Fragen" über Antimaterie gestellt. In seinem Buch

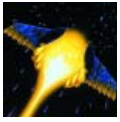
"Traces" ist Stephen Baxter dem Gedanken nachgegangen, dass es im All womöglich Antimaterie in Form von großen "Anti-Eisbrocken" gibt, die man anbohren und mit großen Mengen normalen Wassers vermischen könnte, um, wie es in der Geschichte erwähnt wird, eine Menge Wasserdampf zur Energieerzeugung zu erhalten.



UMSCHLAGBILD VON JACK COGGING, 1954



MANCHU



Fusionstriebwerke

Viele der interstellaren Raumschiffe, die in der SF-Literatur die Erde verlassen, um das Unbekannte zu erforschen, besitzen ein Fusionsantriebssystem. Der Fusionsantrieb, auch als Impulsantrieb bekannt, funktioniert nach dem klassischen Newtonschen Reaktionsprinzip und wird für den subphotonischen Flug (d.h. für Geschwindigkeiten unter der Lichtgeschwindigkeit) verwendet. Das Antriebsmedium besteht aus elektrisch geladenen Teilchen, die komprimiert und auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden, bevor sie aus dem Antriebssystem der Rakete austreten.

Man spricht hier von einem Fusionsantrieb, weil die Teilchen, die beschleunigt werden, ein Nebenprodukt der Fusionsreaktoren sind, mit denen die Energie für die Versorgung des Raumschiffs erzeugt wird. Da die

„Treibstoff-Fördermenge“ des Fusionsreaktoren begrenzt ist, kann zusätzlicher „Treibstoff“ – häufig in Form von Wismutatomen – in das Antriebssystem injiziert werden, wenn mehr Schub benötigt wird. Dies wird dann häufig als „Nachbrenner“ des Raumschiffs bezeichnet. Fusionsantriebe kommen in der „Star Trek“ Serie, den „Star Wars“ Kinofilmen, „Perry Rhodan“-Romanen und vielen anderen SF-Büchern, -Computerspielen und -Filmen vor.

Obwohl es noch nicht gelungen ist, die enorme Kraft der Fusionsreaktion für die Energieerzeugung zu nutzen, sind wir von einem Fusionsantriebssystem vielleicht gar nicht mehr so weit entfernt. Bei Fusionsreaktoren gibt es ein großes Problem: Sie müssen die Plasmateilchen lange genug zusammenhalten, damit mehrere Fusionsreaktionen zustande kommen und so genügend Energie erzeugen, um die Aufheizung und Ummantelung des Plasmas aufrechtzuerhalten. Ein Fusionstriebwerk müsste auch mehrere Fusionsreaktionen aushalten, aber es braucht nicht so effizient wie ein Fusionsreaktor zu sein, da das Hauptziel der Fusionsreaktion die Aufheizung der Plasmateilchen auf extrem hohe Temperaturen ist. In dem Maße, wie die Temperatur der Plasmateilchen steigt, nimmt auch die Geschwindigkeit zu, mit der sie aus einer magnetischen Düse strömen, was das Fusionstriebwerk zu einem sehr effizienten Triebwerksystem macht.

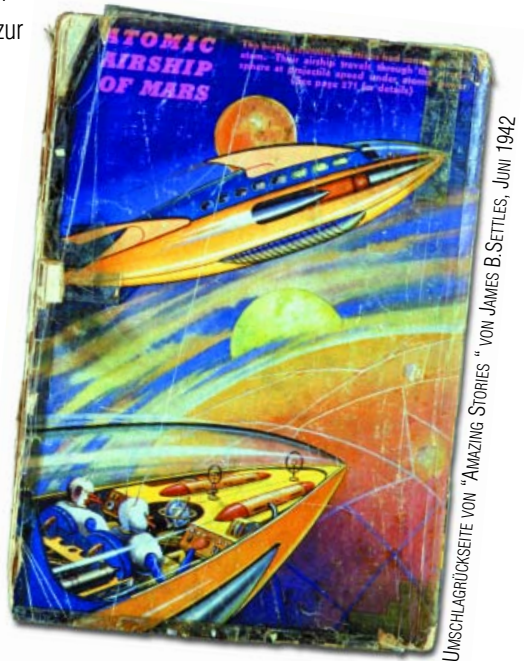




Nuklearer Detonationsantrieb

Der nukleare Detonationsantrieb, der seinen Ursprung in der Kernwaffenforschung hat, könnte sich als überaus nützlich zur Erzielung der hohen Beschleunigung von interstellaren Raumschiffen erweisen. Seine Anwendung ist einfach: Alle paar Sekunden wird eine Kernspaltungsbombe vom Raumschiff abgesetzt und in kurzem Abstand dahinter gezündet. Das Raumschiff ist mit einer riesigen Prall- und Schutzplatte ausgestattet, die die verdampften Explosionsrückstände auffängt.

Der "atomare Antrieb" war in der Science-fiction der 30er Jahre gang und gäbe, aber es scheint, dass Stanislaw Lem und Frederick de Hoffmann 1944 die ersten ernsthaften Untersuchungen über einen atomaren Antrieb für den Raumflug angestellt haben. Diese Untersuchungen gipfelten in dem Projekt "Orion", bei dem ein Prototyp-Fluggerät bei einem 1959 in den Vereinigten Staaten durchgeführten Bodentest durch sechs Detonationen auf 100 m Höhe emporgeschossen wurde. Zu einer Zeit, als die USA sich bemühten, einen Mensch auf den Mond zu befördern, hatten SF-Autoren und eine Gruppe vorausschauender Ingenieure die Antriebstechnologie für interplanetare und sogar interstellare



UMSCHLAGRÜCKSEITE VON "AMAZING STORIES" VON JAMES B. SETTLES, JUNI 1942

Flüge entworfen. Das Projekt wurde später aus politischen Gründen aufgegeben.

Diese Technologie könnte man abwandeln, indem man andere Treibsätze verwendet, z.B. durch Magnetfelder oder Masseantrieb beschleunigte nukleare Teilchen. Durch Bereitstellung von Treibsätzen entlang der Flugbahn des Raumschiffs ließe sich die Startmasse drastisch verringern.





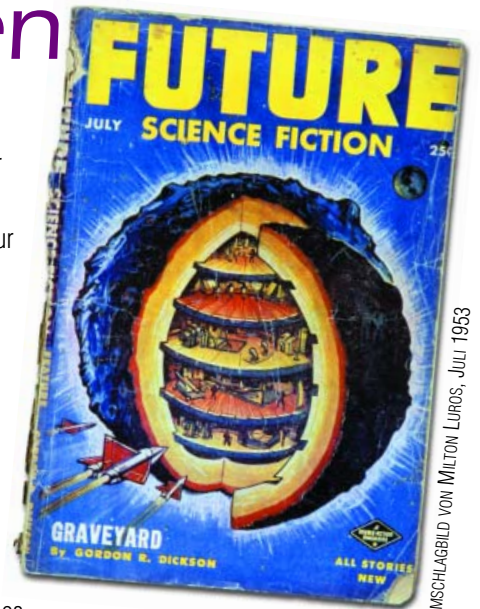
Besiedelung des Weltraums

Raumstationen und Weltraumkolonien

Die meisten Raumstationen in der Science-fiction dienen zwar immer nur als Zwischenstation für Reisende, Laboratorien, Fabriken oder Militärbasen. Aber manche erträumte Einrichtung bietet Erbauern und Bewohnern künftiger Raumstationen verlockende Perspektiven. In "The Lion of Comarre" von Arthur C. Clarke (1948) soll eine Raumstation einer Weltregierung als Hauptquartier dienen; Michael Moorcock gründet in "The Fireclown" (1965) ein Weltraumkloster. Patricia A. McKillip plant in "Narrenopfer" (engl. "Fool's Run", 1987) ein Gefängnis im All und Dean Ing's "Down and Out in Ellfive Prime" (1980) bietet ein komfortables Seniorenheim. Raumstationen könnten auch wie im Film "Silent Running" gefährdeten Spezies Schutz bieten oder durch Gentechnik wiedererschaffene Kreaturen wie die Dinosaurier in Robert Silverbergs "Our Lady of the Sauropods" (1980) beherbergen. Für Touristen

bietet die Science-fiction Weltraumhotels, Satellitenkasinos, Weltaustellungen und Sommer-Camps für Jugendliche an. Neuartige Freizeitaktivitäten wären Tanzen in der Schwerelosigkeit wie in "Spider" und Jeanne Robinsons "Stardance" (1979); exotisches Modellieren wie in Fritz Leibers "The Beat Cluster" (1961) und "Fliegen" mit künstlichen Schwingen wie in Konstantin Ziolkowskis "Beyond the Planet Earth" (1920).

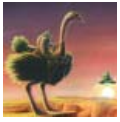
Blickt man weiter in die Zukunft, sieht die Science-fiction Raumstationen als lebenswichtige Heimstätten für die Menschheit, falls die Erde einmal unbewohnbar wird wie in Thomas M. Scortias "Earthwreck!" (1974). Mit der Begründung, dass das Leben im Weltall den nächsten logischen Schritt in der Entwicklungsgeschichte der Menschheit darstelle, beschreibt Bruce Sterling in "Schismatrix" (1985) fremdartige Formen des sich fern von der Erde weiterentwickelnden Menschen, während Terry Greenhough in "Thoughtworld" (1977) darauf hindeutet, dass hellseherische Kräfte im All wachsen könnten. Die Raumstationen selbst entwickeln sich vielleicht für ganze Generationen von Menschen zu Raumschiffen, die zu fernen Sternen fliegen wie in "The Voyage that lasted Six Hundred Years" von Don Wilcox (1940); oder Serien von Orbitalstationen könnten durch Kabel mit der Erde und miteinander verbunden werden, um wie in Clarkes "The Fountains of Paradise" (1979) einen riesigen bewohnten Ring um den Planeten zu bilden. Ja, wenn Schriftsteller sich ausmalen, was der Mensch einmal mit Raumstationen anstellen könnte, kennen sie keine Grenzen!



UMSCHLAGBILD VON MILTON LUROS, JULI 1953



TIM WHITE



Biosphären



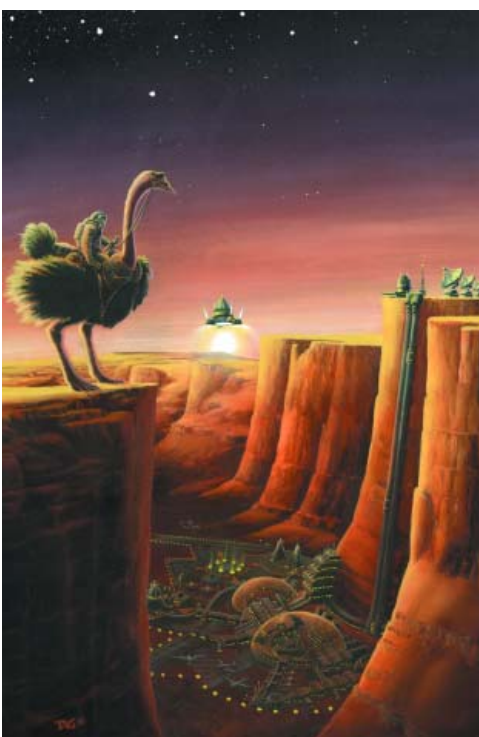
PHILIPPE JOZELON

Da auf anderen Himmelskörpern lebensfeindliche Bedingungen herrschen, sind künstliche Heimstätten zumindest in den Anfangsphasen der Besiedelung unverzichtbar. In Anbetracht der biologischen Erfordernisse von Pflanzen und Tieren und der zur Verfügung stehenden begrenzten Ressourcen erscheint es natürlich, dass eine Reihe von fortschrittlichen High-Tech-Entwicklungen notwendig sein werden, um das Überleben der ersten Siedler sicherzustellen. Hierzu gehören u.a. piezoelektrische Kunststoffmembranen für die Außenhüllen, mit denen sich mit Hilfe des Windes auf dem Mars Elektrizität erzeugen lässt; und eine weitere Schicht, die Strahlung auffängt, oder auch die Errichtung ganzer Städte unter Verwendung von Aerogel-Leichtbauteilen anstatt starrer Kuppeln. Während des Experiments Biosphäre II wurden etwa 80% der Nahrungsmittel aus vor Ort angebauten Pflanzen gewonnen. Dieser Prozentsatz muss bei Langzeitexpeditionen beträchtlich gesteigert werden.

Eine Langzeitvision einer Biosphäre ist die sogenannte "Dyson-Sphäre", die erstmals 1959 für eine fortschrittliche Zivilisation vorgeschlagen wurde, die ihre gesamte Energie von der Sonne beziehen soll. Es ist eine künstliche Kugel von der Größe einer Planetenumlaufbahn. Das Gebilde wäre von Sonnenkollektoren für Wohnstätten rings um das Zentralgestirn umhüllt, so dass sämtliche oder zumindest eine beträchtliche Menge Energie auf die Kollektorenoberfläche trifft, wo sie genutzt werden kann. So würde ein riesiger Lebensraum geschaffen und eine enorme Energiemenge gesammelt. Eine andere Version der Dyson-Sphäre ist eine "Ringwelt" (so lautet auch der Titel eines Romans von Larry Niven), bei der es sich um ein Band von Materie in der Bahnebene eines Planeten handelt, das weniger Material erfordern würde, obwohl die mechanische Beanspruchung größer wäre.

Der SF-Roman "Roter Mars" (engl. "Red Mars") von Kim Stanley Robinson nennt den Regolith (Geröllschicht) als ein Beispiel für eine Biosphäre. Die ersten Unterkünfte waren einfache tonnenförmig gewölbte Kammern, die mit 10 m Regolith in Sandsäcken abgedeckt wurden, um die Strahlung abzuhalten und einen Innenluftdruck von 450 m bar zu ermöglichen. Das Baumaterial wurde aus dem hergestellt, was an Ort und Stelle verfügbar war. Backsteine z.B. wurden aus dem Lehm und Schwefel im Regolith gefertigt. Später hat man anspruchsvollere Materialien und Bauteile verwendet. Der Roman "Red Mars" enthält nicht allzu viele Einzelheiten über den Aufbau der Biosphären, aber es gibt andere SF-Romane und -Filme, die Biosphären/Ökosysteme als Hauptthema haben. In "Silent Running" (1971) z.B. kümmert sich die Hauptperson Lowell Freeman um Pflanzen in riesigen Gewächshäusern. Auf der Erde gibt es schon lange keine Bäume mehr. Als von dort der Befehl kommt, die Gewächshäuser zu zerstören, kann er ihn nicht ausführen, ebenso wenig aber kann er seine drei Gefährten dazu zu überreden, ihm zu helfen, die Pflanzen zu retten, daher trifft er andere "Vorkehrungen". Die Fernsehserie "Starlost" (1973) handelte von Menschen, die über Generationen in Raumschiffen lebten, bis sie vergessen hatten, dass sie sich in einem Raumschiff befanden. Außer der Mars-Trilogie hat Kim Stanley Robinson auch "Icehinge" und "Antarktika" (engl. "Antarctica") geschrieben – in beiden kommen geschlossene Biosysteme als wichtiges Element vor.

Ein in Cornwall (England) laufendes ehrgeiziges Experiment ist vielleicht der irdische Vorläufer einer Biosphäre im Weltall. Das Eden-Projekt besteht aus mehreren "Biome" genannten Kuppeln, die riesige, speziell konstruierte Gewächshäuser sind, in denen zahlreiche Pflanzen gezüchtet werden.



JEAM TAG



Besiedelung anderer Planeten

Die Besiedelung anderer Planeten ist in der Science-fiction ein geläufiges Thema. Zahlreiche Geschichten beschreiben, was geschieht, wenn in einer Siedlung etwas schief geht – etwas, was man nicht vergessen sollte! Einige der geschilderten Rettungsmethoden sind erschreckend einfach und mit heutigen Mitteln möglich, aber großen Erfolg versprechen sie nicht. Manche dürften sich erst in einigen Jahren anwenden lassen.

Das realistischste Verfahren für die Besiedelung unseres Sonnensystems ist in Stephen Baxters Roman "Titan" (1997) beschrieben. Mit einem amerikanischen Raumtransporter, zwei alten Apollo-Kommandomodulen und einigen angekoppelten Zusatzgeräten fliegen fünf Wissenschaftler zum größten Saturnmond Titan. Dies ist zwar

nicht die sicherste und wirksamste Methode zur Besiedelung des Weltraums, aber sie hat den Vorteil, dass sie schon jetzt realisierbar ist. Ein anderes naheliegendes Siedlungsunternehmen schildert David Drake in seinem Buch "Surface Action" (1990). Er beschreibt eine Methode zur Besiedelung der Venus durch "Terraformung". Mit Hilfe kleiner Asteroiden und Kometen wird die Atmosphäre der Venus verändert und mit irdischem Leben (Bakterien, Algen usw.) besamt. Ein Roman, der ausschließlich von Besiedelung und den damit verbundenen Schwierigkeiten handelt, ist "Heorots Vermächtnis" (engl. "Legacy of Heorot", 1987) von Larry Niven, Jerry Pournelle und Steven Barnes. Er enthält ausführliche Beschreibungen und logische Begründungen für die von den Siedlern angewandten Verfahren und Geräte.

Die Errichtung von Siedlungen im Weltraum wird kein leichtes Unterfangen sein. Aber die Notwendigkeit, unseren Lebensraum auszudehnen, und die Möglichkeit, das Überleben der Menschheit zu sichern, lassen uns zu dem Schluss gelangen, dass wir im Weltraum siedeln müssen. Allerdings wird man die Siedler großzügig ausstatten und unterstützen müssen, damit ihr Unternehmen gelingt.



UNMSCHLAGRÜCKSEITE VON "AMAZING STORIES" VON FRANK R. PAUL, OKTOBER 1941

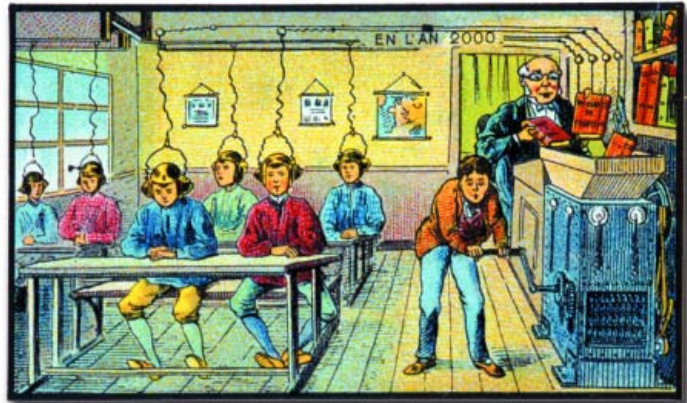


JEAM TAG



Langzeit-Raumflüge

Allzu oft vergessen wir, dass die Wunder, auf die man in SF-Geschichten baut, sich nicht auf die Physik und Technik beschränken, sondern auch Errungenschaften der Biowissenschaften umfassen. Als Beispiel stelle man sich vor, dass die Menschheit schließlich den erdähnlichen, besiedelbaren Planeten ausgemacht hat, von dem sie immer geträumt hat. Der Planet kreist um einen hübschen kleinen Stern, der einige Lichtjahre von unserem Planeten entfernt ist. Das interstellare Raumschiff steht bereit, aber es gibt ein kleines Problem. In diesem nicht so hypothetischen Universum kann man sich noch nicht schneller als Licht fortbewegen. Die Reise wird zwischen 50 und 100 Jahren dauern. Die Mannschaft wird über 80 sein, wenn sie ihr Ziel erreicht. Die Biowissenschaft kann dieses Problem leicht lösen, indem sie den Menschen zu einer längeren Lebenserwartung verhilft.



VIGNETTE VIELLEMARD, 1901

Doch selbst ein SF-Autor würde seinen Lesern nicht die Vorstellung zumuten, dass die Mannschaft gesund und munter ankommt, nachdem sie ein Jahrhundert lang in einem engen Raumschiff durchs Weltall geflogen ist. Auch hier bringt die Biowissenschaft Rettung. Wie in den Romanen "2001: Odyssee im Weltraum" (engl. "2001: A Space Odyssey") von Arthur C. Clarke oder "Heorots Vermächtnis" (engl. "The Legacy of Heorot") von Larry Niven, Jerry Pournelle and Steven Barnes) kann die Mannschaft in Winterschlaf versetzt werden, bis sie ihr Ziel erreicht hat. Das Raumschiff führt auch tiefgekühlte Pflanzen und Tiere (Embryonen) mit sich, die zur Errichtung der Siedlung notwendig sind.

Auch Gentechnik spielt eine Schlüsselrolle in vielen SF-Geschichten über die Erforschung und Besiedelung fremder Planeten, die meistens für menschliches Leben ungeeignet sind. Eine große Aufgabe wird daher sein, sie bewohnbar zu machen bzw. sie zu "terraformen". Gentechnisch veränderte Organismen und Pflanzen werden hierbei wahrscheinlich sehr große Bedeutung haben (siehe "Le rêve des forêts" von Gérard Klein oder "Venus of Dreams" und "Venus of Shadows" von Pamela Sargent). Wenn "Terraformung" nicht möglich oder zu kostspielig ist, warum dann nicht den Menschen auf gentechnischem Wege dem Leben auf dem fremden Planeten anzupassen? In dem Roman "The Seedling Stars" von James Blish wird eine neue menschliche Spezies durch eine Mischung von Gentechnik und einem mysteriösen Verfahren mit dem Sammelnamen "Pantropy" geschaffen. Diese "angepassten Menschen" sind völlig transformiert, um auf Ganymed, dem eisigen Trabanten des Jupiter, leben zu können: Ihr Blut besteht aus flüssigem Ammoniak, ihre Knochen sind aus Eis IV und ihr Atemzyklus beruht auf der Chemie des Schwefels! Eine solch radikale Veränderung birgt in sich die Gefahr, dass die angepassten Menschen so anders sein könnten, dass sie nicht mehr menschlich sind. In "City" von Clifford D. Simak, sind sie so verschieden, dass sie die Kommunikation mit der guten alten Spezies Mensch aufgeben.



GILLES FRANCESCO



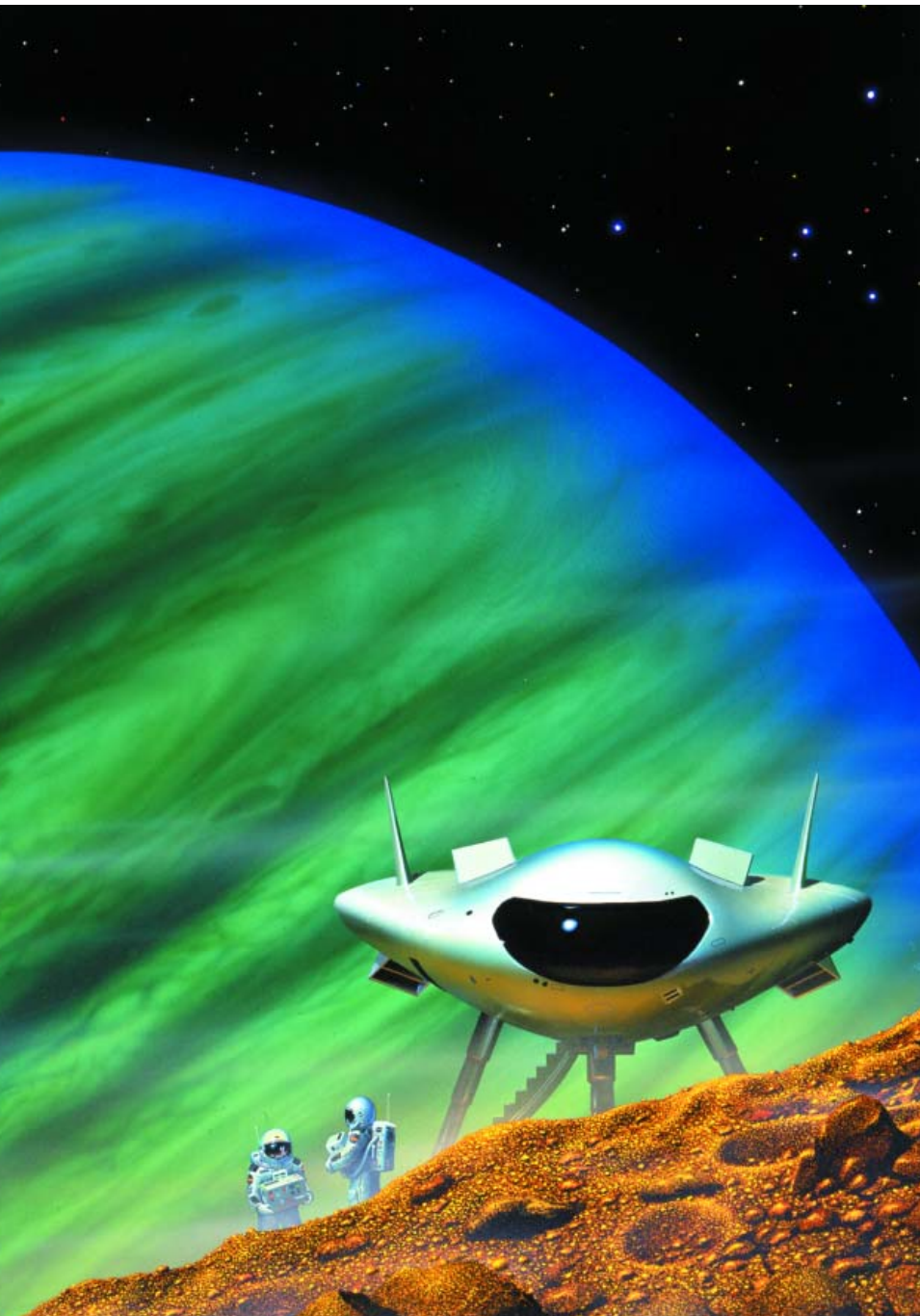
Energie und Kraft

Weltraum-Energie

Weltraum-Energie ist in der Science-fiction wie in der wirklichen Raumfahrt eine absolute Notwendigkeit. Hierzu gehört alles, was im Weltraum als Energiequelle geeignet ist, vom einfachen, in Raketen eingesetzten chemischen Reaktanten an aufwärts. In dem 1989 erschienenen Roman "Heorots Vermächtnis" (engl. "The Legacy of Heorot") von Larry Niven, Jerry Pournelle and Steven Barnes wird Kernfusion sowohl in Kraftwerken als auch

in Raketentriebwerken angewandt, um die Energie zu erzeugen, die notwendig ist, um die Entfernung zwischen den Sternen zu überwinden. In der bis in die 60er Jahre zurückgehenden Fernsehserie "Star Trek" wird sogar die noch stärkere Materie/Antimaterie-Reaktion als Energiequelle genutzt. Und Greg Bear hat sich in seinem Buch "Der Amboss der Sterne" (engl. "Anvil of Stars") ein Technologiekonzept ausgedacht, mit dem sich Materie vollständig in Energie umwandeln lässt.

Bei diesen Konzepten geht es um die Erzeugung enormer Energiemengen, aber in der Science-fiction sind auch subtilere Beispiele der Energiegewinnung zu finden. Im "Armageddon-Zyklus" (engl. "Night's Dawn Trilogy") von Peter F. Hamilton werden Kabel durch das Magnetfeld eines Planeten geschleppt, um Strom zu erzeugen. Außerdem ist dort die Rede von Wohnraumschiffen, welche die diffuse Hintergrundstrahlung des Weltraums umwandeln können. Eine noch ungewöhnlichere Idee wird in dem Film "Matrix" aus den späten 90er Jahren umgesetzt, wo Menschen als Energiequelle verkabelt werden. "Kraft des Volkes" im wahrsten Sinne des Wortes!



TIM WHITE



Energieversorgung

Raumschiffe der Zukunft werden auf ihren Flügen durch das All zahlreiche Verbraucheruntersysteme zu versorgen haben. Während die Nutzung von Kernkraft aus Spaltungs- und Fusionsreaktorsystemen aus heutiger Sicht ziemlich einfach ist, denken SF-Autoren schon an äußerst komplexe und futuristische Energieerzeugungssysteme, um den Energiebedarf ihrer Raumschiffe zu decken. Zu den in der Literatur

genannten Energieerzeugungssystemen gehören Kernspaltungs- und Fusionsreaktoren, Tylliumreaktoren, Materie/Antimaterie-Reaktoren, Singularitätswandler, "Hyperraum-Zapfer" und verschiedene andere Systeme.

In der "Perry Rhodan"-Buchreihe z.B. kommen Singularitäts- und Antimateriegeneratoren zum Einsatz, die ein starkes Schwerfeld zur Erzeugung eines kleinen Schwarzen Lochs nutzen. Während die Materie in das Schwarze Loch stürzt, werden 50% ihrer Masse in reine Energie in Form von Gammastrahlen umgewandelt. Der Singularitätsgenerator wird noch übertroffen vom Antimaterie-Generator, der nach dem gleichen Prinzip arbeitet, aber das Schwarze Loch (mit Hilfe eines pulsierenden Schwerfeldes) wieder aufricht. Geht man davon aus, dass die freigesetzte Materie in Antimaterie umgewandelt wurde, lassen sich 50% der bei dem vorhergehenden Prozess übriggebliebenen Materie ebenfalls in Energie umwandeln.

Die "Kampfstern Galactica"-Serie arbeitet sowohl mit Fusions- als auch mit Tyllium-Reaktoren. Letztere verwenden den exotischen Stoff Tyllium, der soviel Energie enthält, dass ein einziger Reaktor 1,8 Exawatt freisetzen kann. Die "Star Trek"-Serie dagegen bedient sich des klassischen Materie/Antimaterie-Vernichtungsprozesses, um die im Raumschiff benötigte Energie zu erzeugen, während die "Star Wars"-Raumschiffe mit Fusionsreaktoren betrieben werden (die zuweilen beträchtliche Ausmaße annehmen, z.B. im "Todesstern").



TIM WHITE



Weltraum-Laser

Weltraum-Laser gehören in der Science-fiction zu den Dingen, bei denen man genauer hinsehen muss. Im SF-Genre wimmelt es nur so von Strahlenpistolen, Laser-Waffen und Todesstrahlen. Aber hinter dieser fiktiven Waffengattung verbirgt sich eine Fülle kreativen Denkens, das auf die Nutzung von Laser-Strahlen in der Raumfahrt gerichtet ist. Von der einfachen Verwendung von Lasern für Kommunikationszwecke bis zum Einsatz riesiger planetenweiter Laser zur Zerstörung von Weltraummüll oder zur Bearbeitung der Oberfläche eines Planeten oder Mondes haben die Schöpfer von Science-fiction ungezählte Möglichkeiten zur



Nutzung Laser-gestützter Geräte ersonnen. Bei einer Variante des von Arthur C. Clarke in seinem Buch "The Wind from the Sun" beschriebenen Sonnensegelkonzeptes wird anstelle des Sonnenlichts ein Laserstrahl als Antriebsmittel für ein Lichtsegel verwendet. Der hierfür erforderliche Lasertyp ließe sich auch für die Übertragung von Energie zwischen zwei Punkten im Sonnensystem einsetzen.

Das beste Beispiel für die vielseitige Verwendung von Weltraum-Lasern in Science-fiction ist wahrscheinlich die Phaser-Technologie aus der Fernseh- und Kinofilmserie "Star Trek". Obwohl es sich offensichtlich um ein Waffensystem handelt, dienen phasengesteuerte Laser auch als Wärmequelle bei interplanetaren Missionen und werden dazu genutzt, um zur Rettung in Notfällen Löcher in Wände zu schneiden und sogar Energie zu anderen Orten zu übertragen. Dieses Beispiel zeigt, wie sich mit einigen Überlegungen eine einfache Strahlenpistole tatsächlich für viele andere Zwecke verwenden lässt.





Magnetische Schilde

Schilde dienen in der Science-fiction weitgehend zum Schutz von Raumfahrzeugen und Personen – man denke z.B. an "Maximum Wrap" von D. Galanter. Solche Schilde könnten von Magnetfeldern gebildet werden. Die magnetische Abschirmung gegen Strahlung und die Nutzung von Magnetfeldern als "Segel" für interplanetare Missionen sind gegenwärtig im Gespräch. Aus der Tatsache, dass wir elektrisch geladene Gegenstände mit Hilfe

elektromagnetischer Felder ablenken können, lassen sich Konzepte für den Schutz von Raumfahrern gegen kosmische Strahlung ableiten. Dies ist der bekannte physikalische Trick, der den mächtigen Spezialeffekten des Schildes des Raumschiffs Enterprise gleicht. Neutrale Teilchen und Gegenstände lassen sich mit einem magnetischen Feld nicht ablenken.

In "Star Wars" dienen die starken Schilde immer wieder zum Schutz eines Planeten, Schlachtkreuzers oder eines Raumschiffs. In "The Empire strikes back" musste der Schild der Aufständischen über Hoth gesenkt werden, um den Abflug von Raumschiffen und den Ionenkanonenbeschuss gegen die Blockadestreitkräfte des Imperiums zu ermöglichen. Würden magnetische Schilde als Ablenkungsschilde eingesetzt, müssten sie beim Start eines Raumschiffs abgesenkt werden, weil die starken Magnetfelder die Bordelektronik stören würden. In "Star Wars" kommen Schilde gewöhnlich im Zusammenhang mit Raumschiffen vor, aber es gibt auch mehrere Beispiele für die Verwendung von kleineren Schilden zum Schutz von Personen. In "The Phantom Menace" hatten die Zerstörerdroiden eingebaute Strahlenschutzschilde, und die Armee der Gungans war ebenfalls mit tragbaren Schilden für den Kampf in der Atmosphäre ausgestattet. Magnetische Personenschutzschilde ließen sich mit magnetischen Dipolen oder Spulen herstellen. Supraleitende Spulen könnten starke Magnetfelder erzeugen, müssten aber aktiv gekühlt werden, um bei Zimmertemperatur zu funktionieren, was einen großen Aufwand erfordert. Starke Magnetfelder könnten auch als Segel eingesetzt werden, um das Plasma im Sonnenwind und im interstellaren Medium einzufangen, wie ein Stoffsegel den Wind einfängt. Mit magnetischen Segeln könnte man auch Raumfahrzeuge auf interstellaren Missionen beschleunigen oder abbremsen.





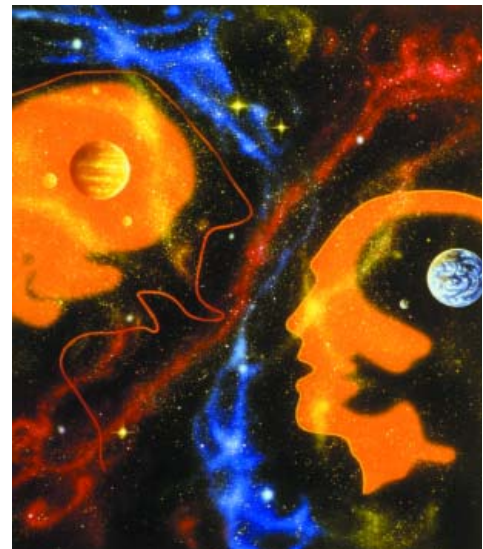
Computer und Kommunikation

Verzögerungsfreie Kommunikation

Auch wenn aus Kapitän James T. Kirk, der sein Kommunikationsgerät aufklappt und "Beam mich rauf, Scotty" sagt, Kapitän Picard geworden ist, der sich auf die Brust klopft und "Raufbeamen" ruft, erhebt sich die Frage: Wohin tendiert die Kommunikation und die Nahtstelle Mensch/Maschine wirklich?

Galgenmikrofone und Ohrmuschelhörgeräte werden immer kleiner, aber wo stößt diese Entwicklung an ihre Grenzen? Laut David Drake in dem Buch "Hammer's Slammers" (1979) wird es mit einem kleinen Relaisgerät enden, das direkt in die Brust implantiert wird und Nachrichten durch Tonübertragung über Knochen und subvokalisierte Sprache aussendet. In Hamiltons "Mindster: Die Nano-Blume" (engl. "The Nano Flower", 1995) erhält William Gibson persönliche Mitteilungen in virtueller Realität durch interaktive Computerdarstellung des Absenders.

So sehen Nahtstellen zwischen Mensch und Maschine aus. Wie aber verhält es sich mit der Mechanik des Sendens von Nachrichten? In der unter dem Titel "Venus Equilateral"



MICHAEL BOEHME

veröffentlichen

Sammlung von Geschichten (1947) spricht George O. Smith von einer um die Sonne kreisenden Relaisstation, die automatisch Nachrichten zu einer Kolonie auf der Venus weitersendet. Um Nachrichten an Empfänger außerhalb des Sonnensystems zu senden, ist schneller als Licht funktionierende Kommunikation ideal. Es mag sich um eine subkosmische Nachricht wie in "Star Trek" oder "Babylon 5" handeln, aber James Blish ("Beep", 1954) und Ursula K. LeGuin ("Planet der Habenichtse", engl. "The Dispossessed", 1974) haben sich verschiedene Formen des perfekten, idealen und verzögerungsfreien Kommunikationssystems ausgedacht. Der Dirac-Kommunikator und Ansible würden Sofortverbindungen über die gesamte Galaxie ermöglichen. In "Bleep" z.B. gibt es ein Kommunikationssystem, das seine Sendungen an jeden auf es eingestellten Empfänger ausstrahlt und eine komprimierte Nachricht (beep) anfügt, die jede Mitteilung enthält, die je gesendet wurde und gesendet werden wird.

In dem Film "Contact" (nach einem Roman von Carl Sagan) wird eine extraterrestrische Botschaft auf der Erde empfangen. Um sie zu verstehen, werden umfangreiche kryptographische Mittel aufgewendet. Eine grundlegende Voraussetzung hierfür ist aber, dass jede Botschaft so angelegt ist, dass sie sich entschlüsseln lässt. Dr. Ellie Arroway (Jodie Foster) kleidet es in den Satz: "Mathematik ist die einzige wirklich universelle Sprache."



THOMAS THIEMEYER



Computer zum Anziehen

Am Körper tragbare Computer sind für den Dialogverkehr bestimmte Personalcomputer (PC) für Nutzer, die beweglich sein müssen und die Hände frei behalten, Daten in hellem Sonnenschein und im Dunkeln sehen und/oder eine weitestgehend ungestörte Sicht auf die Umgebung behalten müssen, während sie Computer- oder Videodaten ablesen. Dieses robuste ausfallsichere Computersystem wird mit einer Überkopfanzeige ausgestattet, bei der das Bild auf die Innenfläche der Brillenlinsen projiziert wird. Die Optik gewährt eine maximale Sicht auf die Umgebung, während die Anzeige benutzt wird. Der "Körper-Computer" verfügt auch über ein Stimmerkennungssystem mit integriertem Mikrophon. Zubehör wie Armband- oder Taschen-Minitastaturen, aufroll- oder faltbare Tastaturen und Datenhandschuhe kann ebenfalls verwendet werden. Ein solcher Computer kann also wie Werkzeug, Kleidung und Brille getragen werden und je nach Situation auf den Träger reagieren. Mit Überkopfanzeige, handlichem Eingabegerät, persönlichen, drahtlosen Ortsnetzen und anderen die Umgebung wahrnehmenden Kommunikationsmitteln kann der Körper-Computer als intelligenter Helfer wirken,

wo immer der Nutzer tätig wird. Andere Anwendungsmöglichkeiten für solch ein System sind Kommunikation, mobile Bestandsverwaltung, medizinische Unterstützung und Telemedizin, intelligente Apparate und Fahrzeuge sowie militärische und optische Anwendungen.

Es gibt mehrere Gründe, warum diese Computer erfolgreich sein werden. Vor allem ist es der Sex-Appeal. Filme wie "Matrix" und "Johnny Mnemonic" (der sich an eine Kurzgeschichte des SF-Autors William Gibson anlehnt) haben den Spiegelsonnenbrille und schwarzes Lederzeug tragenden asozialen Typ attraktiv gemacht. Zweitens ist es die in dem kleinen Kasten steckende Power, die entweder auf kleineren, schnelleren Chips oder auf der Tatsache beruht, dass man über das Internet oder das World-Wide Web Zugang zu Informationen an anderen Orten hat und somit über mehr Verarbeitungskapazität und eine höhere Produktivität verfügt. Das Raumschiff Enterprise aus "Star Trek" ist ein Beispiel hierfür. Das Raumschiff selbst ist das Netz und sämtliche Tricorder, Notizbücher, Kommunikationsplaketten und sonstige tragbare Geräte sind mit dem Hauptrechner des Raumschiffs vernetzt. Drittens wird ein am Körper tragbarer Computer bei abnehmenden Kosten eine nahtlose Integration zwischen Nutzer und Gerät ermöglichen. Die Kommunikationsplaketten aus "Star Trek" und "Babylon 5" werden bereits von den Fans der Fernsehshows getragen. Es gibt auch als Schmuck oder modisches Zubehör getarnte Kehlkopfmikrophone und Hörgeräte. Auch Tattoos sowie immer kleinere in Ohr- und Zungenpiercings und Halsketten verborgene Schaltkreise lassen sich für mobile Computer nutzen.



TIM WHITE



Einen bis ins letzte perfektionierten "Körper-Computer" hat Robert L. Forward in seiner "Rocheworld"-Serie beschrieben, die 1984 mit "The Flight of the Dragonfly" begann. In einer anderen, gemeinsam von Forward und dem Wissenschaftsautor Hans P. Moravec erfundenen Geschichte kommt ein futuristischer Körper-Computer vor, der hauptsächlich zur medizinischen Diagnostik, Kommunikation und zur Führung des Haushaltes dient. William Gibson ist der Meister der nahtlosen Integration von Mensch und Maschine. Den Beweis lieferte er 1984 mit dem Roman "Neuromancer", mit dem er die Cyberpunk-Bewegung auslöste. Viele seiner Personen waren mit technologischen Verbesserungen nach dem Vorbild von "The Six Million Dollar Man" oder "The Bionic Woman" ausgestattet. Manche konnten sich aber auch direkt in ihre Rechner oder ins Internet "einklinken", weil die mit Technologie in ihrem Körper "verdrahtet" waren.

Wir nutzen bereits Mobiltelefone und andere kleine tragbare Geräte für die Kommunikation. Ein Körper-Computer würde die Kommunikation mit seiner Rechnerkapazität verknüpfen. Die alten Tricorder in der ursprünglichen "Star Trek"-Serie (1966-68) wären wie das Mobiltelefon. Die Kommunikationsplaketten, die in der neuen Serie "Star Trek: The Next Generation", "Star Trek: Deep Space Nine", "Star Trek: Voyager" und in J. Michael Straczynskis "Babylon 5" auf der Hand getragen werden, sind Beispiele für "Körper-Computer" für Kommunikationszwecke. Eines der frühesten Beispiele stammt jedoch aus den 40er Jahren, als der Comic-Detektiv Dick Tracy mit Hilfe einer Zweiweg-Armbanduhr mit seiner Zentrale kommunizierte. In den 80ern wurde seine Uhr um eine Kamera erweitert, so dass er am Tatort Aufnahmen machen konnte, die er zur Zentrale übertrug. Heutzutage ist es nicht mehr außergewöhnlich, dass Armbanduhren mit Taschenrechner (mit Solarzellen), Fernsehschirm, Kamera oder GPS ausgestattet sind.

In der Medizin wird man sich auch den am Körper tragbaren Computer zunutze machen. Auch hier kommt einem "Star Trek" mit dem Tricorder und den verschiedenen vom medizinischen Personal verwendeten tragbaren Geräten in den Sinn. Der Tricorder kann den Körper durchleuchten, die Untersuchungsdaten zum Rechner des Hauptschiffes übertragen und dann von dort Informationen für den behandelnden Arzt empfangen. Im holografischen Doktor in "Star Trek: Voyager" könnte man zumindest einen tragbaren Computer und auch eine künstliche Intelligenz sehen, ebenso in der Person "Seven of Nine". Eine der Anwendungen, auf die die Firma Blue Fire gegenwärtig hin arbeitet, ist für die der Medizin zuarbeitende Industrie bestimmt und kann diese Tricorder-Funktion nutzen, indem sie von Datenbanken, Krankenhäusern und Ärzten Audio- und Videodateien, die für lebensrettende Maßnahmen vor Ort nützlich sind, empfängt und an diese überträgt.

Science-fiction arbeitet auch in der Optik mit Computertechnologie. Im Kinofilm "The Last Starfighter" werden die Aliens mit hydraulischen Durchsichtoptiken gezeigt, die zurückschnellen, um volle Sicht zu ermöglichen. Der Cyberpunk-Meister William Gibson hat diese Technologie am besten veranschaulicht. In "Neuromancer" und "Mona Lisa Overdrive" sind die verspiegelten Sonnenbrillen häufig mehr als einfache Sehhilfen, und in "Virtual Light" (engl. "Virtual Light") stiehlt Chevette Washington "eine harmlos aussehende Sonnenbrille." Doch später heißt es: "Dies ist keine gewöhnliche Brille. Was du durch diese High-Tech-Brille sehen kannst, kann dich reich machen – oder dich umbringen." Die im Rahmen der SuperBowl und der Olympischen Spiele ausgestrahlten TV-Werbefilme von IBM zeigen ein Acryl-Kästchen, mit dem man den Computerbildschirm sieht. Blue Fire, Xybernaut und viele andere Firmen für optische Geräte arbeiten an echten Überkopfanzeigen für den Körper-Computer, wie sie schon in den Apache-Hubschraubern und Luxuslimousinen, z.B. Cadillac, zum Einsatz kommen.



Robotik und kybernetische Kreaturen

Roboter und Automatenysteme

Zu den wichtigsten Geschicklichkeiten des Menschen gehört die Fähigkeit zu bauen und Werkzeuge zu benutzen. Aus den Feuersteinen der Steinzeit sind komplexe Maschinen und in unserer Zeit Computer geworden, auf die wir uns mehr und mehr stützen. So ist es nicht überraschend, dass in den von SF-Autoren ausgedachten Gesellschaften der Zukunft Roboter und Automaten allgegenwärtig sind. Dies gilt vor allem, wenn sie über Erforschung und Besiedelung des Weltraums schreiben.



SPIELZEUG AUS DER SAMMLUNG
DES MAISON D'AILLEURS

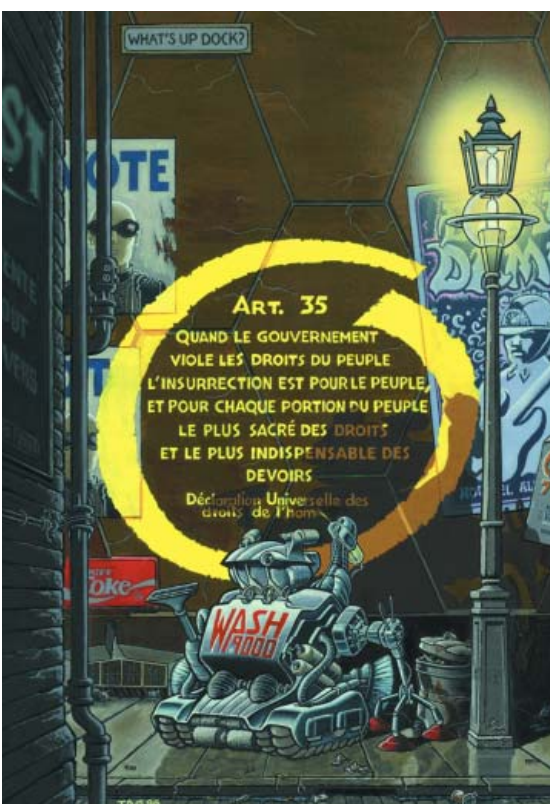
In vielen SF-Romanen wird die Besiedelung des Weltraums durch die systematische Erforschung von Sternsystemen mit automatischen Sonden vorbereitet. Am eindrucksvollsten hierbei ist die Verwendung von automatischen, sich selbst reproduzierenden Maschinen, die als Von-Neumann-Maschinen bezeichnet werden. Hier geht es darum, wie im Roman "Zeitschiffe" (engl. "The Time Ships") von Stephen Baxter geschildert, eine Maschine zu bauen und auf einen Stern zu befördern, die, sobald sie am Bestimmungsort angelangt ist, damit beginnt, (mindestens zwei) Nachbildungen von sich selbst anzufertigen und zu anderen Sternen zu schicken (wie ein Computervirus, der, nachdem er ein Gerät infiziert hat, per e-mail Kopien von sich selbst versendet!). Einmal in Gang gekommen, wird der Prozess sich rasch ausdehnen. Wenn jede Maschine zwei Nachbildungen von sich selbst baut und diese zur Erforschung anderer Sternsysteme aussendet, wo sie sich auch vervielfältigen, werden nach n Generationen ca. 2ⁿ Sternsysteme erforscht sein. Nach 10 Generationen wären mehr als 1000 Sternsysteme erforscht und zur Besiedelung vorbereitet, und nach 20 Generationen würde man 1 Million erreichen. Nach nur 30-40 Maschinen-Generationen wäre die ganze Galaxie erobert.



VIGNETTE VIELLEMARD, 1901

Das Endstadium der Automatisierung ist die Künstliche Intelligenz. Wilde Künstliche Intelligenz wird gewöhnlich als Bedrohung der Menschheit dargestellt. In der mit "Himmelsfluss" (engl. "Great Sky River") beginnenden Romanreihe von Gregory Benford

beispielsweise bilden mechanische künstliche Intelligenzwesen eine in sich geschlossene unabhängige Lebensordnung und kämpfen mit den biologischen Zivilisationen um die Oberherrschaft im Universum; der Kampf endet zu Ungunsten der Menschheit, die diese Wesen ursprünglich geschaffen hat. Daher dürfen auf diesem Gebiet auf keinen Fall die von Isaac Asimov erdachten drei Gesetze der Robotik außer acht gelassen werden. Deren Ziel ist es, sicherzustellen, dass intelligente oder semi-intelligente Roboter niemals einen Menschen verletzen oder dazu benutzt werden. Die drei Gesetze lauten wie folgt: 1.) Ein Roboter wird keinen Menschen verletzen und lässt nicht zu, dass ein Mensch verletzt wird, indem er passiv bleibt; 2.) ein Roboter muss die Befehle eines Menschen befolgen, außer wenn die Befehle im Widerspruch zum ersten Gesetz stehen; 3.) ein Roboter muss sich schützen, sofern dies nicht im Widerspruch zum ersten und zweiten Gesetz steht. Isaac Asimov hat in seiner langen Reihe von Romanen und Kurzgeschichten sämtliche Konsequenzen dieser Gesetze und ihrer möglichen Lücken ausgelotet.



JEAM TAG



Cyborg-Systeme

Das erstmals von Manfred E. Clynes und Nathan S. Kline 1960 formulierte Cyborg-Konzept, wonach Menschen der Weltraumumgebung angepasst werden sollen, hat sich als reiche Fundgrube für SF-Autoren erwiesen. Am bemerkenswertesten unter ihnen ist der Schriftsteller Martin Caidin, dessen Roman "Cyborg" (1972) als Vorlage für den Fernsehfilm "Six Million Dollar Man" diente. Die Geschichte der Cyborgs in der Science-fiction beginnt jedoch mindestens 20 Jahre vor der von Clynes und Kline verfassten Analyse der Möglichkeiten eines menschlichen/technischen Hybrids. Die Zeitschrift "Astounding Science-fiction" veröffentlichte 1944 eine Geschichte von Catherine Lucille Moore, in der die Möglichkeiten eines aus "Metallringen" bestehenden und durch "elektromagnetische Ströme" aus einem menschlichen Gehirn gesteuerten Körpers untersucht wurden. Und in den 50ern ersann Cordwainer Smith in "The Game of Rat and Dragon" Geräte, die von menschlichen Telepathen gesteuert und von Katzen gelenkt wurden.

In den 80ern, als man eine direkte Zusammenschaltung von Menschen mit Computern als realisierbar betrachtete, wimmelten die Arbeiten der sogenannten "Cyberpunk"-Autoren von imaginären Cyborgs. In "Snake Eyes" von Tom Maddox scheint ein Kriegsveteran namens George durch "Zeitkrümmung" in die Geschichte von Cordwainer Smith zu geraten, als sein Gehirnimplantat, das ihm die Sofortkommunikation mit den Bordsystemen seines Raumschiffs ermöglichen soll, ihn infolge eines Fehlers zwingt, Katzenfutter zu essen. In John Shirleys "Wolves of the Plateau" sind "Gehirnchips" eine anerkannte Währungsform.



PHILIPPE JOZELON

Geräte zur Verstärkung und Erweiterung des menschlichen Sehvermögens sind in der neueren Science-fiction wahrscheinlich die am weitesten verbreiteten Cyborg-Systeme. Der "Visor" in "Star Trek: The Next Generation" ermöglicht es dem Ingenieur Geordie La Forge, im Infrarotspektrum zu sehen, und lässt sich für Fernerkundung umrüsten, und in Marge Piercys "Body of Glass" (1991) und William Gibsons "Neuromancer" (1984) machen implantierte Chronometer das Tragen von Uhren überflüssig.

Die Autoren, die sich auch eine Erweiterung des Prinzips der virtuellen Realität ausgedacht haben, wonach das menschliche Bewusstsein seinen Sitz in einem virtuellen Körper haben kann, sind fast zu zahlreich, um hier genannt zu werden. Dies deutet vielleicht darauf hin, dass die nächste Stufe der von Clynes und Kline als "participant evolution" bezeichneten Entwicklung möglicherweise Cyborg-Systeme sind, die es uns gestatten, in den Weltraum zu gehen, ohne unseren Sessel zu verlassen.

Cyborgs und Mutanten sind Gegenstand zahlreicher Filme, u.a. "Terminator", "Robocop", "Universal Soldier" und der neuere "X-Men", in dem die Helden Kinder des Atoms, homo superior, das nächste Glied in der Kette der Evolution, sind. Jeder von ihnen wurde mit einer einzigartigen genetischen Mutation geboren, die sich in der Pubertät durch außergewöhnliche Fähigkeiten manifestierten: So kann einer aus den Augen einen Energiestrah freisetzen, der Berge durchbohrt; ein anderer besitzt sowohl telekinetische als auch telepathische Kräfte und ein dritter kann alle Arten von Wetter herbeizaubern.

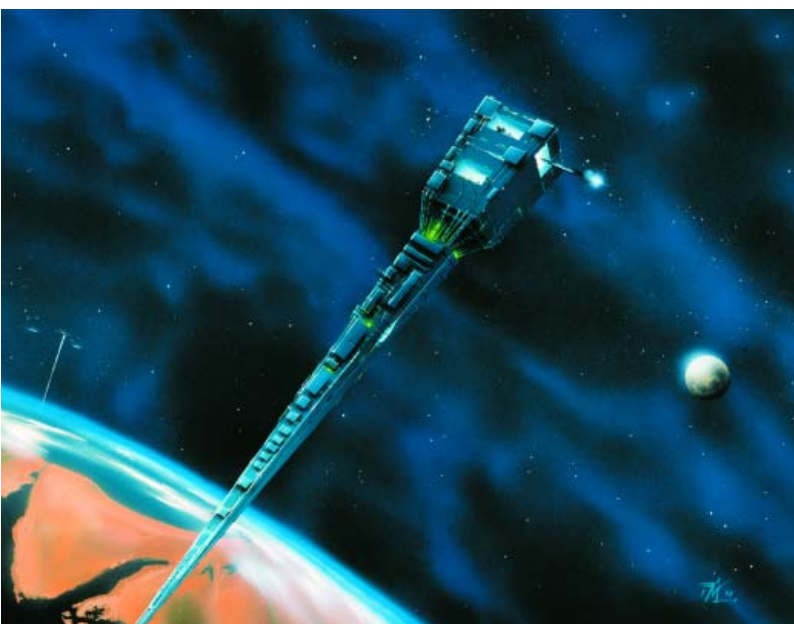


Startsysteme

Orbitale Türme und Weltraumaufzüge

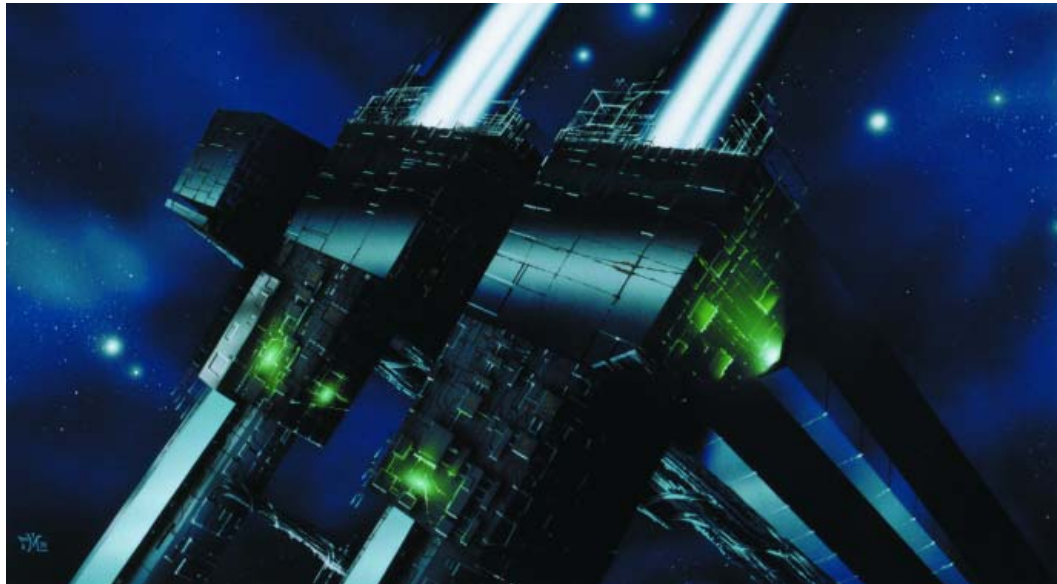
Das Konzept eines Orbitalen Turms taucht seit Ende des 19. Jahrhunderts in der SF-Literatur auf. Das einzige Material, das hinsichtlich der mechanischen Stabilität stark genug ist, um ein solches Unternehmen zu ermöglichen, wären Kohlenstoff-Nanorohre. Eine weitere nützliche Eigenschaft dieses Materials ist seine Leitfähigkeit, mit der sich eine Menge Elektrizität erzeugen lässt, wenn man den Turm um einen Planeten mit einem globalen Magnetfeld kreisen lässt.

Als Konstantin Ziolkowsky, ein russischer Wissenschaftler, 1895 den Eiffel-Turm in Paris betrachtete, kam ihm die Idee eines orbitalen Turms. Er wollte ein "himmlisches Schloss" an einem spindelförmigen Kabel befestigen und das "Schloss" auf einer geosynchronen Bahn um die Erde kreisen lassen. Allerdings erwies sich der Aufbau vom Boden aus als unmöglich (obwohl es immer noch Gruppen gibt, die über Vulkane als mögliche Quellen für einen Weltraumlift sprechen). Erst 1960 schlug ein anderer russischer Wissenschaftler, J.N. Arzutjanow, ein anderes Konzept für den Bau eines Weltraumturms vor. In seinem Buch "Dreams of Earth and Sky" schlägt Arzutjanow vor, einen geosynchronen Satelliten als Basis für den Bau des Turms zu benutzen. Unter Verwendung eines Gegengewichts soll das Kabel aus der geosynchronen Umlaufbahn auf die Erdoberfläche herabgelassen werden, während das Gegengewicht vom Satelliten aus in immer größere Entfernung zur Erde ausgefahren wird. Neun Jahre nach Arzutjanow hat Jerome Pearson, ein amerikanischer Physiker, ein Kabel mit spitz zulaufendem Querschnitt konzipiert, das für die Errichtung des Turms geeigneter sein soll. Nach seinem Plan soll, während der untere Teil des Turms gebaut wird, ein Gegengewicht langsam bis auf 144.000 km (die halbe Entfernung zum Mond) ausgefahren werden. Pearson berücksichtigte in seinen Berechnungen Störfaktoren wie die Anziehungskraft des Mondes, Winde und am Kabel auf- und abwärts beförderte Nutzlasten. Das Gewicht des für den Bau des Turms benötigten Materials hätte 24.000 Space-Shuttle-Flüge erfordert, obwohl es zum Teil über den Turm selbst befördert werden könnte, wenn ein entsprechend belastbarer Kabelstrang bis zum Boden reichte.



Später trug sich Pearson mit dem Gedanken, einen Turm auf dem Mond zu errichten. Er kam zu dem Schluss, dass der Schwerpunkt dieses Turms bei den Lagrange'schen Punkten L1 oder L2 liegen müsste. Dies sind Punkte zwischen zwei umeinander kreisenden Himmelskörpern, in denen sich deren Anziehungskräfte aufheben. Für den Punkt L1 müsste das Kabel 291.901 km und für den Punkt L2 525.724 km lang sein. Im Vergleich zu den 351.000 km von der Erde bis zum Mond ist das ein ganz schön langes Kabel, und das Material hierfür müsste auf dem Mond zusammengetragen und das Kabel dort hergestellt werden.

Einige Jahre später machte Arthur C. Clarke die Idee in seinem 1979 veröffentlichten Roman "Fountains of Paradise" allgemein bekannt. Nach dem von Clarke vorgeschlagenen Konzept eines Weltraumlifts soll eine



FRANK LEWECKE

starre Verbindung zwischen einem Punkt auf der geostationären Umlaufbahn und der Oberfläche eines Planeten geschaffen werden. Das grundlegende Problem der letzten Jahrzehnte ist, dass kein dem Menschen bekanntes Material die Zugkräfte aushält, die das Kabel zerreißen würden. Neueste Entwicklungen auf dem Gebiet der Nanostrukturen mit Kohlenstoffmolekülen deuten darauf hin, dass die erforderlichen physikalischen Eigenschaften sich jetzt erreichen lassen und somit die Möglichkeit besteht, die Kosten für den Zugang zum Weltraum drastisch zu senken. Das Transportsystem würde aus einer Reihe von "Drahtseilwagen" bestehen, die am Weltraumlift entlang gleiten und dann in die geosynchrone Umlaufbahn eingebracht werden.

Eine mögliche Vorgehensweise für den Bau könnte darin bestehen, einen kohlenstoffhaltigen Asteroiden (Chondriten) in eine stabile Umlaufbahn um unseren Planeten zu lenken. Automatische Maschinen würden dann die Materialien vor Ort verarbeiten und damit beginnen, wie eine Spinne ein Kabel anzufertigen. Jahre später würde das Kabel bis zum Boden reichen, und die Verbindung zwischen der Oberfläche des Planeten und der geosynchronen Umlaufbahn wäre hergestellt. Zu den hiermit verbundenen Problemen gehören außer den Kosten, der Schwierigkeit, einen Asteroiden umzulenken (auch wenn er nur einige Kilometer Durchmesser hat) und dem Fehlen automatischer Maschinen, die aerodynamische Reibung der Winde in den obersten Schichten der Erdatmosphäre und die periodisch auftretende Anziehungskraft des Mondes.

Auch der Vorschlag, ein Tau von der Erde bis zur Umlaufbahn zu spannen, stößt auf mannigfaltige Schwierigkeiten, die sich mit Kohlenstoff-Nanoröhren allein nicht bewältigen lassen. Diese Materialien sind zwar sehr stark und leicht, sind aber bis jetzt noch nicht in bereits in der Praxis verwendeten hochreißfesten Kunststoffen verarbeitet worden. Es wäre zu befürchten, dass solch ein Kunststoff (wie Kevlar) nur in einer Richtung stark und daher möglicherweise nicht so stark wie erwartet wäre, wenn man ihn zu einem Tau verarbeitet. Eine zweite Herausforderung wären bei Clarks Konzept die mit der Himmelsmechanik zusammenhängenden Schwierigkeiten, denn eine solche Konstruktion wäre den Einflüssen sowohl des Mondes als auch der Sonne und ihren an- und abschwelenden Anziehungskräften ausgesetzt.

Die NASA hat jüngst eine eingehende Studie über das Weltraumlift-Konzept abgeschlossen und ist zu dem Schluss gelangt, dass diese kostengünstige Art des Transports auf die geosynchrone Umlaufbahn womöglich in etwa 50 Jahren Wirklichkeit werden und die Kosten für den Zugang zum Weltraum drastisch senken könnte.



Orbitalschleifensysteme

Unter einer orbitalen Schleife versteht man einen Ring von Satelliten und Kabeln um einen Planeten, der dazu dient, die Umlaufbahnen von Satelliten zu ändern, die Satelliten zu stabilisieren und sie auf einer bestimmten Bahn zu halten. Auch hier könnte die Forschung auf dem Gebiet der Kohlenstoff-Nanoröhre die Technologie hervorbringen, mit der sich Werkstoffe mit bisher unerreichter mechanischer Stabilität und hervorragender elektrischer



MICHAEL BOEHME



MANCHU

Leitfähigkeit schaffen lassen. Bei diesem Konzept wird ein endloses Kabel auf eine exzentrische Erdumlaufbahn befördert. Es ist mit Winden und aus einem aus Segmenten bestehenden Rohr belegt. Eine Raketensonde oder eine Kanone befördern Nutzlast zum dem Rohr. Sobald die Nutzlast in das Rohr eingeführt ist, wird sie durch Reibung auf die Umlaufbahngeschwindigkeit beschleunigt. Die Momentübertragung wird durch Elektronenmagneten bewirkt. Die Hälfte der Umlaufenergie wird auf die Nutzlast übertragen, während die andere Hälfte als Wärme verloren geht. Die technischen Aspekte eines solchen orbitalen Rings sind von dem polnischen Physiker Andrew Nowicky untersucht worden.

Im Verbund mit einem ähnlichen Ringsystem um den Mond könnte ein "Schleuder"-System eine kostengünstige Infrastruktur für den Massentransport zwischen Erde und Mond bilden. Die für einen erdumspannenden Ring erforderliche Masse würde in der Größenordnung von 10 000 t liegen. Die maximalen Zugkräfte würden 2 Gigapascal nicht übersteigen. Eine der möglichen Anwendungen wäre z.B. der Transport von Helium 3 von Tagebaustätten auf dem Mond zur Erde für Kernfusionszwecke.

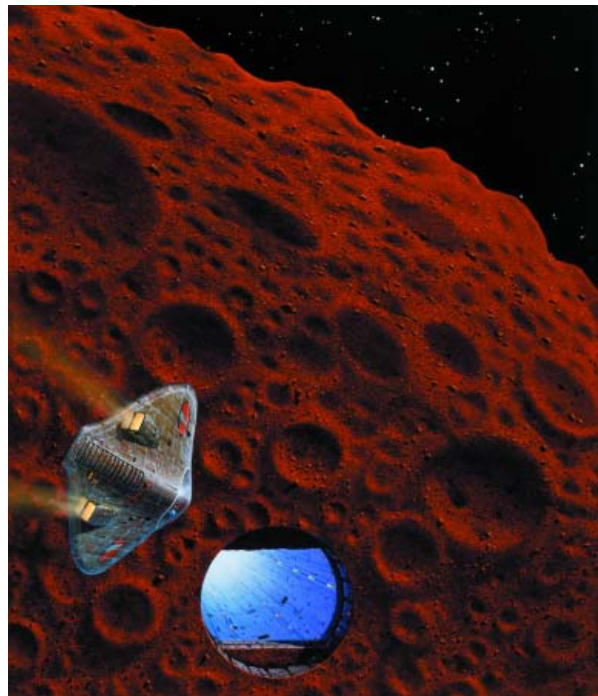


Ressourcen und Materialien

Extraterrestrische Rohstoffgewinnung

Wenn man über die Erforschung des Weltraums spricht, kommt zwangsläufig auch das Thema Rohstoffgewinnung zur Sprache. Im wesentlichen bedeutet dies, dass es außerhalb der Erdatmosphäre Ressourcen gibt, deren Verwertung von Vorteil sein könnte.

Die Vorteile können so handgreiflich sein wie in der Fernsehserie "Star Trek" (Beginn der 60er Jahre) oder in Filmen, wo der Einsatz von Treibstoff-Kollektorsystemen zur Sammlung von interstellarem Wasserstoff dazu führt, dass man keinen Wasserstoff von der Erde mitzuführen braucht. Dann gab es die Feuchtigkeitssammler aus dem Film "Star Wars Episode IV: A New Hope", die auf einem Wüstenplaneten atmosphärisches Wasser sammeln und so die Kosten für den Import dieses lebenswichtigen Elements sparen.



TIM WHITE

Ein weiterer Vorteil mag auch darin liegen, dass eine bestimmte Substanz auf der Erde selten vorkommt wie in

der 1990 von Peter F. Hamilton veröffentlichten Trilogie "Night's Dawn", in der aus Gasgiganten das seltene Heliumisotop He-3 gewonnen wird, mit dem man Kernfusionsreaktoren speist. Die Seltenheit einer Substanz kann sogar bis zur Einzigartigkeit gehen wie in dem Buch "Dune. Der Wüstenplanet" (engl. "Dune") von Frank Herbert, in dem der Planet Arrakis die einzige bekannte Quelle für das Gewürz Melange ist, die einzige bekannte Substanz, die es ermöglicht, schneller als das Licht zu reisen. Ein wahrhaft wertvoller Stoff!

Kurz gesagt, dieses Thema umfasst alles, vom im Weltraum treibenden Gas bis zu den von Menschegeist erdachten, fantastischsten Substanzen. Wer weiß, was wir finden werden, wenn wir den Kosmos ernsthaft erkunden.



DAVID HARDY



Terraformung des Mars

“Terraformung“ ist der Prozess zur Veränderung des Mars-Klimas, um es erdähnlicher zu machen. Mit “A Princess of Mars” im Jahr 1917 beginnend, hat Edgar Rice Burroughs elf Romane geschrieben, in denen der Mars durch eine “Atmosphärenfabrik” bewohnbar gemacht wurde. Der erste moderne Roman über dieses Thema war Arthur C. Clarkes “The Sands of Mars” im Jahr 1952, in dem der Mars-Mond Phobos durch eine Kernreaktion in Brand gesetzt werden sollte, um den Mars zu erwärmen.



FILMLAKAT VON BRIAN HASKIN, 1964

In Frederik Pohls Roman “Man Plus” (1976) und in seiner Fortsetzung “Mars Plus” (1994) sollen Menschen kybernetisch so modifiziert werden, dass sie auf dem Mars leben können. Diese Cyborgs werden durch Sonnenzellenflächen und von Satelliten abgestrahlten Mikrowellen mit Energie versorgt. Letztere könnte man auch bei künftigen Missionen zur Versorgung von Roboterfahrzeugen auf dem Mars verwenden. F. Pohl hat sich 1992 in “Mining the Oort” noch einmal mit Terraformung befasst. In diesem Buch wird Wasser aus Kometen der

Ortschen Wolke gewonnen. Während diese Wolke 6-15 Trillionen Kilometer entfernt ist, gibt es auch Wasser auf erdnahen Asteroiden und Kometen, die man mit Hilfe von Robotern erkunden könnte.

Einen besonders fantastischen Plan hat Greg Bear 1993 in seinem Roman “Heimat Mars” (engl. “Moving Mars”) geschmiedet. Mit einer “tweaker” genannten Maschine, die Materie auf Quantenebene bewegt, wird der Mars in ein anderes Sternsystem versetzt. Aber die kühnste Idee war Kim Stanley Robinsons Trilogie “Roter Mars/ Grüner Mars/ Blauer Mars” (engl. “Red Mars/ Green Mars/ Blue Mars”, 1993 – 1996), die den zeitlichen Ablauf der “synergetischen Terraformung” des Planeten beschreibt. Sie hat die Idee aufkommen lassen, dass es nur mit Hilfe vieler Technologien und durch massiven industriellen Aufwand gelingen kann, den Planeten zu verändern.

Als Antithese zu Robinsons Trilogie erschien 2000 der Roman “Weißer Mars” (engl. “White Mars”) von Brian Aldiss, in dem die Vereinten Nationen “Terraformung” verbieten. In dem Buch ist die Rede von einem “Zubrin Reactor”, in dem atmosphärisches Kohlendioxyd und gelagerter Wasserstoff zu Methan-Treibstoff und Sauerstoff umgewandelt werden. Mit der Namensgebung hat man Robert Zubrin und seinem Plan für kostengünstige Missionen zum Roten Planeten Ehre erwiesen.

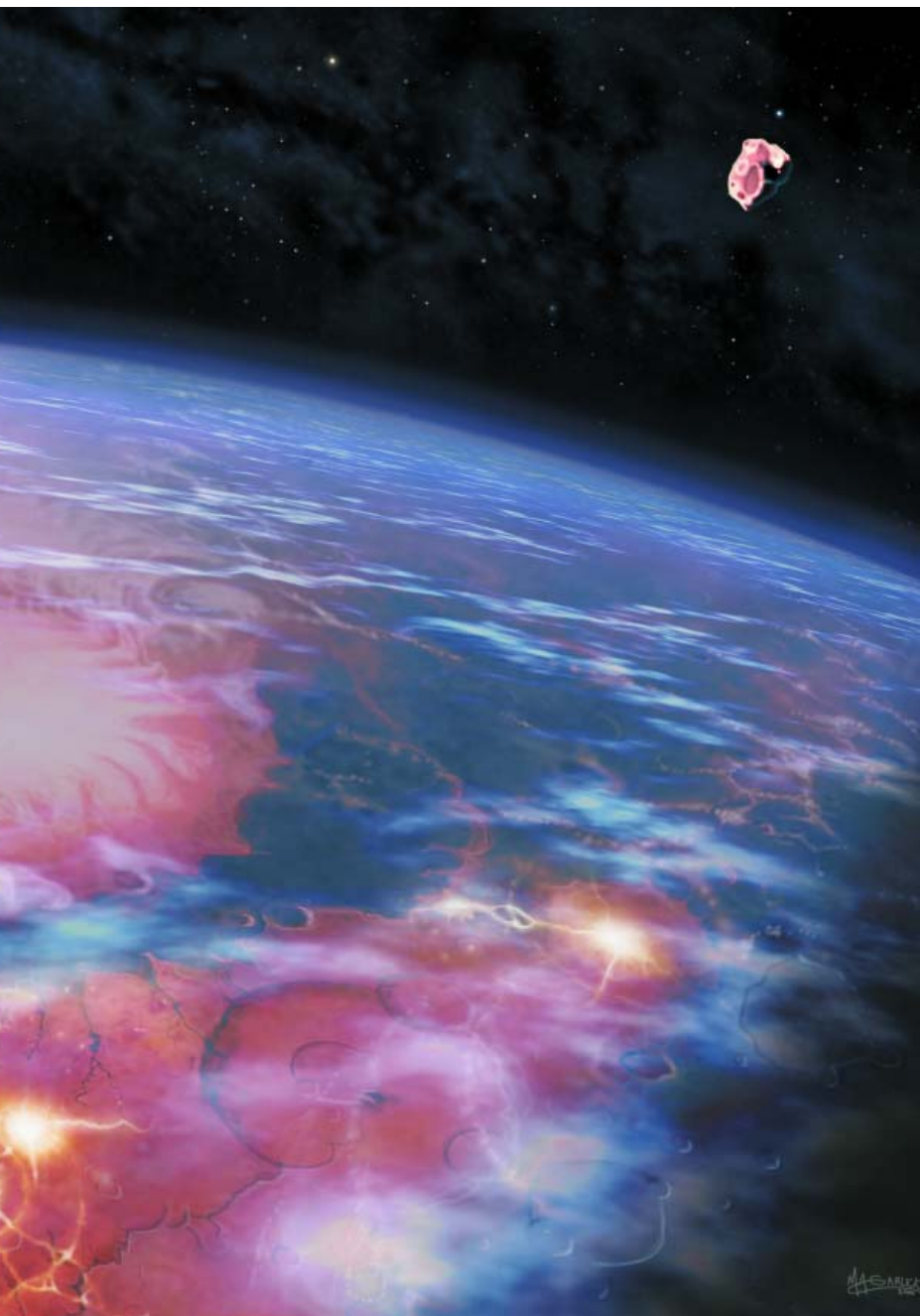


MICHAEL BOEHME



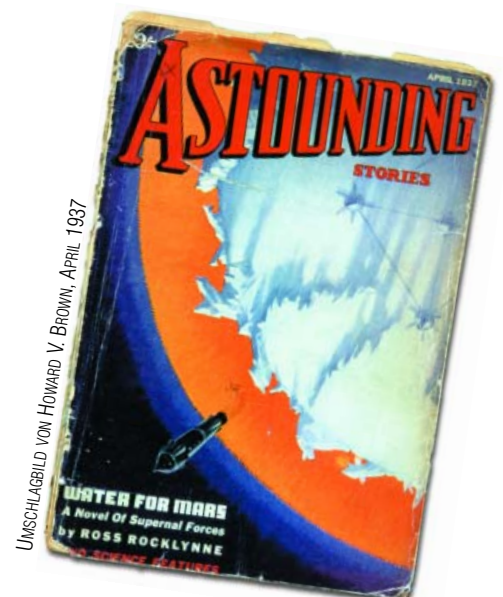
Solettas und Sonnenschilde

Weltraumgestützte Reflektoren als Mittel zur Terraformung von Planeten wie Mars zur Verbesserung der Lebensmittelproduktion, zur örtlichen Wetterbeeinflussung und zur Energieversorgung sind häufig Gegenstand der Science-fiction. Solche Projekte sind zwar wesentlicher Bestandteil zahlreicher bedeutender SF-Geschichten, aber das Grundkonzept ist keine Science-fiction mehr, sondern ließe sich mit heutiger Technologie verwirklichen. In seinem Buch "Blauer Mars" (engl. "Blue Mars") von 1996 schreibt Kim Stanley Robinson über sogenannte Solettas – ein System orbitaler Spiegel – als Werkzeug zur Terraformung des Mars. In "3001: Die letzte Odyssee" (engl. "3001: The Final Odyssey") aus dem Jahr 1999 spricht Arthur C. Clarke von einem entfaltbaren Sonnenschild jenseits der Bahn des Neptun.



MARK GARLICK

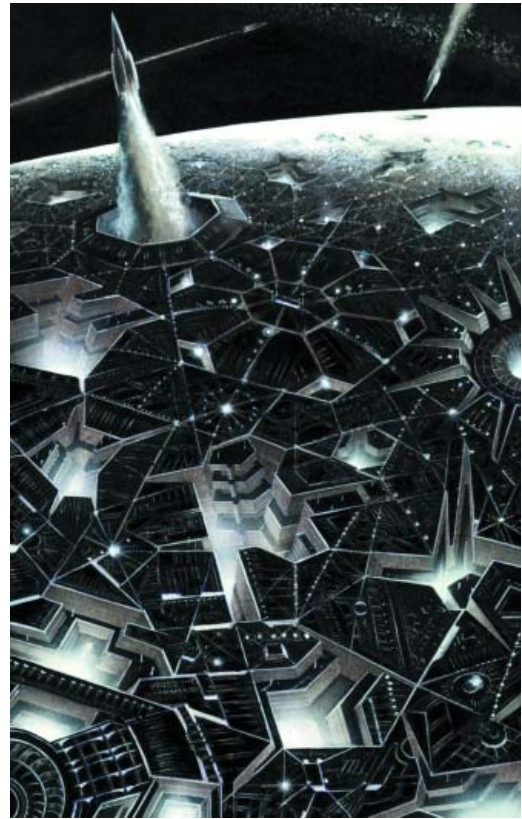
Die Soletta in Kim Stanleys Buch dient zur Erwärmung der Marsatmosphäre mit Hilfe der von den orbitalen Spiegeln reflektierten zusätzlichen Sonnenstrahlen. In Clarks Buch soll der Sonnenschild Schatten spenden. Den SF-Plänen Clarks für die Terraformung von Planeten, die Erzeugung großer Nahrungsmittelmengen und die kontinuierliche Energiegewinnung durch die Verwendung von Solettas und Sonnenschilden liegt ein Konzept zugrunde, das im Bereich des Möglichen heutiger Technik liegt. Solettas aus entfaltbaren Strukturen stellen allerdings auch eine große Herausforderung für die Werkstofftechnik dar, wenn die Struktur groß sein muss und eine hohe Oberflächenpräzision erforderlich ist. Hierzu müssen noch gründliche Durchführbarkeitsstudien angestellt werden.





Fortschrittliche Materialien

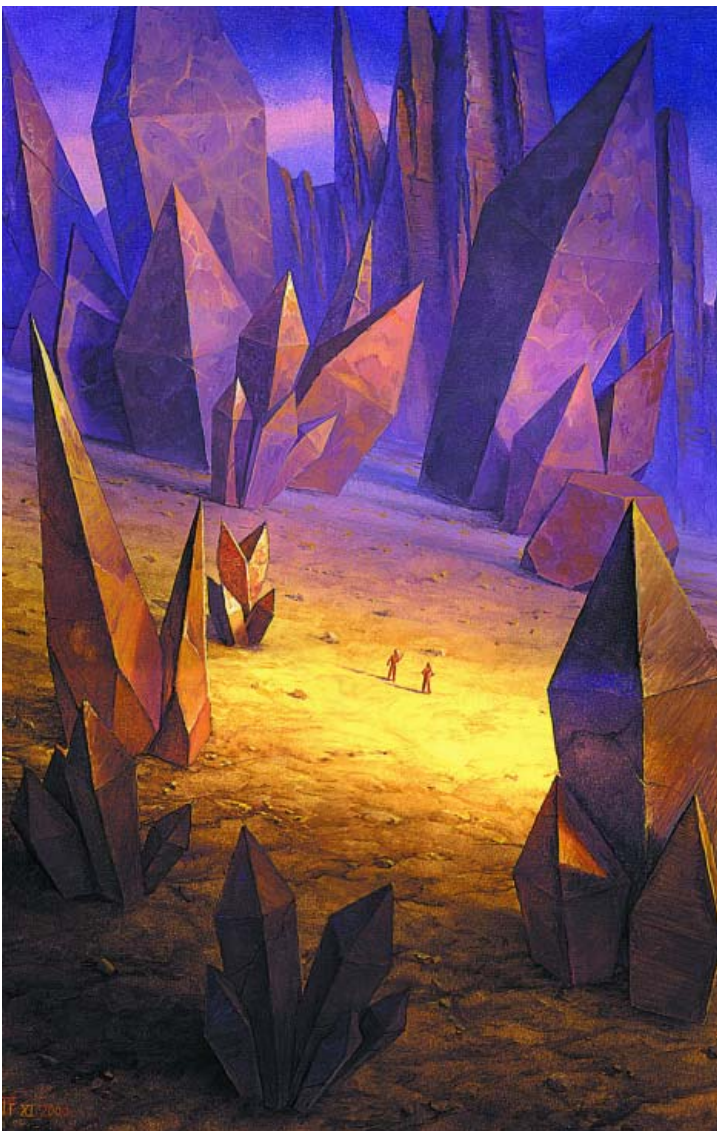
Den Begriff "fortschrittliche Materialien" hat es in der Science-fiction schon viele Jahre gegeben, bevor die Werkstoff-Forschung sich zu einer eigenen Disziplin entwickelt hat. Schon in den 20er und 30er Jahren hat E.E. "Doc" Smith in der "Skylark"-Bücherreihe über die Verwendung von Neutronium (ein superdichtes, nur aus Neutronen bestehendes Material) spekuliert, aus dem sich nach jetzigen Erkenntnissen die unter der Bezeichnung Neutronensterne bekannten Himmelskörper zusammensetzen sollen. Neutronensterne hat man jedoch erst Ende der 60er Jahre entdeckt, als sich die Science-fiction schon größeren Dingen zugewandt hatte. Die Fernsehserie



JEAM TAG

"Star Trek" hat uns mit der Antimaterie bekannt gemacht, deren Existenz die Wissenschaft zwar schon vorhergesagt hatte, die man aber erst Ende der 90er Jahre in nennenswertem Umfang nachweisen konnte. Sogar Comic-Hefte haben sich dieses Thema nicht entgehen lassen. Als hervorragendes Beispiel sei die Substanz Adamantium genannt, jene geheimnisvolle Legierung in den "Marvel"-Comics, die die Knochen des Helden Wolverine unzerbrechlich machte.

In jüngerer Zeit hat die ständig zunehmende Bedeutung der Biowissenschaften dazu geführt, dass die Science-fiction ihr Augenmerk auf die Möglichkeit der Entwicklung von High-Tech-Biomaterialien richtet. Von den Maschinen-Kreaturen in Peter F. Hamiltons "Armageddon-Zyklus" (engl. "Night's Dawn Trilogy") bis zu den biologischen Computern in David Cronenbergs Film "eXistenZ" und sogar zu den biologischen Raumschiffen der TV-Serien "Farscape" and "Babylon 5" bringt die Science-fiction laufend erstaunliche Ideen und Konzepte für futuristische Materialien hervor. Man könnte sogar sagen, dass diese fortschrittlichen Biomaterialien im Vergleich zu Holz und Tierfell ebenso außergewöhnlich sind, wie es ein Werkstoff, der stark genug ist, einen Weltraumlift zu tragen, im Vergleich zu einem Stück Bindfaden wäre. Aber Fullere-ne-Rohre sind so stark und die gibt es!



THOMAS THIEMEYER



Sonstige Technologien

Nanotechnologie

Den Begriff Nanotechnologie hat Richard Feynman bereits 1959 auf der Jahrestagung der Amerikanischen Physikalischen Gesellschaft eingeführt. Feynman erklärte damals: "Soweit ich es beurteilen kann, sprechen die physikalischen Grundgesetze nicht gegen die Möglichkeit, Dinge atomweise zu bewegen. Dies ist kein Versuch, irgendwelchen Gesetzen zuwiderzuhandeln; es ist etwas, was sich grundsätzlich bewerkstelligen lässt; aber in der Praxis ist es nicht getan worden, weil wir zu groß sind." Die Idee war bestechend, aber man widmete ihr nicht die notwendige Aufmerksamkeit, bis in den 80er Jahren K. Eric Drexler, der auch die Bezeichnung "Nanotechnologie" prägte, ein Papier über die Manipulation von Molekülen vorlegte. Seine Ausführungen lösten weitere Untersuchungen auf dem Gebiet der molekularen Nanotechnologie aus, die jetzt als absehbare Technologie betrachtet wird und es ermöglicht, mit Hilfe von Molekularmaschinen Gegenstände nach komplexen atomaren Spezifikationen zu bauen. Zu den möglichen Anwendungen gehören molekulare Fertigungssysteme, die Computer bauen können, die kleiner sind als lebende Zellen, Geräte, die Zellen reparieren können, Baustoffe auf der Grundlage von Diamanten sowie weitere molekulare Fertigungssysteme.

Die Nanotechnologie ist angesichts der sich ihr eröffnenden Möglichkeiten in der Science-fiction weitverbreitet. Sie ist wesentlicher Bestandteil von Kinofilmen wie "The Fifth Element", "Terminator 1 und 2", "Matrix" und "Star Trek". Im letzteren kommen "Nanites" genannte Nanoroboter vor, die in dem Buch "Star Trek Science" beschrieben sind. In "Star Trek" wird Nanotechnik auch für medizinische Zwecke genutzt. Sie ist auch Kernbestandteil verschiedener Computerspiele.



FRANÇOIS ROUILLER

Das Buch "Trader's World" von Charles Sheffield enthält ziemlich eingehende Beschreibungen von verschiedenem technischem Spielzeug. Eins davon ist eine Kristall-Spionage-Libelle, die verkehrt herum montiert ist. Ihr Gehirn hat eine komplexe Zusammensetzung, denn es wurde auf nanotechnischem Wege aus einem Kristall gezüchtet. Nanotechnik spielt auch im Roman eine Rolle in Form des "Dulcinell Protokoll", einer nanotechnischen Ergänzung des Immunsystems, die dessen Leistungsfähigkeit beträchtlich verstärkt. Das "Dulcinell Protokoll" lässt Wunden schneller und besser verheilen und schützt sogar vor Strahlungsdosen, die unter normalen Umständen tödlich wären.

Die beste Beschreibung einer von umfangreicher Nutzung der Nanotechnologie abhängigen künftigen Welt ist wahrscheinlich "Diamond Age. Die Grenzwelt" (engl. "The Diamond Age") von Neal Stephenson. Dieses Buch beschreibt Shanghai in der Mitte des 21. Jahrhunderts. Nanotechnologie wird dort für alle möglichen Zwecke angewandt, z.B. für Muskelbildung, Wasser- und Luftreinigung, die Versorgung der Bevölkerung mit kostenlosen Nahrungsmitteln aus öffentlichen Materialreplikatoren, für die Datenspeicherung und sogar um eine ganze Insel zu schaffen. Alle nanotechnischen Geräte sind eng mit Drexlers Konzepten verknüpft, wie z. B. der Stablogik-Nanocomputer, aber Stephenson geht weiter als Drexler, da er uns die möglichen Gefahren der Nanotechnik zeigen will, wie z.B. mit der Stimme betätigte Nanoprojektile-Abschussvorrichtungen oder die "nanobiologische Kriegsführung".



Virtuelle Realität und Telepräsenz

Virtuelle Realität, Telepräsenz und Fernbeobachtung werden als die verheißungsvollsten Mittel zur optischen Darstellung und Übertragung komplexer Informationen betrachtet. Angesichts der Tatsache, dass Weltraumaktivitäten per se solche Mittel erfordern, bietet die Science-fiction eine Fülle von Impulsen zur Entwicklung der entsprechenden Techniken. Die Erfahrung eines Teleoperators (z.B. eines medizinischen Spezialisten) könnte auf einen Roboter oder Menschen vor Ort übertragen werden, der von Kraftfeldern oder einem ferngesteuerten Ektoskelett geleitet wird. Ferngesteuerte Aktivitäten, wie z.B. Bergbau auf einer Mondbasis, werden häufig als "das Nächstbeste nach der tatsächlichen Präsenz" bezeichnet. Die Steigerung des sensorischen Input in den Operator wird "verstärkte Realität" genannt; hierzu gehören z.B. die Messung physikalischer Eigenschaften wie Radioaktivität, die ein Mensch nicht wahrnehmen würde.

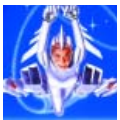
Die hieraus erwachsenden Nutzeffekte sind offensichtlich, wo immer der Mensch in gefährlichen Milieus wie heißen Zonen in Kernkraftwerken, Tiefseebergbau usw. agieren muss. Ein Großteil solcher "Verstärkungen" dürfte nicht nur im Hardware-, sondern vor allem auch im Software-Bereich erfolgen. Virtuelle Realität lässt sich relativ einfach mit Künstlichen-Intelligenz-Systemen verarbeiten, die unnötige Informationen herausfiltern und als virtuelle Helfer in Erscheinung treten. Allerdings warnen manche Autoren vor den Gefahren, die erwachsen könnten, wenn man sich gänzlich auf "Virtuelle Verstärkte Realität" verlässt. In Gesellschaften, in denen moderne Produktionsbedingungen herrschen, stellt sich das gesamte Leben als eine immense Anhäufung von Schau-spielen im weitesten Sinne dar: Alles, was unmittelbar gelebt hat, hat sich in eine Scheinwelt zurückgezogen.

Die Science-fiction hat auch die Tele-Operation oder Fernbedienung vorausgesagt mit der von Robert A. Heinlein 1942 in seinem gleichnamigen Roman geprägten Wort "waldo" (Fernbedienung), das in den Sprachgebrauch übernommen wurde, als diese Technik später aufkam. In "Waldo" stellt ein genialer Krüppel, der auf einer Erdumlaufbahn in der Schwerelosigkeit lebt, fest, dass er seine Mitmenschen möglicherweise mehr benötigt als sie ihn. Heinlein hat in seinem Roman den jetzt in hochradioaktiven Milieus, in Forschungsunterseebooten und in der amerikanischen Raumfähre üblichen Telepräsenzgeräten lange vorgegriffen. Kein Artikel über Telepräsenz und virtuelle Realität wäre vollständig, ohne den 1984 erschienen Roman "Neuromancer" von William Gibson zu erwähnen. Computer hatten plötzlich eine "coole" aber gefährliche Dimension – Gibson nannte sie "Cyberspace".



GILLES FRANCESCO

Wenn es um Telepräsenz, Fernbedienung und virtuelle Realität im allgemeinen geht wie in "Asteroid Man" von R.L. Fanthorpe (1960) oder "Daily Life in the Year 3000" (1999) von Robert Sawyer, ist die Begeisterung groß. Aber Telepräsenz und "fernvermittelte Realitäten" bergen auch Gefahren in sich, die ebenfalls in der Science-fiction erörtert werden. In "Gesellschaft des Spektakels" führt Guy Debord eine Reihe von Gründen an, warum und wie Telepräsenz und virtuelle Realität die Gesellschaft negativ zu beeinflussen beginnt. Der SF-Film "Telepräsenz" dreht sich um die Leute eines kleinen militärischen Außenpostens, von denen mehrere unter Tausenden von Asteroiden verstreut sind. Die Gruppe bekämpft den Feind durch "telepresencing", wozu sie ferngesteuerte Angriffsroboter einsetzt, die mit den Soldaten über Implantate in der Hirnrinde verbunden sind. Irgendwann wird den Leuten bewusst, dass ihre Implantate zu mutieren begonnen haben und sich beträchtlich auf ihr Freizeitleben auswirken, was sich in gesteigerter Aggressivität äußert. In der Kurzgeschichte "The Next Best Thing to Being There" beschreibt Mike Combs das Problem einer Fernbetriebsbasis am Südpol des Mondes. Die dort tätigen Teleoperatoren, die Roboter mit Hilfe "verstärkter Realität" betreiben, fallen durch erhöhte Aggressivität auf.



Weltraumseile

Ein Weltraumseil ist ein aus dünnen Strängen aus hochreißfester Faser geschlagenes langes Kabel, das dazu dient, Raumfahrzeuge miteinander und mit anderen Massen zusammenzukoppeln. Sie bilden eine mechanische Verbindung, über die man Momente und Energie übertragen kann, und lassen sich daher auch als Antriebsform nutzen. Konstantin Ziolkowsky hat als erster diese Idee gehabt, nachdem er 1889 den Eiffelturm gesehen hatte. Daraus entwickelte sich dann bei ihm ein über die Atmosphäre hinausreichender gigantischer Turm, an dem ein "himmlisches Schloss" auf der geosynchronen Umlaufbahn verankert wurde. Nahezu 100 Jahre später machte Arthur C. Clarke das Weltraumliftkonzept der breiten Öffentlichkeit bekannt, und auch Robert L. Forward sorgte mit seinen Büchern für die Verbreitung dieser Ideen. Mario Grossi regte 1973 an, einen Draht aus der Raumfähre

abzuspulen, der als Antenne für die Abstrahlung von NF-Funkwellen dienen und es der Raumfähre ermöglichen sollte, einem Fischkutter gleich in der Atmosphäre Daten zu sammeln. 1975 schlug Jerome Pearson vor, ein Kabel mit spitzzulaufendem Querschnitt, das stärker ist als ein runder Kabelstrang, mit einem bis zur halben Mondentfernung ausgefahrenen Gegengewicht zu verwenden.

Es gibt zweierlei Arten von Weltraumseilen, nämlich Momenten-Austauschseile, mit denen sich Momente und Energie zwischen Objekten im Weltraum übertragen lassen; und Elektrodynamische Seile, die in Wechselwirkung mit der Magnetosphäre der Erde elektrische Energie oder Antrieb erzeugen. Weltraumseile lassen sich für einen breiten Fächer von Anwendungen nutzen u.a. für plasmaphysikalische Untersuchungen und die Spannungserzeugung in der oberen Atmosphäre, für Weltraumaufzüge, für die Einbringung von Raumfahrzeugen und Nutzlasten in die Umlaufbahn und ihre spätere Entfernung aus der Umlaufbahn, für die Planetenforschung und die Rohstoffgewinnung aus Asteroiden. In dem Jahrhundert nach ihrer Konzipierung hat man die Weltraumseile nicht voll genutzt. Da sich aber die Werkstoffe und Technologien immer weiter aufeinander zu bewegen, werden sich noch viele Gelegenheiten für den Einsatz von Weltraumseilen bieten.





Persönliche Transportmittel

Einer der großen SF-Träume ist, die Schwerkraft zu überwinden. Sie hat uns so lange an die Erde gefesselt, und auch jetzt noch ist die Kraft, die erforderlich ist, um die Anziehungskraft der Erde oder eines anderen Himmelskörpers zu überwinden, der Faktor, der die Raumfahrt so schwierig und kostspielig macht. R.L. Forward – in seinem 1995 erschienen Buch "Any Sufficiently Advanced Technology is Indistinguishable from Magic" – und H.G. Wells führten das Thema Antischwerkraft in die Science-fiction ein. Antischwerkraft ist ein Allgemeinbegriff zur Bezeichnung der Beeinflussung der Schwerkraft massereicher Körper (z.B. Planeten). In seinem Buch "Die ersten Menschen auf dem Mond" (engl. "First Men in the Moon") spricht H.G. Wells von der Idee, das Schwerefeld der Erde mit Hilfe eines "Cavorite" genannten neu erfundenen Stoffs abzuschirmen.



In der Science-fiction findet eine große Vielfalt von persönlichen Transportmitteln Verwendung: von Antischwerkraftgeräten, die den Effekten der Schwerkraft auf Körper entgegenwirken, bis zum Schneller-als-Licht-Transport und Teleportieren. In den vor Mitte des 19. Jahrhunderts verfassten "Fantastic Voyages" dienten praktisch alle Transportarten der Erleichterung der Fortbewegung. John Wilkins, der von neuartigen Transportmitteln träumte, hatte in seinem Buch "Mathematicall Magick" (1648) Unterseeboote, Flugapparate und Landjachten ausführlich besprochen. Konzepte wie die Weltraumkanone in Jules Vernes "Von der Erde zum Mond" (1865-70) und der Antischwerkraftapparat in H.G. Wells' "The First Men in the Moon" (1901) wurden heftig erörtert. In "Air Wonder Stories" hat H. Gernsback im Jahr 1929 dieses Thema behandelt. In "Star Trek" überwindet der Heisenberg-Kompensator auf rätselhafte Weise die Schwierigkeit.

Das mit Überlichtgeschwindigkeit fliegende Raumschiff war vor dem Ende der 20er Jahre aufgekommen, ebenso wie das Non-plus-ultra der persönlichen Transportmittel, nämlich der Antischwerkraftgürtel in den Buck-Rogers-Stories von Philip Francis Nowlan. Nach der Relativitätstheorie hat die Lichtgeschwindigkeit eine Grenze: Ganz

gleich, wie Körper ihre Geschwindigkeit zu einander ändern, die Summe ihrer Geschwindigkeiten kann niemals die absolute Konstante c , d.h. die Geschwindigkeit des Lichtes im Vakuum, übersteigen. Mit Schneller-als-Licht-Antrieben ließen sich die Probleme der Generationen-Raumschiffe so einfach vermeiden, dass viele SF-Autoren sich an die Hoffnung klammern, dass die Relativitätstheorie vielleicht irgendwo ein Schlupfloch hat. "Faster than Light", eine 1976 von Jack Dann und George Zebrowski herausgegebene Anthologie, enthält außer Geschichten mehrere Essays, in denen diese These hartnäckig verfochten wird. Eine kleine Rakete, wie im Comic-Strip und Kinofilm "Rocketeer", die dem Helden schnelle Fortbewegung ermöglicht, ist bereits erprobt worden. Sie hat sich allerdings als ungeeignet erwiesen, weil das Manövrieren so kompliziert ist. Aber fliegende Autos wie in "Zurück in die Zukunft" hat man schon gebaut und sie funktionieren. Als Nächstes wird man die Verkehrsregeln an diese futuristischen Transportmittel anpassen müssen!



CINZANO-WERBEBILD VON MICHEL SIMEON, UM 1960

Anhang

Weitere Literatur

- Carrell, Christopher, ed. *Beyond This Horizon: An Anthology of Science Fact and Science-fiction*. Sunderland: Celfrith Press, 1973.
- Clute, J., and Nicholls, P. *The Encyclopedia of Science-fiction*. London: Orbit, 1994.
- Dunn, Thomas P., and Richard D. Erlich, eds. *The Mechanical God: Machines in Science-fiction*. Westport: Greenwood Press, 1982.
- Emme, Eugene M., ed. *Science-fiction and Space Futures, Past and Present*. AAS History Series: Volume 5. San Diego: American Astronautical Society, 1982.
- Erlich, Richard D., and Thomas P. Dunn. *Clockworks: A Multimedia Bibliography of Works Useful for the Study of the Human/Machine Interface in SF*. Westport: Greenwood Press, 1993.
- Giovannoli, Renato. *La Scienza della Fantascienza*. Milano: strumenti Bompiani, 1991.
- Gotswami, Amit and Maggie. *The Cosmic Dancers: Exploring the Physics of Science-fiction*. New York: Harper & Row, 1984.
- Kennedy, DayAnn M., Stella S. Spangler, and Mary Ann Vanderwerf. *Science & Technology in fact and fiction: A Guide to children's books*. New York: R. R. Bowker, 1990.
- Knight, Damon, ed. *Science-fiction Inventions*. New York: Lancer Books, 1967.
- Kyle, David. *The Illustrated Book of Science-fiction Ideas & Dreams*. London: Hamlyn, 1977.
- Krauss, Lawrence M. *The Physics of Star Trek*. New York: Basic Books, 1995.
- McCaffery, Larry, ed. *Storming the Reality Studio: A Casebook of cyberpunk and postmodern Science-fiction*. Durham: Duke University Press, 1991.
- Miller, Ron. *The Dream Machines: An Illustrated History of the Spaceship in Art, Science, and Literature*. Malabar: Krieger Publishing Company, 1993.
- Nahin, Paul J. *Time Machines: Time Travel in Physics, Metaphysics, and Science-fiction*. Woodbury: AIP Press, Springer-Verlag, 1999.
- Nicholls, Peter, David Langford, and Brian Stableford. *The Science in Science-fiction*. New York: Alfred A. Knopf, 1983.
- Parker, Helen N. *Biological Themes in Modern Science-fiction*. Ann Arbor: UMI Research Press, 1984.
- Pehlke, Michael, and Norbert Lingfeld. *Roboter und Gartenlaube: Ideologie und Unterhaltung in der Science-fiction-Literatur*. München: Carl Hanser Verlag, 1970.
- Pierce, John J. *Great Themes of Science-fiction: A Study in Imagination and Evolution*. New York: Greenwood Press, 1987.
- Porush, David. *The Soft Machine: Cybernetic Fiction*. New York: Methuen, 1985.
- Prantzos, Nicolas. *Voyages dans le futur: l'aventure cosmique de l'humanité*. Paris: Seuil, 1998.
- Robert L. Forward. *Indistinguishable From Magic*. Pocket Books, 1995.
- Telotte, J. P. *A Distant Technology: Science-fiction Film and the Machine Age*. Hanover: University Press of New England, 1999.
- Versins, P. *Encyclopédie de l'Utopie et de la Science-fiction*. Lausanne: L'Age d'homme, 1972.
- Warrick, Patricia S. *The Cybernetic Imagination in Science-fiction*. Cambridge: The MIT Press, 1980.
- Westfahl, Gary. *Cosmic Engineers: A Study of Hard Science-fiction*. Westport: Greenwood Press, 1996.

Die ESA und die ITSF-Auftragnehmer

Die Europäische Weltraumorganisation (<http://www.esa.int>)

Die Europäische Weltraumorganisation (ESA) fördert die Zusammenarbeit zwischen den europäischen Staaten in der Weltraumforschung und -technologie und ihren weltraumtechnischen Anwendungen für ausschließlich friedliche Zwecke mit dem Ziel, diese für die Wissenschaft und operationelle Weltraumanwendungssysteme zu nutzen.

Seit über 30 Jahren arbeiten die Mitglieder der ESA (Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Irland, Italien, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, die Schweiz, Spanien, das Vereinigte Königreich und Kanada, das ebenfalls an einigen Programmen beteiligt ist) zusammen und bündeln ihre Kräfte, um neue Wege in der Weltraumforschung und der Entwicklung neuer Technologien für die Länder Europas zu erschließen.

In ihrem Übereinkommen macht es sich die ESA zur Aufgabe, eine langfristige europäische Weltraumpolitik auszuarbeiten und umzusetzen, die Europa in die Lage versetzt, auf dem Gebiet der Weltraumtechnik wettbewerbsfähig zu werden und zu bleiben. Die ESA tritt auch für eine Politik der Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern ein in der Überzeugung, dass durch die Bündelung der Kräfte und Arbeitsteilung der Wirkungsgrad ihrer Programme gesteigert wird. Der Weltraumplan der ESA erstreckt sich auf Wissenschaft, Erdbeobachtung, Telekommunikation, Raumfahrttechnologien (einschließlich Raumstationen und Plattformen auf der Umlaufbahn), Bodeninfrastrukturen und Raumtransportsysteme sowie Schwerelosigkeitsforschung. Zur Aufgabe der ESA gehört auch die Koordinierung ihrer Aktivitäten mit den nationalen Programmen ihrer Mitglieder, damit sie nach und nach in europäische Programme integriert werden können.



Umschlagbild, Juni 1937

Die ESA, die in erster Linie eine Forschungs- und Entwicklungsorganisation ist, verfolgt eine Industriepolitik, die den Wettbewerb fördert und sicherstellt, dass jedes Mitgliedsland für die von ihm getätigten Investitionen einen angemessenen finanziellen Rückfluss und einen gerechten Anteil an den technologischen Nutzeffekten erhält. Abgesehen vom Wissenschaftsprogramm, das mehr auf Grundlagenforschung zur Mehrung unseres Wissens über den Weltraum, die Erde und ihr Umfeld gerichtet ist, führen die Aktivitäten der ESA zur industriellen Entwicklung operationeller Produkte wie die Trägerraketen der Ariane-Familie und Anwendungssatelliten wie ECS, Marecs und Meteosat, die von kommerziellen Gesellschaften (Arianespace, Eutelsat, Inmarsat und Eumetsat) betrieben werden.

Maison d'Ailleurs (<http://www.ailleurs.ch>)

Das Maison d'Ailleurs (das "Haus von anderswo") ist eine 1976 vom französischen Enzyklopädiiker Pierre Versins in Yverdon-les-Bains (Schweiz) gegründete gemeinnützige Stiftung. Es ist das einzige öffentliche

Museum der Welt, das der Science-fiction, Utopie und außergewöhnlichen Reisen gewidmet ist. Es veranschaulicht die Hauptthemen der Science-fiction (kosmische Reisen, Psi-Kräfte, futuristische Städte usw.) und organisiert jedes Jahr einschlägige Ausstellungen der bedeutendsten Künstler (H.R. Giger, W. Siudmak, Caza, J. Fontaine u.a.).

Das Maison d'Ailleurs dient auch als Forschungs- und Dokumentationszentrum mit seiner einzigartigen Sammlung von über 60.000 Schriftstücken, einer ständig wachsenden Forschungsbibliothek mit rd. 40.000 Büchern in 40 Sprachen und Tausenden von Science-fiction und Utopie betreffenden Exponaten (Gemälde, Illustrationen, Plakate, Filme, Spiele und Spielsachen usw.). Die Reichhaltigkeit der Sammlung des Museums zieht Spezialisten, Gelehrte, Studenten, Journalisten, Schriftsteller und Kuratoren aus der ganzen Welt an, und die umfangreiche ikonografische Datenbank des Hauses wird von Verlegern und Künstlern gern in Anspruch genommen.



LAURENT DUBOIS

Die Stiftung OURS (<http://www.ours.ch>)

Die 1990 in der Schweiz gegründete Stiftung OURS ist eine gemeinnützige kulturelle und astronautische Einrichtung, deren Hauptzweck es ist, den astronautischen Unternehmungen der Menschheit eine kulturelle Dimension zu verleihen, diese zu pflegen und zu verbreiten. Dieser Aufgabe wird Ausdruck verliehen durch die Ermittlung, Untersuchung und Durchführung einschlägiger kultureller, astronautischer, humanitärer,



COSMIC DANCER (STIFTUNG OURS)

umweltfreundlicher und bildungsfördernder Aktivitäten, die sowohl auf als auch außerhalb des Planeten Erde stattfinden können und als förderlich für die Entwicklung und den Fortschritt der menschlichen Zivilisation in der neuen Umwelt erachtet werden. Die Stiftung OURS hat weltraumkulturelle Veranstaltungen auf der Erde, u.a. die IAF-Kongresse in Oslo, Turin und Melbourne und auf der Raumstation MIR (Cosmic Dancer (1993) und Ars Ad Astra on EuroMir'95) organisiert.

Danksagung

Folgende Personen haben Beiträge zur ITSF-Studie geleistet, indem sie technische Dossiers und Resümees zur Verfügung stellten, die dieser Broschüre zugrunde liegen. Für diese Beiträge sei ihnen hiermit gedankt.

Stephan Carroll
Eric Choi
Pierre Ferruit
Norbert Frischauf
Gernot E. Grömer
Lisa Kaltenegger
Michael Lorrey
Daryl Mallett

Clovis de Matos
Kevin McCarthy
Simon H.H. Nielsen
Richard Savage
Debra Benita Shaw
Jean-Louis Trudel
Gary Westfahl

Des weiteren haben die unten genannten Künstler Bilder zur ITSF-Sammlung beigesteuert. Die Erlaubnis zur Verwertung ihrer Arbeiten in dieser Veröffentlichung wird dankbar vermerkt. Inhaber des Urheberrechts an den Bildern sind die Künstler.

Richard Bizley
Michael Boehme
Billy Boy*
Laurent Dubuis
Gilles Francescano
Mark A. Garlick
David A. Hardy
Philippe Jozelon

Hubert de Lartigue
Frank Lewecke
Manchu
François Rouiller
Jean Tag
Thomas Thiemeyer (*Bilder aus dem Buch "Quest" von Andreas Eschbach, veröffentlicht im Heyne-Verlag, 2001*)
Tim White

(Sonstige Bilder aus der Sammlung des Maison d'Ailleurs/Agence Martienne)

European Space Agency
Agence spatiale européenne

Contact: ESA Publications Division
c/o ESTEC, PO Box 299, 2200 AG Noordwijk, The Netherlands
Tel. (31) 71 565 3400 - Fax (31) 71 565 5433