

Über den Nutzen der Raumfahrt an der Schwelle des 21. Jahrhunderts

H.H.Koelle

**Technische Universität Berlin
Institut fuer Luft- und Raumfahrt
Marchstr.12
D-10587 Berlin**

Über den Nutzen der Raumfahrt an der Schwelle des 21. Jahrhunderts

H.H.Koelle

Inhaltsangabe

Die Frage nach dem bisherigen und erwarteten zukünftigen Nutzen von Raumfahrtunternehmungen wird immer wieder gestellt und bedarf daher von Zeit zu Zeit der inhaltlichen und methodischen Diskussion. Der Nutzen in Teilbereichen der Raumfahrtanwendungen, wie der Nachrichtensatelliten, Fernsehsatelliten, Wettersatelliten, Navigationsatelliten, ist nachweislich vorhanden, aber oft unzureichend erfasst. Bei wissenschaftlichen Satelliten, interplanetaren Raumsonden und der bemannten Raumfahrt ist es schwieriger den Nutzen überzeugend nachzuweisen. Verschiedene Verfahren den Nutzen abzuschätzen sind entwickelt worden, die als Ausgangspunkt ein Zielsystem haben, das von der Qualität des Lebens ausgeht. Raumfahrtspezifische Zielsysteme können sehr detailliert strukturiert und operationalisiert werden, wobei die klassische Nutzentheorie und Nutzenfunktionen zur Anwendung kommen. Dieser Bericht unternimmt den Versuch die Problematik aus aktueller Sicht zu beschreiben, wobei einige Beispiele zur Nutzenabschätzung die bestehende inhaltliche und methodische Komponente illustrieren.

51 Seiten, 36 Tabellen, 2 Abbildungen, 76 Referenzen.

Schlüsselbegriffe: Raumeigenschaften, Raumfahrtplanung, Nutzen, Lebensqualität, Zielsysteme, Raumstationen, Mondbasen

On the Utility of Spaceflight at the Threshold of the 21st Century(in German)

Abstract

The utility of spaceflight is subject of discussion continuously since the beginning of the space age. Consequently it has to be reviewed from time to time. The valuation of space programs has two sides, a what-when-and -how-much component and a methodical component. Many space applications such as communication -, weather -, navigation- and observation satellites have proven their worth over and over again. Their benefits are fairly well documented , but this effort could stand improvement. However, it is more difficult to prove the value of scientific satellites, space probes and human spaceflight. There are several methodes to estimate the benefits of space activities, most of them are based on the 'Quality-of-life' concept. This is used as a frame of reference for measuring the utility of space project in terms of degree of goal achievement. Formal goal systems based on utility theorie and utility functions are used to determine the benefits of space projects. Some examples are chosen to demonstrate the kind of information which can be gathered from such benefit models.- The report comprises 36 tables, 2 figures,76 references on 51 pages.

Key words: Space environment, space program planning, utility, quality-of-life, goal systems, space stations, Moon bases.

INHALTSVERZEICHNIS

Abstract

Liste der Tabellen und Abbildungen

<u>1. Einleitung</u>	S.1
<u>2. Das extraterrestrische Angebot</u>	1
<u>3. Einordnung der Raumfahrt in die Gesellschaftliche Entwicklung</u>	3
3.1 Lebensqualität als Maßstab für die Messung des Nutzens der Raumfahrt	
3.2 Definition der Aktionsfelder der Raumfahrt und deren Nutzungspotential	
<u>4. Nutzendefinitionen</u>	9
4.1 Begriffsklärungen	
4.2 Bewertungsbeispiele	
4.3 Nutzungsbereiche, Nutzungsgebiete und Nutzungsfelder	
<u>5. Ermittlung der Nutzungsdeterminanten</u>	17
5.1 Auswahl und Definition von Determinanten	
5.2 Rangordnung der Determinanten	
5.3 Bündelung der Projektionen	
5.4 Grundannahmen über die globale politisch-soziale Entwicklung und die verfügbaren Ressourcen	
<u>6. Modelle für die Nutzenabschätzung von zukünftigen Raumfahrtprojekten</u>	
6.1 Entscheidungen im realen politischen Prozess	29
6.2 Modell Typologie	34
6.3 Vergleich des Nutzens von Raumstationen und Mondbasen	37
6.31 Bewertungsverfahren	
6.32 Raumstationen in Erdnähe	
6.33 Mondanlagen	
<u>7. Zusammenfassung</u>	42
7.1 Modellansätze	
7.2 Beispiele von Nutzenschätzungen	
7.3 Schlussfolgerungen	
Ausgewählte Literatur	49
<u>Liste der Tabellen und Abbildungen</u>	

- Tab. 2-1 : Eigenschaften des Weltraumes
Tab.3-1: Grobstruktur des Zielsystems und Zielgewichte aus der Sicht der Industrienationen, simuliert von 20 Personen im April 1993
Tab. 3-2 : Aktionsfelder der Raumfahrt
Tab. 3- 3 : Geschätzter ausschöpfungsgrad der Aktionsfelder der Raumfahrt
Tab.3-4: Rangfolge der Zwischenziele in bezug auf ihre Förderungsmöglichkeiten durch Maßnahmen im Bereich der Raumfahrt für die Mitte des 21. Jahrhunderts (2050) -
Tab. 4-1: Zusammenhang zwischen Nutzer, Art der Nutzung und Ort der Nutzung
Tab.4-2: Relevance der Raumeigenschaften für ausgewählte Nutzer
Tab. 4-3: Grundraster der Nutzungsbereiche und Nutzungsfelder
Tab.4-4: 1998 Worldwide Satellite Industry Revenues(B \$):
Tab. 4-5 : Nutzungsfelder und Nutzungsgebiete des umweltbezogenen Nutzungsbereiches
Tab. 5-1:Funktionale Liste der Aufwands-bestimmenden Determinanten
Tab. 5-2:Funktionale Liste der Umsetzungs-bestimmenden Determinanten
Tabelle 5-3: Einflüsse von Interdependenzbeziehungen
Tab.5-4: Zusammenfassende Bedeutungs-Rangordnung der Determinanten für das Nutzungspotential der Raumfahrt mit besonderer Berücksichtigung der Nutzung der Weltraumeigenschaften
Tab.5-5: Haupteinflussgrößen der Raumfahrtentwicklung
Tab.5-6: Zuordnung der Determinanten zu den Haupteinflussgrößen
Tab.5-7: Annahmen im politischen Bereich
Tab.5-8: Annahmen bezüglich der verfügbaren Ressourcen
Tab. 5-9: Übersicht über die Zukunftsprojektionen im umgebungsbezogenen Nutzungsbereich
Tab.6-1: Beschleunigende und retardierende Kräfte der Raumfahrtentwicklung
Tab.6-2: Geschätzte Stärke der Kräfte die auf eine Fortsetzung der bemannten Raumfahrt hinwirken
Tab. 6-3: Geschätzte Stärke der Kräfte die eine Fortsetzung der bemannten Raumfahrt eher bremsen
Tab. 6-4: Die zeitliche Entwicklung der Raumfahrt relevanten Kraftfelder
Fig.6-1: Resultierende der positiven und negativen Kraftfelder die die Chancen der Fortsetzung der bemannten Raumfahrt beeinflussen
Tab. 6-5: Typische Modell Kategorien für die Bewertung von Raumfahrtprojekten
Tab.6-6: Typische Zukunftsprojekte der Raumfahrt
Tab.6-7 : Rangordnung der ausgewählten Projekte unter Berücksichtigung ihrer Anteile an den notwendigen Raumtransportsystemen
Tab.6-8: Ausgewählte Indikatoren für extraterrestrische Anlagen
Tab. 6-9:Liste der Zustandsvariablen eines Raumfahrtsystems
Tab. 6-10:Repräsentative Parameter von ausgewählten extraterrestrischer Anlagen in erdnahen Umlaufbahnen
Tab.6-11: Nutzen ausgewählter extraterrestrischer Anlagen in der Erdumlaufbahn
Tab. 6-12:Repräsentative Parameter von ausgewählten extraterrestrischer Anlagen auf der Mondoberfläche
Tab. 6-13: Nutzen ausgewählter extraterrestrischer Anlagen auf der Mondoberfläche
Tab. 7-1: Überblick über die Gesamtheit der Nutzungsbereiche und -felder.
Tab.7-2: Nutzenart, Nutzungsort und Nutzer von Raumfahrtaktivitäten
Tab.7-3: Bündelung der Determinanten zu Haupteinflussgrößen
Tab.7-4: Übersicht über die Zielerreichungsgrade typischer extraterrestrischer Anlagen
Fig.7-1: Nutzenentwicklung als Funktion der Kalenderzeit von ausgewählten bemannten extraterrestrischen Anlagen in der Erdumlaufbahn und auf der Mondoberfläche

1. Einleitung

Raumfahrt bringt Nutzen in vielfältiger Art, sonst würde man sie nicht betreiben. Wissenschaftliche Neugier zu befriedigen ist ein wichtiger Grund aber kein hinreichender, um jährlich viele Milliarden Dollar zu investieren. Im Jahre 1998 wurden etwa 65 Mrd. Dollar für Raumfahrtprojekte von staatlicher Seite und kommerziellen Unternehmungen ausgegeben. Es ist einsichtig, dass die Raumfahrt Ressourcen benötigt, genau so wie andere Aktivitäten und Programme, daher muss sie sich einer vergleichenden Analyse stellen und in Konkurrenz mit anderen sich um die notwendigen Ressourcen bewerben. Die Nutzenermittlung der Raumfahrt ist und bleibt daher eine Daueraufgabe. Es ist die Frage zu beantworten: *Inwiefern ist es nun überhaupt möglich diesen Nutzen zu definieren, zu beschreiben und künftigen Nutzen abzuschätzen?*

In der Vergangenheit ist verschiedenlich mit mehr oder weniger Erfolg versucht worden, auf die kommerziellen Aspekte der Raumfahrt hinzuweisen und den bereits erkennbaren Nutzen abzuschätzen (Ayres 1979, Ehrlicke 1974, Grey 1977, Heiss 1977, Jones 1988, Jordan 1984, Koelle 1965, 1971, 1975, 1990, 1993, 1998, Kraselsky 1988, Mielke 1996, Paine 1986, Stafford 1991, Taylor 1985). Manchmal waren die diesbezüglichen Ergebnisse hilfreich, aber öfters wurden sie auch wegen der Komplexität dieser Problematik nicht zur Kenntnis genommen. Das ist aber kein hinreichender Grund auf derartige Untersuchungen zu verzichten.

Der Versuch, das "Nutzungspotential" der künftigen Raumfahrt in einer dynamischen Umwelt für das nächste Jahrhundert abzuschätzen, ist dagegen eine fast unlösbar erscheinende Aufgabe. Das Ergebnis wird immer mit großen Unsicherheiten behaftet sein und daher kaum jemanden befriedigen. Andererseits können die Verantwortlichen in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft nicht "mit der Stange im Nebel herumstochern" wenn es um langfristige Investitionsentscheidungen geht. Sie bedürfen daher einer "Navigationshilfe", um die die jeweils vorhandenen Optionen kritisch zu prüfen und die erforderlichen Prioritäten zu setzen. Dieses auch in der Hoffnung, daß sich ihre aktuellen Entscheidungen eines Tages als vernünftig oder gar klug herausstellen werden. Daher soll trotz aller Bedenken erneut der Versuch unternommen werden, das Nutzungspotential der Raumfahrt für die überschaubare Zukunft auf der Basis der gegenwärtigen Einsichten und unvollständigen Informationen abzuschätzen.

2. Das extraterrestrische Angebot

Um diese Frage beantworten zu können bedarf es einer ausreichenden Beschreibung der Eigenschaften des Weltraumes, sowie eines Modelles das den Zusammenhang zwischen der Gesellschaft mit ihrem Umfeld und der Raumfahrt ausreichend genau beschreibt. Es ist zunächst also zu klären, welche Eigenschaften der Weltraum hat und wie diese genutzt werden können, um die Lebensqualität der Menschen auf der Erde positiv zu beeinflussen.

- o **RAUMDIMENSIONEN**
Die bis in die Unendlichkeit hineinreichende, dreidimensionale räumliche Umgebung erlaubt die Wahl beliebiger Raumbahnen und Orte, wie z.B.
 - erdnahe Bahnen beliebiger Bahnneigung
 - sonnensynchrone Umlaufbahnen
 - geostationäre Umlaufbahnen
 - raumstabile Punkte im cislunaren Bereich (Librationspunkte)für Zwecke der Erdbeobachtung, Nachrichtenübermittlung, Weltraumkraftwerke, Energieverteilung u.a.m.
- o **SCHWERELOSIGKEIT**
erlaubt die Fabrikation von Werkstoffen oder Teilen ohne Beeinträchtigung von Beschleunigungskräften und die Erstellung und Nutzung sehr großer flexibler Strukturen.
- o **VAKUUM**
Die Abwesenheit der Atmosphäre kann für eine große Zahl von naturwissenschaftlichen Untersuchungen und Produktionsprozessen von Vorteil sein.
- o **ENERGIEVERFUGBARKEIT**
Praktisch ohne zeitliche - und Mengenbegrenzung stehen Licht, Wärme und elektrische Energie aus umgewandelter Solarenergie zur Verfügung, die pro Flächen- und Zeiteinheit Vielfache derjenigen Mengen betragen, die auf der Erdoberfläche genutzt werden können. das
- o **TIEFE TEMPERATUREN**
Im extraterrestrischen Bereich können extrem tiefe Temperaturen in der Nähe des absoluten Nullpunktes erreicht und genutzt werden. Der Weltraum steht auch in diesem Zusammenhang als Wärmesenke zur Verfügung.
- o **STRAHLUNGSFELDER**
Im freien Raum treten nicht-diffuse Strahlungen, wie UV, Gamma- und Röntgenstrahlen auf, die für naturwissenschaftliche Untersuchungen nützlich sind.
- o **MAGNETFELDER**
Himmelskörper haben mehr oder weniger ausgeprägte Magnetfelder unterschiedlichster Struktur, die eine Vielzahl von Experimenten ermöglichen.
- o **ISOLATION**
In der Weite des Raumes können gefährliche Stoffe hergestellt oder gelagert werden, die in der terrestrischen Umwelt nicht akzeptabel sind.
- o **REINHEIT**
Der Weltraum hat aufgrund der geringen Dichte von Materie die Eigenschaften eines "Reinraumes".
- o **FREIHEIT VON NATURKATASTROPHEN**
Im extraterrestrischen Bereich, insbesondere im freien Raum, treten erdtypische Katastrophen, wie Überschwemmungen, Stürme, Erdbeben, Vulkane, extreme Temperaturschwankungen, Gewitter, Umweltverschmutzungen, extreme Luftfeuchtigkeit nicht oder nur in sehr begrenztem Maße auf.
Aber Mikro-Meteoriten können nicht außer acht gelassen werden.
- o **ROHSTOFFQUELLEN**
Extraterrestrische Himmelskörper (für die Erde insbesondere der Mond) weisen praktisch unbegrenzte Rohstoffreserven auf, die für die Erschließung des Sonnensystems und in begrenzten Fällen auch für die Versorgung der Erde nutzbar gemacht werden können.
- o **LEBENSRAUM**
Langfristig ist der Weltraum und andere Himmelskörper für Menschen ein zwar anfänglich noch feindlicher Lebensraum, der aber unter verbesserten Bedingungen für besondere Tätigkeiten und in ausgewählten Situationen attraktiv werden könnte (Weltraumtourismus, extraterrestrische Siedlungen).

Tabelle 2-1 : Eigenschaften des Weltraumes(Christensen - 1985)

Alle diese Eigenschaften müssen ausgelotet werden für welche Aspekte unseres

Daseins diese nützlich sein könnten, insbesondere welche Teilziele der Lebensqualität über Zwischenträger bzw. Auslöser (Raumflugkörper oder Raumfahrzeuge) überhaupt beeinflussbar sind.

3. Einordnung der Raumfahrt in die Gesellschaftliche Entwicklung

3.1 Lebensqualität als Maßstab für die Messung des Nutzens der Raumfahrt

Unter Berücksichtigung der historischen Entwicklung und Trends kommt es darauf an, einen Bezug zwischen den Eigenschaften des Weltraumes zu den Bedürfnissen der Menschen herzustellen. In diesem Zusammenhang wird oft von dem Begriff *Lebensqualität* Gebrauch gemacht. Dieser aus den USA kommende Begriff der "Lebensqualität der Menschen" (Quality-of-life, abgekürzt QUOL) ist umfassender als der Begriff *Lebensstandard*, denn er schließt nicht nur den materiellen Lebensstandard, sondern auch die physischen und psychischen Umweltbedingungen mit ein. Wir können uns hier eines bekannten Modelles bedienen (Koelle-1974,1979).

Eine umfassende Analyse dieses Begriffes "Lebensqualität" wurde in den 70er Jahren in Deutschland im Rahmen eines Zielfindungsexperimentes unter Mitwirkung von über 500 Personen aus allen Lebensbereichen definiert und operationalisiert, so daß wir auf dieses gesamtgesellschaftliche Modell zurückgreifen können (Koelle-1979). Es ist geeignet, auch die Bezüge der Luft- und Raumfahrt zur Lebensqualität auf der Erde zu analysieren.

Das hier nachstehend beschriebene Modell der "Lebensqualität" führte in den siebziger Jahren zur Definition von Zielen einschließlich einer Abschätzung der relativen Zielprioritäten in Form von prozentualen Gewichten. In den letzten zwei Jahrzehnten haben sich jedoch die gesellschaftlichen Entwicklungen und Wertpräferenzen erheblich geändert, so daß im Jahre 1993 im Rahmen eines Projektes im Fach Systemtechnik der TU Berlin eine aktuelle Bewertung der Ziele vorgenommen wurde (Koelle-1993). Zwanzig am Projekt beteiligte Personen schätzten die relativen Zielgewichte für die Jahre 1950, 2000 und 2050 die zusammen 100 Prozent ausmachen. Diese können zwar nicht als repräsentativ angesehen werden, sie sind jedoch zur Illustration planerischer Vorgehensweisen durchaus geeignet.

Der Gesamtrahmen des Zielsystems "Verbesserung der Qualität des Lebens"- im Vergleich zum jeweiligen Status - enthält vier Teilbereiche, wie sie bereits in der griechischen Philosophie auftauchen:

Materielle Lebensqualität
Physische Lebensqualität
Geistige Lebensqualität
Seelische Lebensqualität

Diese vier Oberziele sind untergliedert in 16 Zwischen- und 92 Unterziele, die mithilfe von quantitativen Indikatoren operationalisiert werden können. Alle diese Teilziele sind sogenannte "Richtungsziele" - im Gegensatz zu "Absolutzielen". Diese Festlegung erleichtert die Bewertung der Bedeutung dieser Ziele um diesen später quantitative Zielbeträge, Zieltermine und Zielwertfunktionen zuordnen zu können. Die nachstehenden Tabelle enthält die Struktur des verwendeten Zielsystems, sowie die von den an der 1993 durchgeführten Umfrage Beteiligten ermittelten

Zielgewichte für die ausgewählten Zeitpunkte auf den Ebenen der Oberziele und Zwischenziele.

Tab.3-1: Grobstruktur des Zielsystems und Zielgewichte aus der Sicht der Industrienationen, simuliert von 20 Personen im April 1993(Koelle-1993)

Elemente der Lebensqualität		1950	2000	2050
A	Verbesserung der materiellen Lebensqualität	285	229	214
B	Verbesserung der physischen Lebensqualität	230	263	272
C	Verbesserung der geistigen Lebensqualität	247	262	258
D	Verbesserung der seelischen Lebensqualität	238	246	256
	Summe	1000	1000	1000
A-1	Verbesserung der Wohnqualität	76	53	45
A-2	Verbesserung der Versorgungsqualität	85	50	46
A-3	Erhöhte Pflege u. Nutzung von Sachwerten	56	51	50
A-4	Bessere Nutzung und Erweiterung der Ressourcenbasis	68	75	73
B-1	Verbesserung der allgem. physischen Leistungsfähigkeit	52	51	50
B-2	Verbesserung der physischen Umwelt	52	87	97
B-3	Erhaltung des Gesundheitszustandes	61	72	69
B-4	Wiederherstellung der Gesundheit im Krankheitsfall	66	53	55
C-1	Verbesserung der Bildungschancen und -einrichtungen	59	58	56
C-2	Bessere Nutzung des vorhandenen Wissens	70	82	80
C-3	Erweiterung des Wissens	65	70	72
C-4	Verbesserung der kulturellen Umwelt	52	52	50
D-1	Verbesserte Nutzung individueller Anlagen und Fähigkeiten	55	60	63
D-2	Verbesserte Harmonie in der häuslichen Gemeinschaft	54	53	53
D-3	Vermehrte Mitarbeit in erweiterten sozialen Gemeinschaften	68	68	69
D-4	Anhebung des allgemeinen moralisch-ethischen Zustandes	61	65	72
	Summe	1000	1000	1000

Diesen zeitabhängigen Richtungszielen (objectives) kann man nun die bisherigen und in Zukunft wahrscheinlichen *Aktionsfelder* der Raumfahrt gegenüberstellen und mit Hilfe des paarweisen Vergleichs die Frage beantworten:

"Wieviel können die Raumfahrtsysteme in einem ausgewählten Aktionsfeld x zur Erreichung des Zieles y beitragen, und **welche Art von Nutzen** entsteht bei der Durchführung von Raumfahrtprojekten, und **wer** hat **wann** einen Nutzen zu erwarten?"

Als nächster Schritt ist daher erst die eine Definition der Aktionsfelder der Raumfahrt (in denen Raumfahrtsysteme eingesetzt werden um Nutzen zu erzeugen) erforderlich, bevor eine Bewertung solcher Anwendungen möglich wird.

3.2 Definition der Aktionsfelder der Raumfahrt und deren Nutzungspotential

Die Aktionsfelder der Raumfahrt lassen sich in drei Aktionsbereiche einordnen (Mielke 1996):

- **Satellitensysteme**

(Forschungssatelliten, Anwendungssatelliten, Raumstationen und Energiesatelliten)

- **Lunare und planetare Raumfahrtgeräte und -anlagen,**

- **Raumtransportsysteme.**

Diese können untergliedert werden in die folgenden Aktionsfelder in denen eine Umsetzung von Ressourcen mittels Raumfahrtprojekten in unmittelbaren und mittelbaren Nutzen erfolgt:

Tab. 3-2 : Aktionsfelder der Raumfahrt

1. **Kommunikations-Satelliten**
(Satellitensysteme zur Informations-, Ton- und Bildübertragung)
2. **Navigationssatelliten**
(Satellitensysteme zur Positionsbestimmung und Verkehrsüberwachung oder -kontrolle)
3. **Wettersatelliten**
(Satellitensysteme zum Zwecke der Wetterprognose und Klimaforschung)
4. **Erdbeobachtungssatelliten**
(Satellitensysteme zur Erdvermessung, Erdbeobachtung und Ressourcenerkundung)
5. **Militärische Satellitensysteme**
(Satellitensysteme zur militärischen Aufklärung und Abrüstungskontrolle)
6. **Forschungssatelliten**
(Satelliten, Labors und Stationen in erdnahen Umlaufbahnen für Forschungszwecke)
7. **Raumsonden**
(Roboter zwecks Erforschung der Planeten und des interplanetaren Raumes)
8. **Lunare Forschungseinrichtungen und -anlagen**
(Instrumente und Labors auf der Mondoberfläche)
9. **Planetare Forschungseinrichtungen und -anlagen**
(Instrumente und Labors auf anderen Planeten)
10. **Extraterrestrische Produktionsanlagen**
(Anlagen zur Nutzung extraterrestrischer Ressourcen für Raumfahrtzwecke)
11. **Extraterrestrische Versorgungsanlagen**
(Anlagen zur Nutzung extraterrestrischer Ressourcen zur Versorgung)
12. **Extraterrestrische Siedlungen der Erde**
(Ableger der menschlichen Gesellschaft mit multifunktionalen Aktivitäten und dem Ziel größtmöglicher Selbstversorgung)
13. **Raumtransportsysteme für den Gütertransport**
(Transport von Satelliten zu ihren Bestimmungsorten und logistische Versorgung extraterrestrischer Anlagen)
14. **Raumtransportsysteme für den Personentransport**
(Transport von Personen im Rahmen der dienstlichen und wirtschaftlichen

- Raumfahrtaktivitäten mit offiziellem Charakter)
15. Raumtransportsysteme für den Tourismus
(Privater Personentransport zu extraterrestrischen Einrichtungen und Anlagen)
 16. Extraterrestrische Schutzanlagen
(z.B. für Kollisionsschutz, Strahlungsschutz u.a.)

M.Mielke(1996) hat mittels geeigneter quantitativer Indikatoren eine erste Abschätzung durchgeführt, um den *Grad der Ausschöpfung* der erkennbaren Nutzenpotentiale der Aktionsfelder auf der Basis des Jahres 1992 zu ermitteln. Es ist im Prinzip möglich solche Abschätzungen, unter der Annahme dass sich die bisherigen Entwicklungstendenzen extrapolieren lassen, auch für Zeitpunkte in der Zukunft global durchführen, ein erster Versuch führte zu folgenden Prozent-Werten für die Jahre 2050 und 2100 (Koelle 1993).

Tab. 3-3: Geschätzter Ausschöpfungsgrad der Aktionsfelder der Raumfahrt

<i>Aktionsfeld</i>	bis 1992	2050	2100
Erdbeobachtungssatelliten	35	75	95
Militärische Satelliten	35	77	94
Wettersatelliten	43	80	93
Kommunikationssatelliten	53	76	93
Navigationssatelliten	36	64	91
Forschungssatelliten	24	57	80
Raumsonden	32	40	70
Güter-Raumtransportsysteme	32	47	63
Lunare Forschungsanlagen	2	33	57
Personen-Raumtransportsysteme	23	34	56
extraterrestrische Produktionsanlagen	4	18	52
planetare Forschungsanlagen	0	13	40
extraterrestrische Forschungsanlagen	0	16	38
Tourismus-Raumtransportsysteme	0	12	30
extraterrestrische Siedlungen	0	7	24
extraterrestrische Schutzanlagen	0	9	23
Mittelwert	20	41	62

Durch Verknüpfung der Aktionsfelder mit den Teilzielen der Lebensqualität kann man abschätzen, welchen Beitrag jedes Aktionsfeld der Raumfahrt zur Verbesserung aller Elemente der Lebensqualität (zu einem ausgewählten Zeitpunkt) leisten könnte, ob überhaupt, und wenn ja, in welcher Höhe!

Schätzt man auf diese Weise die Nutzenpotentiale der einzelnen Aktionsfelder der Raumfahrt auf der Ebene der 92 Unterziele der Lebensqualität mittels eines Gruppenurteils ab, so erhält man den *beeinflussbaren* Anteil der Raumfahrt an der erwarteten Verbesserung der Lebensqualität. Bei einem Gruppenurteil aus dem Jahre 1993 (Koelle - 1993) wurde dieser langfristig zu 3 bis 4 Prozent ermittelt, ein höheres Potential ist z.Zt. nicht erkennbar. Gegenwärtig liegt dieser Wert bei etwa 1 Prozent. Wenn man aber bedenkt, daß die vielen anderen Sektoren der Gesellschaft ja eigentlich die größeren Beiträge liefern, ist ein Potential von 3-4 % ein beachtlicher Beitrag bei einem Aufwand der unter 1 Prozent des Bruttosozialproduktes liegt und wohl auch bleiben wird.

Diejenigen Teilziele der Lebensqualität die am meisten durch die Raumfahrt

beeinflusst werden können sind nach diesen vorläufigen Bewertungen in Tab.3-4 aufgeführt.

Tab.3-4: Rangfolge der Zwischenziele der Lebensqualität in bezug auf ihre Förderungsmöglichkeiten durch Maßnahmen im Bereich der Raumfahrt für die Mitte des 21. Jahrhunderts (2050) -

(Die aufgeführten Relevanzzahlen haben die Dimension 10^{-3} Prozent)

1.	C-2	Bessere Nutzung des vorhandenen Wissens	903
2.	A-4	Bessere Nutzung und Erweiterung der Ressourcenbasis	628
3.	C-3	Erweiterung des Wissens	336
4.	A-3	Erhöhte Pflege und Nutzung von Sachwerten	254
5.	D-4	Anhebung des sllgem. ethischen und moralischen Zustands	242
6.	B-3	Erhaltung des Gesundheitszustandes	204
7.	B-2	Verbesserung der physischen Umweltqualität	198
8.	A-2	Verbesserung der Versorgungsqualität	159
9.	A-1	Verbesserung der Wohnqualität	144
10.	D-1	Verbesserte Nutzung individueller Anlagen u. Fähigkeiten	115

M.Mielke hat 1996 darüber hinaus ein differenziertes *raumfahrtspezifischen* Zielsystem entwickelt, das nur die relevanten Zielelemente der Lebensqualität berücksichtigt und daher eine höhere Auflösung erlaubt. Er hat in diesem Zusammenhang den Versuch unternommen, mit Hilfe von 67 Indikatoren den gegenwärtig bereits erreichten Beitrag der Aktionsfelder etwas genauer "zu messen". Sein raumfahrtspezifisches Zielsystem erlaubte es ihm den Ausschöpfungsgrad im Jahre 1992 zu ermitteln(s.Tab.3-3) und den Bezug zu den Teilzielen herzustellen. Es zeigte sich eine nahezu gleichmäßige Teilnahme aller Bereiche, wobei die seelische Lebensqualität ein wenig schlechter abschnitt, als die anderen Bereiche.

Dieser Ansatz erlaubte eine detaillierte Untersuchung die Beeinflußbarkeit der relevanten Teilziele auf der untersten Ebene der Zielhierrarchie durch die Aktionsfelder der Raumfahrt zu ermitteln. Von den 30 untersuchten raumfahrtspezifischen Teilzielen kamen die folgenden an die Spitze der vorläufigen Rangordnung (Mielke-1996):

1. Verbesserung der Umweltkontrolle.
2. Abbau von Vorurteilen und vermehrte Anstrengung zur gemeinsamen Nutzung des Lebensraumes.
3. Verbesserung der globalen Informationssammlung und -Übertragung.
4. Größere Zufriedenheit durch die individuelle Wahl materieller, physischer und geistiger Werte
5. Vermehrung des Wissens im Bereich der Ingenieurwissenschaften.
6. Erhöhte Befriedigung des menschlichen Forscher- und Entdeckerdranges.

Durch Verknüpfung mit den verfügbaren globalen Gruppenurteilen mit dem Gesamtpotential von 3.6 % ergab sich auch die zu erwartende Änderung der Ausschöpfung der Raumfahrt auf die Lebensqualität als Funktion der Zeit :

1950 = 0 % dieses entspricht 0 % der Lebensqualität

2000 = 26% dieses entspricht = $0.26 \times 3.6\% = 0.96\%$ der Lebensqualität

2050 = 46% dieses entspricht = $0.46 \times 3.6\% = 1.70\%$ der Lebensqualität

$2100 = 65\%$ dieses entspricht $= 0.65 \times 3.6\% = 2.40\%$ der Lebensqualität

Diese Ergebnisse haben lediglich illustrativen Character, sie erheben keinen Anspruch auf hohe Genauigkeit.

Dieses Potential wird aber nur dann ausgeschöpft, wenn die angedachten Raumfahrtprojekte auch erfolgreich durchgeführt werden. Es bedarf daher eine genaue Definition einzelner *Raumfahrtprojekte*, einschließlich ihres Ressourcenbedarfs, um deren Nutzenpotential quantitativ als Funktion der Zeit im Rahmen eines Gesamtprogrammes (in bezug auf ihren Beitrag zu den definierten Zielen) abschätzen zu können (Apel 1987, Koelle 1975,1993). Bevor dieses jedoch erfolgen kann, müssen die diesbezüglichen Begriffe definiert und erläutert werden.

4. Nutzendefinitionen

4.1 Begriffsklärungen (Koelle 1990)

Die Raumfahrt findet ausserhalb der Erde in der Unendlichkeit des Weltraumes oberhalb der Erdatmosphäre in Höhen über 300 km und mehr statt. Dort herrschen andere Umweltbedingungen als auf der Erde (s.Tab.2-1). Diese Eigenschaften des Raumes bestimmen in der Regel den Umfang und Zeitpunkt von Raumfahrtprojekten, bei denen sowohl Roboter als auch Menschen zum Einsatz kommen.

Unter **Nutzung des Weltraumes** soll also die gezielte Anwendung der technischen Mittel der Raumfahrt zum **Nutzen** der Allgemeinheit, d.h. zur **Verbesserung der Lebensqualität** der Bevölkerung auf der Erde verstanden werden. Zu einem determinierten Zeitpunkt t gibt es ein ganz bestimmtes, erkanntes, erfaßtes und definiertes **Nutzungspotential** der Raumfahrt, das aber in der Regel jeweils auf Grund beschränkten Ressourceneinsatzes bisher wenn überhaupt, nur teilweise ausgeschöpft worden ist. Es ist leicht einzusehen, dass die Nutzung der Eigenschaften des extraterrestrischen Raumes nur durch **Raumfahrtprojekte als Mittel zur Zielerreichung** erfolgen kann.

Das **gesamte latent vorhandene Nutzungspotential** der Raumfahrt ist streng nicht definierbar, da wir es zu einem bestimmten Zeitpunkt nur fragmentarisch kennen. Es wird uns erst in den nächsten Jahrhunderten durch theoretische und experimentelle Aktivitäten erschlossen werden. Das **erkannte, erfaßte, definierte** Nutzungspotential ist eine Untermenge des **latenten** Nutzungspotentials der Raumfahrt.

In diesem Zusammenhang wird nun das Nutzenpotential wie folgt definiert:

Das **NUTZUNGSPOTENTIAL DER RAUMFAHRT** ist die Summe aller Möglichkeiten zur Nutzung von Raumfahrttechnik und Raumfahrtsystemen, die aus der Sicht potentieller Nutzer einen Beitrag zur Erreichung ihrer jeweiligen Ziele erwarten lassen.

Das jeweils **erkennbare Nutzungspotential** der Raumfahrt ist eine dynamische Größe! Es steigt im Laufe der Zeit infolge neuer Erkenntnisse, die wiederum abhängig sind von der Intensität der Beschäftigung mit den Möglichkeiten, die sich aus der Anwendung der Raumfahrttechnik ergeben.

Das jeweils **ausgeschöpfte** Nutzungspotential ist zusammen mit den anderen beiden Nutzungspotentialen ein vernetztes dynamisches Ganzes; sie sind kaum voneinander zu trennen. Das ausgeschöpfte Nutzungspotential war vor dem Start des ersten künstlichen Erdsatelliten (Sputnik I) = 0! Maßnahmen und Projekte, die durchgeführt werden, um das erkannte Nutzungspotential auszuschöpfen, führen in der Regel zu neuen Erkenntnissen, die das latente Nutzungspotential wieder erhöhen.

Erkenntnistheoretisch könnte man die These aufstellen, daß nach einigen tausend Jahren eine nahezu **absolute Grenze des Nutzungspotentials** erreicht werden wird, wenn alle erkennbaren Möglichkeiten voll ausgeschöpft worden sind. Wird diese absolute Grenze als 100 Prozent bezeichnet, so ist das **zeitlich erkennbare**

Nutzungspotential kleiner als 100 mit wachsender Tendenz, und das jeweils **ausgeschöpfte Nutzungspotential** wiederum kleiner als das zeitlich erkennbare Nutzungspotential der Raumfahrt.

Eine **Nutzung** dieses Potentials kann nur dann erfolgen, wenn es **Nutzer** gibt, die diese Chancen wahrnehmen, in Systeme investieren, und damit nach dem erfolgreichen Abschluß der Maßnahme zum **Nutzenempfänger** werden. Der eigentliche **Nutzen** für einen spezifischen Nutzenempfänger ist dann das Ergebnis der **Nutzung** der Eigenschaften des Extraterrestrischen Raumes durch die Mittel der Raumfahrt. **Nutzen** kann dadurch entstehen, daß neue **Informationen** gewonnen werden, die zu **neuen Erkenntnissen**, oder auch zur **Herstellung** oder **Verbesserung von Produkten und Dienstleistungen** oder deren **bessere Verteilung** führen.

Nutzer können also Institutionen, Unternehmungen oder Personen sein, die zu einem ihnen geeigneten Zeitpunkt diese Möglichkeiten zu ihrem eigenen Vorteil ausnutzen. Die potentiellen Nutzer können sich im Laufe der nächsten Jahrzehnte und Jahrhunderte überall auf diesem Planeten, aber auch im Weltall oder auf anderen Himmelskörpern befinden. Es wird immer deren Entscheidung bleiben, ob, wann und in welchem Umfang sie von diesen Möglichkeiten der Nutzung der Raumfahrt Gebrauch machen wollen. Daher kann im Prinzip die Abschätzung des Nutzungspotentials aus globaler-, aus regionaler - (z.B. Europa), aus nationaler Sicht (z.B. Bundesrepublik Deutschland), schliesslich auch aus individueller Sicht erfolgen (Koelle - 1971; Apel - 1987).

Die **Nutzung** durch den **Nutzer** kann in einer Übersichtstabelle veranschaulicht werden, wobei das WO eine dritte Dimension bedeutet.

Table 4-1: Zusammenhang zwischen Nutzer, Art der Nutzung und Ort der Nutzung

Nutzer	Dienstleistungen	Produkte
Einzelpersonen des zivilen Bereiche	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond auf anderen Himmelskörpern	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond auf anderen Planeten
militärische Organisationen	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen	-
Kommerzielle Unternehmen	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond

Eine Reihe von Nutzergruppen lassen sich bereits identifizieren, wobei die Grösse dieser Gruppen (= Zahl der Personen) sicherlich bei der Abschätzung der Höhe des Nutzens von Bedeutung ist. Macht man den Versuch die identifizierten Nutzergruppen den Raumeigenschaften (die für diese Nutzer besonders wichtig sind) zuzuordnen, ergibt sich das folgende Bild:

Tabelle 4-2: Relevance der Raumeigenschaften für ausgewählte Nutzer

Legende:

- | | |
|-------------------------|------------------------------------|
| 1. Raumdimensionen | 7. Magnetfelder |
| 2. Schwerelosigkeit | 8. Isolation |
| 3. Vakuum | 9. Reinheit |
| 4. Energieverfügbarkeit | 10. Freiheit von Naturkatastrophen |
| 5. Tiefe Temperaturen | 11. Rohstoffquellen |
| 6. Strahlungsfelder | 12. Lebensraum |

Eigenschaften: Nutzer:	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Geophysiker	x	x				x	x	x		x	x	
Astrophysiker	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Biophysiker	x	x	x		x	x	x	x	x	x		x
Mineralogen				x		x	x				x	x
Mediziner		x				x		x	x			x
Soziologen		x						x			x	x
Wirtschaft	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Industrie		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Verkehr	x	x	x	x			x			x	x	x
Politik	x										x	x
Militär	x	x	x	x			x			x	x	

Die bisher aufgeführten Definition bezüglich des Nutzenbegriffs sind noch unzureichend und es müssen daher noch weitere erkenntnistheoretische und methodische Fragen geklärt werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass einerseits das zu einem bestimmten Zeitpunkt *erkennbare* Nutzungspotential aus globaler Sicht, und andererseits das regional bzw. national realistisch vorhandene und tatsächlich *ausschöpfbare* Nutzungspotential von Interesse sind. Auch müssen jeweils die Fragen der Skalierung und der Aggregation von Teilbewertungen für alle Nutzungsbereiche geklärt werden.

Die absolute Grenze des Nutzungspotentials gilt für die ganze Menschheit und ist sicherlich nicht nur auf den angestammten Planeten zu begrenzen. Mit der ersten Landung der Menschen auf dem Mond wurde diese Grenze bereits 1969 überschritten. Deshalb soll zunächst ein Modell für die Abschätzung des Nutzungspotentials aus der Sicht der gesamten Menschheit, also global, erstellt werden. Aber das *erkennbare* Nutzungspotential ist nicht nur für eine Nation erkennbar, es können auch andere Nationen dieses Potential erkennen und ausschöpfen, wenn sie die dafür erforderlichen Ressourcen aufzubringen bereit sind (Koelle - 1975).

Punktuelle Modelle können dann in diesen globalen Rahmen eingefügt werden. Die regionale oder nationale Betrachtungsweise macht dann einen Sinn, wenn es um die Ausschöpfung des jeweils erkennbaren Nutzens für die Angehörigen bzw. Bewohner einer Region oder eines Landes geht. Diese ist dann aber von der zeitlichen Verfügbarkeit und der Höhe der Ressourcen sowie von der gleichfalls zeitabhängigen Zielwirksamkeit bzw. der Effizienz des Einsatzes derselben abhängig.

Denkbar ist schließlich sogar eine individuelle Bewertung. Aus der Sicht des einzelnen Menschen kann und wird das erkennbare Nutzungspotential der Raumfahrt sehr unterschiedlich ausfallen und damit auch sein Urteil über den Sinn und Zweck der Raumfahrt. Unterschiedlich wird auch der Ressourceneinsatz der einzelnen Nutzenempfänger sein, was sicher in irgendeiner Form zu

berücksichtigen wäre. Darauf einzugehen würde jedoch den hier gesetzten Rahmen dieser Zusammenfassung sprengen.

4.2 Bewertungsbeispiele

An einigen Beispielen soll diese Bewertungsproblematik erläutert werden:

1. **Herstellung von Kristallen**

Die Herstellung von Kristallen unterschiedlichster Art in einer Weltraumanlage unter Schwererefreiheit ist ein heute erkennbares *Nutzungspotential* von wahrscheinlich großer Bedeutung. Es gibt mehrere Arten von Kristallen, die im Bereich der Medikamentenherstellung und Werkstoffherstellung von wirtschaftlichem Interesse sind. Das WAS, WANN und WIEVIEL der Herstellung solcher Produkte ist nun abhängig von der Verfügbarkeit der dafür notwendigen Technologie, von den Transportkosten zu und von der Weltraumproduktionsanlage, den erzielbaren Marktpreisen und des Umfanges des Marktes.

Hier beginnt nun der Unterschied zwischen der globalen, der nationalen oder individuellen Betrachtung. Unter günstigen Umständen können von einer Nation, sogar von einem Firmenkonsortium Produkte hergestellt werden, die global eine marktbeherrschende Stellung einnehmen könnten und so das in diesem Nutzungsgebiet vorhandene Nutzungspotential voll ausschöpfen - oder in einem anderen Szenario kann das Nutzungspotential gleich Null sein, wenn ein Land keinen Zugang zu dieser Technik oder dieser Weltraumanlage hat.

Bewertung des Nutzungspotentials:

- a. Aus globaler Sicht: *sehr hoch*
- b. Aus nationaler Sicht einer Nation, oder einer Firma die über die notwendige Technologie und preiswerten Zugang zur Weltraumproduktionsanlage hat: *außerordentlich hoch*
- c. Aus nationaler Sicht einer Nation, die zwar über die notwendige Technologie, aber keinen adequaten Zugang zur Weltraumproduktionsanlage hat: *gering bis hoch*
- d. Aus nationaler Sicht einer Nation, die weder über die Technologie noch über einen Zugang zur Weltraumproduktionsanlage verfügt: *sehr gering*

2. **Geologische Erforschung des Planeten Mars.**

Die begonnene geologische Erforschung des Mars wird mit weiteren Marssonden, mit automatisch gewonnenen und zur Erde transportierten Bodenproben, sowie mit bemannten Expeditionen fortgesetzt werden. Diese und andere ergänzende Forschungen über die Mars-Atmosphäre sowie die Evolution des (früheren?) biologischen Lebens werden neue Erkenntnisse über die Evolution des Sonnensystems, aber auch über die Möglichkeit einer Erschließung des Planeten Mars für die Nutzung durch die Menschheit führen. Die Intensität und die Meilensteine eines derartigen Forschungsprogrammes können zwar geschätzt werden, sind aber im erheblichem Umfang abhängig von der Entwicklung der Wirtschaftlichkeit und Sicherheit von Raumtransportsystemen, d.h. von der Investitionsrate. Daher sind die Nutzungspotentiale - unabhängig vom Standpunkt der Bewertung - zeitabhängig.

Bewertung des Nutzungspotentials:

- a. Aus globaler Sicht: *sehr hoch*

- b. Aus der Sicht einer Nation, die über die notwendige Technologie verfügt und aus geopolitischen Gründen oder Selbstverständnis die Initiative für ein aggressives Mars-Programm ergreift: *außerordentlich hoch*
- c. Aus der Sicht einer an einem solchen Projekt in angemessenem Rahmen teilnehmenden Nation: *hoch*
- d. Aus der Sicht einer kleineren, nicht an dem Projekt teilnehmenden Nation: *gering*

3. **Akquisition und Betrieb eines Systems von Weltraumkraftwerken.-**

Die zunehmende Bedeutung regenerativer Energien für die Versorgung der Erdbevölkerung im kommenden Jahrhundert läßt die Realisierung solarer Weltraumkraftwerke denkbar erscheinen. Die technische Machbarkeit gilt seit Anfang der 80er Jahre als im Prinzip erwiesen, die Wirtschaftlichkeit ist abhängig von den Herstellungskosten der Solarzellen, von dem Zugang zu lunaren Rohstoffen und der Effizienz künftiger Raumtransportsysteme. Mit Hilfe eines Simulationsmodells kann gezeigt werden, daß in dem Zeitraum zwischen 2030 und 2080 die Erstellung eines Systems solarer Weltraumkraftwerke mit einer Gesamtleistung von 500 GW möglich ist, was etwa 15 % des dann erwarteten Verbrauchs an elektrischer Energie der Erde entspricht (Koelle - 1988,2).

Bewertung des Nutzungspotentials:

- a. Aus globaler Sicht: *sehr hoch*
- b. Aus nationaler Sicht einer Nation, die zwar über die notwendige Technologie verfügt, aber keine Übereinkunft auf internationaler Basis erzielen kann: *gering*
- c. Aus nationaler Sicht einer Nation, die über die notwendige Technologie zumindest in Teilbereichen verfügt und in einem internationalen Konsortium mitwirkt: *sehr hoch*
- d. Aus nationaler Sicht einer Nation, die keinen Anteil an der Durchführung des Projektes hat, aber als Konsument unter relativ günstigen Bedingungen auftritt: *hoch*
- e. Aus nationaler Sicht einer Entwicklungsnation, die zu klein und zu ungünstig gelegen ist, um an dieser Entwicklung teilzuhaben: *gering*

Diese drei Beispiele sollen illustrieren, daß es bei konkreten Planungen notwendig wird, eine Vereinbarung zu treffen, unter welchen Gesichtspunkten das Nutzungspotential abzuschätzen ist. Die globale Beurteilung soll zunächst im Vordergrund der Betrachtungen stehen.

4.3 Nutzungsbereiche, Nutzungsgebiete und Nutzungsfelder

Für eine detaillierte Untersuchung der Nutzenstruktur ist es erforderlich ein Raster zu erstellen aus dem deutlich wird, in welchen Bereichen, Feldern und Gebieten definierbare Nutzungspotentiale erkennbar sind. Hier sind verschiedene Einteilungen möglich. In einer Studie des Jahres 1989 (Booz 1990) wurde die in Tabelle 4-3 aufgeführte Einteilung gewählt.

Tabelle 4-3: Grundraster der Nutzungsbereiche und Nutzungsfelder

Nutzungs- bereiche:	Fern- erkundung	Tele- kommuni- kation	Raum- gerichtete Aktivitäten	Umgebungs- bezogene Aktivitäten
Nutzungs	Wetter Klima	Kommunikation	extraterrestrische Informationen	biologische Forschung

felder:	Umweltüberwachung	Navigation, Orts- und Zeitmessung	Energie	medizinische Forschung
	globale Geophysikologie	Verkehrswesen Mobile Dienste	Rohstoffe	physikalische Forschung
	Erdressourcen	Satellitenentwicklung		Verfahrenstechnik
	Regionalplanung Vermessungswesen			Produktionstechnik
				Dienstleistungen

Im Bereich der Satellitentechnik hat sich bereits ein umfangreicher Markt entwickelt über den mehrere, wenn auch nicht sehr präzise Schätzungen vorliegen. Es gibt mehrere Firmen und Organisationen, die den Markt ständig beobachten, Schätzungen vornehmen und veröffentlichen.

Insbesondere im Bereich der Anwendungssatelliten gibt eine umfangreiche Literatur gute Auskünfte über den Nutzen, als Beispiele sollen hier folgende Quellen genannt werden:

Wettersatelliten: Anselmo 1998,1; Taverna 1987,

Erderkundungssatelliten: Arend 1998, Krynitz 1995, Lotz-Iven 1993,

Navigationssatelliten: Martin-Mur 1997, Nordwall 1997,

Kommunikationssatelliten: Anselmo 1997, Lutz 1996, Taverna 1999

Nach einer der aktuellsten Schätzungen wurden die Umsätze in Bereich der gesamten Satellitentechnik 1998 wie folgt geschätzt:

Tab.4-4: 1998 Worldwide Satellite Industry Revenues(B \$):				
Total revenues	65.9		+15% over 1997	Source: Futron Corp.for Satellite Industry Assn. * includes payments to both primes & their subcontractors ** Direct-to-home satellite TV in: Aviation Week & Space Technology, April 12,1999 J.C.Anselmo, M.A.Taverna: Satellite TV Fuels Industry Growth
commercial	49.0		+16	
government	16.9		+9%	
Satellite manufacturing*	17.6		+11%	
commercial	8.8		+1%	
government	8.8		+24%	
Launch services*	7.0		-11%	
commercial	3.5		-12%	
government	3.5		-10%	
Satellite services total	26.2		+23%	
DTH services**	17.6		+30%	
transponder leasing	6.0		+5%	
other services	2.6		-	
Ground equipment	15.2		+22%	

Als Beispiel der Untergliederung der **Nutzungsfelder** in **Nutzungsgebiete** soll der umweltbezogene Nutzungsbereich genauer definiert werden, da dieser in der gängigen Literatur zwar oft erwähnt, aber dennoch am wenigsten klar umrissen ist. Zahlreiche Veröffentlichungen weisen auf diesbezügliche Anwendungen hin, die allerdings noch auf sich warten lassen. Beiträge haben u.a.geliefert:

Driggers 1977, ECON 1984, Greger 1987, Grey 1977, Halpern 1984, Hieronimus 1986, Koelle 1987, 1990, Kohli 1989, Lavitola 1987, Monti 1989, Sahn 1986,

Silvermann 1978, Sparks 1987, Stoewer 1985, Zachary 1981.

Die oben zitierten Autoren und in der nachstehenden Tabelle aufgeführten Nutzungsfelder zeigen deutlich die grosse Zahl von Möglichkeiten, die insgesamt zu einem hohen Nutzenpotential führen. Die anfänglichen Hoffnungen diese bald wahrzunehmen, haben sich allerdings nicht erfüllt. Ein grosser Dämpfer war der Verlust des Space Shuttles Challenger im Jahre 1986, der zu einem kompletten Stop der bemannten Raumfahrt für mehrere Jahre führte. Viele Initiativen im Bereich der Mikro-Gravitation kamen daraufhin zum Erliegen. Sie werden erst dann zum Zuge kommen wenn die Transportkosten in die erdnahe Umlaufbahn um mindestens eine Grössenordnung reduziert wird (Hazelrigg 1985, Herzfeld 1985, Koelle, D.E. 1989, Koelle, H.H. 1988,1;1988,5).

Es besteht die Hoffnung, dass in naher Zukunft die Weichen für den Nachfolger des seit 1981 im Betrieb befindlichen Space Shuttle gestellt werden. Es ist das erklärte Ziel der NASA die spezifischen Transportkosten in die erdnahe Umlaufbahn auf unter 1000 \$/lb zu drücken. Dazu bedarf es aber mindestens einen Zeitraum von ca. 15 Jahren.

NUTZUNGSFELDER	NUTZUNGSGEBIETE	BEMERKUNGEN.
BIOLOGISCHE FORSCHUNG	Gravitationsbiologie Strahlenbiologie Exobiologie Biosphären	Die Aktivitäten in diesem Nutzungsfeld dienen der Gewinnung neuer Erkenntnisse über das Leben auf der Erde und im Universum. Diese Forschungsaktivitäten finden in terrestrischen und extraterrestrischen Forschungseinrichtungen statt.
MEDIZINISCHE FORSCHUNG	Körperfunktionen System-Faktoren Flugbetriebsplanung	Die Aktivitäten in diesem Nutzungsfeld dienen der Gewinnung neuer Erkenntnisse über den Menschen, seine Anpassungsfähigkeit und Leistungsgrenzen. Sie zielen auch auf eine Verbesserung der Theorien und Methoden der Humanmedizin auf der Erde ab. Diese Forschungsaktivitäten finden in terr. und extraterr. Forschungseinrichtungen statt.
PHYSIKALISCHE FORSCHUNG	Teilchen-Physik Physikalische-Chemie Fluidmechanik Thermodynamik	Die Aktivitäten in diesem Nutzungsfeld dienen der Gewinnung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse, insbesondere im Bereich der physikalischen Grundlagenforschung. Sie machen dabei Gebrauch von den besonderen Eigenschaften des extraterr. Raumes, der ein großes physikalisches Labor darstellt.
VERFAHRENS-TECHNIK	Materialforschung und -entwicklung Prozeßtechnik	Die Aktivitäten in diesem Nutzungsfeld bauen auf den neuen naturwissenschaftlichen Erkenntnissen auf, um die technologischen Voraussetzungen für eine spätere gezielte Anwendung zu schaffen. Diese Entwicklungsaktivitäten erfolgen in terrestrischen u. extraterr. Labors.
PRODUKTIONS-TECHNIK	Automatisierung Herstellung von Einzelprodukten Werkstofffabrikation Fragile Strukturen	Die Aktivitäten in diesem Nutzungsfeld dienen der unmittelbaren Entwicklung von Produktionsverfahren und -einrichtungen, Versuchsgeräten bis hin zu Funktionsmodellen und Prototypen. Diese Aktivitäten finden größtenteils in Entwicklungszentren auf der Erde statt, deren Erprobung aber im extraterrestrischen Einsatzgebiet.
ENERGIE-TECHNIK	Energie-Versorgung Energie-Verteilung Raumgestützte Kraftwerke	Die Aktivitäten in diesem Nutzungsfeld dienen der Entwicklung energietechn. Anlagen zur Gewinnung, Umwandlung und Verteilung nutzungsgerechter Energie für extraterrestrische und terrestrische Verbraucher. Die Entwicklungsarbeiten in diesem Nutzungsfeld werden überwiegend auf der Erde in den branchenüblichen Entwicklungszentren erfolgen, die Herstellung dagegen sowohl auf der Erde als auch in extraterr. Produktionsanlagen. Montage und Betrieb finden am Einsatzort statt
DIENST-LEISTUNGEN	Recycling-Anlagen Reiseveranstalter Orb. Tourismuszentrum Orbitalklinik	Die Aktivitäten in diesem Nutzungsfeld dienen der kommerziellen Nutzung des Weltraumes

Tabelle 4-5 : Nutzungsfelder und Nutzungsgebiete des umweltbezogenen Nutzungsbereiches

5. Ermittlung der Nutzungsdeterminanten

5.1 Auswahl von Determinanten

Das Nutzungspotential der Raumfahrt als solches ist latent durch die Beziehungen zwischen Umwelt, Technik und Gesellschaft vorhanden. Beschreibbar und meßbar wird es allerdings erst dann, wenn dieses Potential von Menschen erkannt und definiert und operationalisiert wird. Dieser Prozeß ist eine kreative Leistung derjenigen menschlichen Gehirne, die durch langjährige Beschäftigung mit der Materie zu Einsichten gelangen, die es Ihnen erlauben, relevante Beziehungen zu erkennen. Trotzdem kann ein Modell dieses Nutzungspotentials immer nur eine unvollkommene Beschreibung der Realität sein. Das Modell für das Nutzungspotential ist je vollkommener, desto mehr solche Beziehungen in ihm enthalten sind. In Teilbereichen mag es sogar gelingen, Modelle zu quantifizieren, wobei aber darauf zu achten ist, daß der geografische Rahmen eindeutig (global, regional oder national), sowie die Zahl der Betroffenen definiert wird.

Ein Gedankenmodell über das **Nutzungspotential** zu entwerfen, ist aber nur ein erster Schritt, denn es kommt ja vielmehr darauf an, dieses auch auszuschöpfen. Es ist nur die zeitlich jeweils erreichte Ausschöpfung des Potentials, die zu einer Verbesserung der Lebensqualität führt. Das Potential alleine bewirkt nichts! Da aber die Maßnahmen und Projekte, die die **Ausschöpfung des Nutzenpotentials** bewirken, wiederum das erkennbare Potential erhöhen, besteht ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen diesen beiden. Daher ist es zwingend notwendig, sowohl das erkennbare, zeitlich veränderliche Nutzungspotential als solches, als auch die Ausschöpfungsrate dieses Potentials periodisch zu untersuchen (Paine - 1986; Ride - 1987; Lüst - 1988, Stafford 1991). Die Ausschöpfungsrate des jeweils erkennbaren Nutzungspotentials der Raumfahrt ist insbesondere abhängig von den **zeitvariablen Investitionen** in die Forschung und Entwicklung, die letztlich zu neuen Erkenntnissen, Produkten und Dienstleistungen führen, die in größerem Umfang als bisher dazu beitragen, die Lebensqualität auf der Erde zu erhöhen.

Damit stellt sich zunächst die Frage nach den Determinanten (primäre Einflußgrößen) der **Investitionsbereitschaft** in die Raumfahrt! Dieses ist offensichtlich abhängig von

- dem Bevölkerungswachstum auf der Erde,
- dem Risiko, daß Weltraumaktivitäten selbst einen negativen Einfluß auf die Umweltbedingungen der Erde haben könnten,
- der Wahrscheinlichkeit des Eintretens plötzlicher katastrophaler Änderungen der Lebensbedingungen auf der Erde,
- der Änderungsrate der graduellen Verschlechterung der Umweltbedingungen auf der Erde,

-u.a.m.

Wenn man davon ausgehen kann, dass die Investitionsbereitschaft in die Raumfahrt (mit dem Ziel der Ausschöpfung des Nutzungspotentials) grundsätzlich vorhanden ist, können diese Investitionen in unterschiedlicher Höhe zur Förderung der individuellen Nutzungsfelder eingesetzt werden, je nach den Erwartungen, die der Entscheidungsträger in die Ressourcen-verzehrenden Maßnahmen und deren Zielwirkungen setzt. Hier geht es dann um die effektive **Umsetzung** der verfügbaren Ressourcen in messbare Nutzeffekte.

Daher kann in diesem Zusammenhang im Interesse grösstmöglicher Transparenz zwischen denjenigen Einflussgrössen, die die Investitionsbereitschaft beeinflussen, also *Aufwands-bestimmende Determinanten*, und solchen, die die Umsetzung der Ressourcen in Nutzen bewirken, also *Umsetzungs-bestimmende Determinanten*, unterschieden werden.

Tabelle 5-1 ist eine vorläufige Liste dieser Aufwands-bestimmenden (Input) Determinanten. Tabelle 5-2 ist eine Liste derjenigen Determinanten, die für die Umsetzung der INPUT Determinanten in realen Nutzen relevant sind. Beide Listen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit!

Tab. 5-1: Funktionale Liste der Aufwands-bestimmenden Determinanten

1. Bewußtseins-Niveau der Bevölkerung über das Nutzungspotential der Raumfahrt bezüglich der Verbesserung der Lebensqualität auf der Erde
2. Wachstumsrate des Energieverbrauches
3. Erschöpfungsrate relevanter Rohstoffquellen
4. Ansehen der naturwissenschaftlichen Forschung
5. Akzeptanz des technischen Fortschritts
6. Akzeptanz großtechnischer Anlagen
7. Akzeptanz der Kerntechnik
8. Wachstumsrate des Bruttosozialproduktes
9. Wachstumsrate des Familieneinkommens
10. Steigerungsrate der Energiepreise
11. Intensität des Informationsaustausches in der Raumfahrt
12. Internationale Kooperationsbereitschaft bei gemeinsamen Raumfahrtunternehmungen
13. Potentiell in der Raumfahrt einsetzbare personelle Kapazitäten
14. Investitionsbereitschaft der öffentlichen Hände in die Raumfahrt
15. Investitionsbereitschaft der Wirtschaft in die Raumfahrt
16. Investitionsbereitschaft privater Kapitalanleger in die Raumfahrt
17. Investitionsrate bei Raumtransportsystemen
18. Investitionsrate bei der extraterrestrischen Infrastruktur
19. Investitionsrate bei Verfahren und Geräten für extraterrestrische Experimente und Versuche.

Tab. 5-2: Funktionale Liste der Umsetzungs-bestimmenden Determinanten

1. Höhe der Nutzungsfeld-spezifische Investitionen
2. Zahl der in einem Nutzungsfeld aktiven Fachleute
3. Nutzungsfeld-spezifische Ideen-Produktionsrate
4. Frequenz der durchgeführten Experimente
5. Geschwindigkeit der Auswertung der Experimente
6. Umfang der verfügbaren Raumtransportkapazitäten
7. Realisierte Raumtransportsicherheit
8. Durchschnittliche Wartezeiten auf Raumtransport
9. Zu erwartende Pünktlichkeit des Raumtransportes
10. Raumtransportkosten für Fracht und Personen
11. Zahl und Grösse der verfügbaren extraterrestrischen Anlagen
12. Geleistete Arbeitsstunden in extraterrestrischen Anlagen

13. Kosten der Dienstleistungen von extraterrestrischen Anlagen.

Die relative Wichtigkeit der identifizierten Determinanten ist u.a. abhängig von den Interdependenzen zwischen diesen und müssen daher in geeigneter Form berücksichtigt werden. Nach einem mehrstufigen Bewertungsprozess (Koelle-1990) kann man folgende Beziehungen erkennen, wobei es sich hier zunächst nur um eine qualitative Rangordnung der relativen Intensität von Interdependenzen zwischen den Determinanten mit positivem Vorzeichen, aber nicht um eine Aussage über die relative Bedeutung oder Wichtigkeit der Determinanten handelt:

Tabelle 5-3: Einflüsse von Interdependenzbeziehungen

- Die höchste positive Auswirkung auf das Nutzungspotential ist gegenwärtig von der Investitionsbereitschaft der öffentlichen Hände zu erwarten,
- die spezifischen Transportkosten für Fracht und Personen im Weltraum haben gleichfalls einen sehr hohen Einfluß auf die Ausschöpfung des Nutzungspotentials,
- die realisierte Transportsicherheit (Zuverlässigkeit) beeinflusst gleichfalls in starkem Masse die Investitionsbereitschaft,
- als nächst einflussreichste Determinante stellt sich die Investitions-bereitschaft der Wirtschaft und Kapitalanleger heraus,
- gleichrangig dazu erweisen sich die jeweils verfügbaren Raumtransportkapazitäten und die reale internationale Kooperationsbereitschaft für gemeinsame Raumfahrtunternehmungen,
- dichtauf gefolgt von dem Bewußtseinsniveau der Bevölkerung über die Möglichkeiten der Raumfahrt; der Ideen-Produktionsrate, den verfügbaren Arbeitsstunden in extraterrestrischen Anlagen, und den spezifischen Kosten für Dienstleistungen in diesen Anlagen,
- im Mittelfeld der relativen positiven Ausstrahlung auf die anderen Determinanten liegen: Höhe und Zeitpunkt der Investitionen für die Entwicklung der extraterrestrischen Infrastruktur, für die relevanten Geräte und Verfahren für deren Nutzung, Zahl und Größe der verfügbaren extraterrestrischen Anlagen sowie die Wartezeiten für geplante Raumtransporte;
- noch einen positiven Einfluß, aber am unteren Ende der Skala, haben die folgenden Determinanten: die Wachstumsrate des Bruttosozialproduktes, die relevanten personellen Kapazitäten, die Zahl der durchgeführten Experimente, die Intensität des Informationsaustausches, die Pünktlichkeit der Raumtransportsysteme und die Intensität der Auswertung der Experimente.
- Eine negative Ausstrahlung, d.h. eher eine Behinderung bzw. Reduzierung des Nutzungspotentials tritt dann auf, wenn konkurrierende Alternativen gleicher Zielsetzung (wie durch die Mittel der Raumfahrt) oder gar andere Prioritäten in den Bereichen auftreten, die Zielwirkungen anstreben, die durch Mittel der Raumfahrt nicht beeinflussbar sind.

5.2 Rangordnung der Determinanten

Eine Rangordnung von variablen Größen läßt sich nur dann erstellen, wenn geeignete Kriterien zur Verfügung stehen, die eine relative Bewertung ermöglichen.

In diesem Fall ist davon auszugehen, daß eine vorläufige Rangordnung bezüglich der *relativen Wichtigkeit* derjenigen Determinanten gesucht wird, die das Nutzungspotential der Raumfahrt positiv beeinflussen. Das jeweils zu einem Zeitpunkt t tatsächlich ausgeschöpfte Nutzungspotential kann im Gegensatz zum latent vorhandenen Nutzungspotential quantifiziert werden, vorausgesetzt, daß ein Nutzenmodell vorliegt, das auf dem Begriff der Lebensqualität oder gleichrangigen Zielsystemen aufbaut. Ohne genaue Beachtung des Nutzenbegriffs mit seinen Variationen(siehe oben) ist leicht einzusehen, daß es recht schwierig ist, eine glaubwürdige Rangordnung der Determinanten in Bezug auf ihre absolute Bedeutung zu erstellen.

Es gibt mehrere Wege eine solche Rangordnung zu erstellen, je nachdem welchen methodischen Weg man gehen will, und welchen Aufwand man treiben möchte. Hier ist das Ergebnis einer mehrstufigen zusammenfassenden Bewertung (Koelle - 1990):

Tab.5-4: Zusammenfassende Bedeutungs-Rangordnung der Determinanten für das Nutzungspotential der Raumfahrt mit besonderer Berücksichtigung der Nutzung der Weltraumeigenschaften

1. Bewußtseinsniveau der Bevölkerung und Entscheider über die RFT
2. Investitionsbereitschaft der öffentlichen Hände in die RFT
3. Investitionsrate bei den Raumtransportsystemen
4. Investitionsrate bei der extraterrestrischen Infrastruktur
5. Investitionsrate bei Verfahren und Geräten für Experimente
6. Nutzungsfeld spezifische Investitionsrate
7. Zahl und Größe verfügbarer extraterrestrischer Anlagen
8. Umfang der verfügbaren Raumtransport-Kapazitäten
9. Zahl der im Nutzungsfeld aktiven Fachleute
10. Nutzungsfeld - spezifische Ideen-Produktionsrate
11. Frequenz der durchgeführten Experimente
12. Wachstumsrate des Bruttosozialproduktes
13. Realisierte Raumtransport-Sicherheit
14. Raumtransportkosten für Fracht und Personen
15. Geleistete Arbeitsstunden in extraterrestrischen Anlagen
16. Investitionsbereitschaft der Wirtschaft in die Raumfahrt
17. Akzeptanz des technischen Fortschritts in der Bevölkerung
18. Kosten der Dienstleistungen in extraterrestrischen Anlagen
19. Geschwindigkeit der Auswertung der Experimente
20. Intensität des Informationsaustausches in der Raumfahrt
21. Intern.Kooperationsbereitschaft bei Raumfahrtunternehmungen
22. Durchschnittliche Raumtransport-Wartezeiten
23. Wachstumsrate des Energieverbrauches auf der Erde

24. Steigerungsrate der Energiepreise auf der Erde
25. Erschöpfungsrate relevanter Rohstoffquellen auf der Erde
26. Ansehen der naturwissenschaftlichen Forschung in der Bevölkerung
27. Zu erwartende Raumtransport-Pünktlichkeit
28. Potentiell in der Raumfahrt einsetzbare personelle Kapazitäten
29. Akzeptanz der Kerntechnik in der Bevölkerung
30. Akzeptanz großtechnischer Anlagen in der Bevölkerung
31. Investitionsbereitschaft privater Kapitalanleger in der Raumfahrt
32. Wachstumsrate des durchschnittlichen Familieneinkommens

Im Prinzip kann nun für jede dieser Determinanten ein Teil-Szenario zur wahrscheinlichen Entwicklung entworfen und quantifiziert werden, was aber einen hohen Aufwand erfordert, insbesondere dann, wenn solche Szenarien immer den aktuellen Stand ausreichend genau beschreiben sollen. Der Versuch dazu wurde im Rahmen einer früheren Untersuchung unternommen (Koelle 1990), konnte inzwischen aber nicht aktualisiert werden.

5.3 Bündelung der Projektionen

Bisher wurden die in Tab.5-4 definierten 32 Determinanten für die zu beschreibenden Nutzungsbereichs-spezifischen Szenarien als relevante Variablen gefunden. Mit zunehmender Zahl sinkt aber die Übersichtlichkeit und daher ist es hilfreich, diese gegebenenfalls für einige Teiluntersuchungen durch eine Bündelung zu reduzieren.

Die Bündelung der Determinanten kann in der Weise erfolgen, daß die sachlich zusammengehörigen Determinanten zu Haupteinflußgrößen zusammengefaßt werden, wie etwa in Tab.5-5 und 5-6 dargestellt.

Tab.5-5: Haupteinflussgrößen der Raumfahrtentwicklung

- (1) Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Bedürfnisse
- (2) Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Prioritäten
- (3) Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Leistungsfähigkeit
- (4) Gesellschaftlicher Informationsgrad über das Nutzungspotential der Raumfahrt
- (5) Gesellschaftliche Investitionsbereitschaft in Raumfahrtanwendungen
- (6) Leistungsfähigkeit der Raumtransportsysteme
- (7) Leistungsfähigkeit der extraterrestrischen Infrastruktur
- (8) Intensität der Nutzungsfeld-spezifischen Aktivitäten.

Tab.5-6: Zuordnung der Determinanten zu den Haupteinflussgrößen

1. Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Bedürfnisse
 - o Wachstumsrate des Energieverbrauchs
 - o Steigerungsrate der Energiepreise
 - o Erschöpfungsrate relevanter Rohstoffquellen
2. Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Prioritäten
 - o Akzeptanz des technischen Fortschritts
 - o Ansehen der naturwissenschaftlichen Forschung
 - o Akzeptanz der Kerntechnik
 - o Akzeptanz großtechnischer Anlagen
3. Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Leistungsfähigkeit
 - o Wachstumsrate des Bruttosozialproduktes
 - o Potentiell in der Raumfahrt einsetzbare personelle Kapazitäten
 - o Wachstumsrate des durchschnittlichen Familieneinkommens
4. Gesellschaftlicher Informationsgrad über die Raumfahrt-Nutzung
 - o Bewußtseinsniveau der Bevölkerung über die Raumfahrt
 - o Intensität des Informationsaustausches in der Raumfahrt
5. Gesellschaftliche Investitionsbereitschaft in Raumfahrt-Anwendungen
 - o Investitionsbereitschaft der öffentlichen Hände
 - o Investitionsbereitschaft der Wirtschaft
 - o Internationale Kooperationsbereitschaft
 - o Investitionsbereitschaft privater Anleger
6. Leistungsfähigkeit der Raumtransportsysteme
 - o Investitionsrate bei Raumtransportsystemen
 - o Umfang der verfügbaren Raumtransport-Kapazitäten
 - o Realisierte Raumtransportsicherheit
 - o Raumtransportkosten für Fracht und Personen
 - o Durchschnittliche Raumtransport-Wartezeiten
 - o Zu erwartende Raumtransport-Pünktlichkeit
7. Leistungsfähigkeit der extraterrestrischen Infrastruktur
 - o Investitionsrate bei der extraterrestrischen Infrastruktur
 - o Investitionsrate bei Verfahren und Geräten für Experimente
 - o Zahl und Größe extraterrestrischer Anlagen
 - o Geleistete Arbeitsstunden in extraterrestrischen Anlagen
 - o Kosten der Dienstleistungen in extraterrestrischen Anlagen
8. Intensität Nutzungsfeld-spezifischer Aktivitäten
 - o Nutzungsfeld-spezifische Investitionsrate
 - o Zahl der im Nutzungsfeld tätigen Fachleute
 - o Nutzungsfeld-spezifische Ideen Produktionsrate
 - o Frequenz der durchgeführten Experimente
 - o Geschwindigkeit der Auswertung der Experimente

Diese Liste kann nun in vielfältiger Weise für Kompatibilitätsuntersuchungen mit Grundannahmen, Ressourcenverfügbarkeit, Stand der Technik u.a. verwendet werden.

5.4 Grundannahmen über die globale politisch-soziale Entwicklung und die verfügbaren Ressourcen

Die Entwicklung der Raumfahrt kann nur in dem Rahmen der gesamtgesellschaftlichen Entwicklung sinnvoll analysiert werden, sie wird daher auch immer mit grossen Unsicherheiten behaftet bleiben. Dennoch versucht man sich einen Überblick über den vorhandenen Spielraum zu verschaffen, indem man Szenarien entwickelt, die einigermaßen wahrscheinlich sind und daher glaubhaft erscheinen. An der Wende des 21. Jahrhunderts bietet sich das folgende Szenarium als Grundlage für Planungen in der Raumfahrt an:

Tab.5-7: Annahmen im politischen Bereich

1. Die Erdbevölkerung wird sich Mitte des 21. Jahrhunderts aufgrund eines zunehmenden Bildungsniveaus und knapperer materieller Ressourcen bei etwa 10 Milliarden Einwohner stabilisieren.
2. Die Geopolitik wird im 21. Jahrhundert überwiegend von den fünf Weltmächten bzw. Machtblöcken USA, Europa, UdSSR, Japan und China bestimmt werden. Die UN gewinnt zwar zunehmend an Einfluß, wird aber mangels eigener Instrumente nicht zur treibenden Kraft im Weltgeschehen.
3. Die geopolitische Lage ist trotz lokaler Konflikte relativ stabil. Die Notwendigkeit hoher Ausgaben für den schweren internationalen Konfliktfall verliert an Bedeutung und führt im Rahmen internationaler Verträge zu einer Reduzierung des Umfanges der Streitkräfte und der Zahl militärischer Einrichtungen.
4. Die politischen Gegensätze zwischen Ost und West werden weiter abgebaut, der 3. Weltkrieg findet nicht statt, und in Bereichen globaler Bedeutung, wie Fragen der Umwelt, Energieversorgung und der Raumfahrt entwickelt sich punktuell eine intensive internationale Zusammenarbeit.
5. Das Verhältnis zwischen den Industrienationen und den Entwicklungsländern (Nord-Süd-Gefälle) bleibt gespannt und führt in Teilbereichen zu steigenden Finanzhilfen für die ärmeren und unterentwickelten Länder, aber auch zu Hilfsaktionen im technischen und sozialen Bereich.
6. Die industriellen Staaten bewegen sich zunehmend in Richtung von Dienstleistungs-, Informations- und Freizeitgesellschaften. Dabei steigt der Anteil des frei verfügbaren Familieneinkommens leicht an und der Anteil der Steuern am Bruttosozialprodukt geht in den meisten Industriestaaten gerinfügig zurück.
7. Die erwarteten Klimaveränderungen haben nur geringe Änderungsraten

und führen infolge des damit möglicherweise verbundenen teilweisen Abschmelzens des Eises in den Polarzonen nur zu einer unwesentlichen Erhöhung des Meeresspiegels. Das zeitweise beobachtete Ozonloch über der Antarktis führt nicht zu meßbaren Gesundheitsschäden in der Erdbevölkerung.

8. Die Mobilität der Bevölkerung nimmt in den meisten Ländern deutlich zu und es muß mit erheblichen Wanderungsbewegungen, die verschiedene Ursachen haben, gerechnet werden.
9. In den Industrieländern sinkt die jährliche Arbeitszeit nur wenig, wird aber flexibler gehandhabt. Die ehemals festgeschriebene Arbeitszeit von 40 Wochenstunden gehörte der Regel der Vergangenheit an. In den Entwicklungsländern sinkt die Arbeitszeit nur in geringem Maße.
10. In dem Prognosezeitraum bis Mitte des 21. Jahrhunderts finden wahrscheinlich keine Katastrophen globalen Umfanges, wie z.B. ein größerer Meteoriteneinfall, oder infolge von Unfällen in Kernkraftwerken eine radioaktive Verseuchung größeren Umfanges statt. Solche würden zu sprunghaften Änderungen bei den Wertpräferenzen der Bevölkerung führen und kurzfristige Entscheidungen zur Folge haben.

Tab.5-8: Annahmen bezüglich der verfügbaren Ressourcen

1. In den westlichen Industrienationen bleiben die Konjunkturzyklen erhalten, die Wellenlänge wird größer, die Ausschläge geringer. Die durchschnittlichen Wachstumsraten werden bei 2-3 % liegen, größere ökonomischen Instabilitäten sind eher unwahrscheinlich.
2. Die materiellen Ressourcen der Erde sind begrenzt, die Vorräte sind endlich, bei steigendem jährlichen Verbrauch ist mit punktuellen Verknappungen von Rohstoffen und Energie auf der Erde zu rechnen. Die Erschließung extraterrestrischer Energie und Rohstoffe wird im 21. Jahrhundert nur sehr zögernd beginnen, mit relevanten Einfuhrmengen zur Erde ist nicht zu rechnen.
3. Die Nutzung extraterrestrischer Rohstoffe für extraterrestrische Aktivitäten und Projekte wird im Laufe des 21. Jahrhunderts einige Bedeutung erlangen und somit weniger terrestrische Ressourcen benötigen und damit indirekt einen- wenn auch kleinen - Beitrag zur Entlastung terrestrischer Rohstoffe leisten.
4. Bei steigender Bevölkerungszahl, zunehmendem Bildungsgrad und steigender Produktivität ist generell nicht mit personellen Engpässen bei Projekten, die der Ausschöpfung des Nutzungspotentials der Raumfahrt dienen, zu rechnen. Punktueller Engpässe örtlicher und zeitlicher Art können allerdings nicht ausgeschlossen werden.
5. Der prozentuale Anteil der Ausgaben im Bereich der Verteidigung und Raumfahrt am Bruttonationalprodukt wird in der Summe den heutigen Anteil in den einzelnen Staaten nicht überschreiten, obwohl Verlagerungen vom Verteidigungsetat in den Raumfahrtetat denkbar sind. Solche

Verlagerungen werden aber nur graduell vorgenommen werden, deren Änderungsrate steigt mit abnehmenden Spannungen zwischen Ost und West.

6. Die Anzahl der mit Raumfahrt-Projekten und -Aktivitäten Beschäftigten ist proportional der Ausgaben der öffentlichen Hände und der diesbezüglichen privatwirtschaftlichen Investitionen.
7. Die Verteilung der Raumfahrt-spezifischen Ressourcen ist von dem jeweiligen Erkenntnisstand über das Nutzungspotential in den einzelnen Nutzungsfeldern abhängig und somit variabel. In Abwesenheit diesbezüglicher Erkenntnisse kann von der Annahme ausgegangen werden, daß sich die relativen Prioritäten zwischen den einzelnen Nutzungsfeldern der Raumfahrt nur unbedeutend verschieben werden.
8. Global wurden im Jahr 1998 über 65 Milliarden Dollar für die militärische und zivile Raumfahrt ausgegeben. Der militärische Anteil der Raumfahrt liegt bei etwa $\frac{1}{3}$ der Gesamtausgaben und wird sich in der überschaubaren Zukunft auf etwa $\frac{1}{4}$ ermässigen.
9. Geht man von einem Betrag von 40 Mrd. \$ im Jahre 2000 für die zivile (kommerzielle und staatlich geförderte) Raumfahrt, und einer jährlichen Wachstumsrate von $\varnothing 2.5\%$ aus, so wird im Jahre 2050 ein Betrag von knapp **100 Mrd. \$** für diesen Zweck zur Verfügung stehen. Dieser Betrag wird als untere wahrscheinliche Grenze der global verfügbaren Raumfahrt-spezifischen Mittel angesehen. Als obere wahrscheinliche Grenze für die zivile Raumfahrt erscheint ein Betrag von **200 Mrd.\$** in der Mitte des 21. Jahrhunderts als begründete Annahme vertretbar zu sein.

Wie bereits angedeutet, ist es möglich für die einzelnen der oben definierten Determinanten der Raumfahrtentwicklung Teilszenarien zu entwickeln, mit deren Hilfe dann quantitative Leistungsindikatoren definiert werden können. Zusammen wären diese in der Lage, im Rahmen eines mathematischen Modells, die künftig zu erwartenden Entwicklungstendenzen hinreichend genau zu beschreiben. Gelingt es ferner, auch die zwischen diesen Indikatoren wirksamen Interdependenzen mithilfe mathematischer Funktionen zu erfassen und in das Modell zu integrieren, kann ein solches Modell eine hohe Aussagekraft erreichen. Jedoch ist der Aufwand - ein derartiges Modell zu erstellen und auf dem Laufenden zu halten - so gross, daß sich kaum ein Auftraggeber dafür finden wird. Man wird sich also vorläufig mit einfacheren Instrumenten zufrieden geben müssen. Eine grobe Abschätzung der Entwicklung der einzelnen Determinanten kann z.B. in folgender Tabelle zusammengefaßt werden.

Wir gehen bei der Trendabschätzung von der Liste der definierten 32 Determinanten aus. Die Zahl der in Tab. 5-9 enthaltenen Kreuze ist proportional dem geschätzten Entwicklungspotential bzw. der Änderungsrate. Die Kreuze sind aber nicht gleichwertig, weil die Reihenfolge der Determinanten eine Rangfolge bedeutet.

Die wichtigste Determinante, die an erster Stelle steht, etwa um den Faktor 20 bedeutsamer ist als die Determinante, die an letzter Stelle steht. Das wäre bei einer Gesamtbeurteilung zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde kann die in Tab.5-9

dargestellte Übersicht nur als eine erste Näherung der zu erwartenden Entwicklungstendenzen angesehen werden.

Tab. 5-9: Übersicht über die Zukunftsprojektionen im umgebungsbezogenen Nutzungsbereich

Legende:

+++	sehr starke positive Entwicklung
++	starke positive Entwicklung
+	tendenziell positive Entwicklung
±	geringe Änderungen
-	tendenziell negative Entwicklung

	optim.	pessim.
1. Bewußtseinsniveau der Bevölkerung und Entscheider	+++	+
2. Investitionsbereitschaft der öffentl. Hände in die Raumfahrt	++	+
3. Investitionsrate bei den Raumtransportsystemen	++	+
4. Investitionsrate bei der extraterrestrischen Infrastruktur	++	+
5. Investitionsrate bei Verfahren und Geräten für Experimente	++	+
6. Nutzungsfeld-spezifische Investitionsrate	+++	+
7. Zahl und Größe verfügbarer extraterrestrischer Anlagen	++	+
8. Umfang der verfügbaren Raumtransportkapazitäten	+++	+
9. Zahl der im Nutzungsfeld aktiven Fachleute	++	+
10. Nutzungsfeld-spezifische Ideen-Produktionsrate	++	+
11. Frequenz der durchgeführten Experimente	++	+
12. Wachstumsrate des Bruttosozialproduktes	++	+
13. Realisierte Raumtransportsicherheit	+	±
14. Raumtransportkosten für Fracht und Personen	+++	+
15. Geleistete Arbeitsstunden in extraterrestrischen Anlagen	+++	++
16. Investitionsbereitschaft der Wirtschaft in die Raumfahrt	+	±
17. Akzeptanz des technischen Fortschritts in der Bevölkerung	±	-
18. Kosten der Dienstleistungen in extraterrestrischen Anlagen	++	±
19. Geschwindigkeit der Auswertung der Experimente	+++	++
20. Intensität des Informationsaustausches in der Raumfahrt	++	+
21. Intern. Kooperationsbereitschaft bei Raumfahrtunternehmungen	++	+
22. Durchschnittliche Raumtransport-Wartezeiten	++	+
23. Wachstumsrate des Energieverbrauches auf der Erde	+	±
24. Steigerungsrate der Energiepreise auf der Erde	--	-
25. Erschöpfungsrate relevanter Rohstoffquellen auf der Erde	--	-
26. Ansehen der naturwiss. Forschung in der Bevölkerung	+	±
27. Zu erwartende Raumtransport-Pünktlichkeit	++	+
28. Potentiell i.d. Raumfahrt einsetzbare personelle Kapazitäten	++	+
29. Akzeptanz der Kerntechnik in der Bevölkerung	±	-
30. Akzeptanz großtechnischer Anlagen in der Bevölkerung	+	±
31. Investitionsbereitschaft priv. Kapitalanleger in die Raumfahrt	+	±
32. Wachstumsrate des durchschnittlichen Familieneinkommens	++	+

Von diesen Grundlagen ausgehend, können nun verschiedene Modelle für die Abschätzung des Nutzens neuer, in der Planung befindlichen Raumfahrt-projekte entwickelt werden. Bisher wurden die Möglichkeiten der Nutzung des Weltraums unter Berücksichtigung des Standes der Technik diskutiert, aber nicht deren Terminierung.

6. Modelle für die Nutzenabschätzung von zukünftigen Raumfahrtprojekten

6.1 Entscheidungen im realen politischen Prozess

Ausgelöst können die erwarteten Nutzeffekte nur durch gezielte politische Entscheidungen, wie 1961 das APOLLO Projekt durch Präsident Kennedy und 1971 das Space Shuttle durch Präsident Nixon und 1985 die Internationale Raumstation durch Präsident Reagan. An diesen Beispielen zeigt sich, dass die globale gesamtgesellschaftliche Entwicklung in hohem Maße die Entwicklungsgeschwindigkeit der Raumfahrt bestimmt, vorausgesetzt, dass deren technische Möglichkeiten und Risiken einigermaßen überschaubar sind. Einzelne Entscheidungen von Politikern und politischen Gremien sind erforderlich, um neue Grossprojekte wie in der bemannte Raumfahrt auf den Weg zu bringen.

Zur jetzigen Zeit wird das Geschehen in der bemannten Raumfahrt durch den Zusammenbau-Prozess der Internationalen Raumstation (ISS) bestimmt. Er soll bis 2005 abgeschlossen sein. Eine Betriebszeit von mindestens 10 Jahren ist geplant. Eine Entscheidung über die Fortsetzung der bemannten Raumfahrt muss wegen der langen Vorlaufzeiten jedoch schon früher getroffen werden. Es wird vermutet, dass die nächste wichtige Entscheidung um das Jahr 2005 fällig ist, darauf müssen sich die Raumfahrtplaner einstellen.

Die aktuellen gesellschaftlichen Bedürfnisse kontrollieren jeweils die Höhe der Investitionen die erforderlich sind, um die vorhandenen technologischen Potentiale zur operationellen Einsatzbereitschaft zu entwickeln. Sie bestimmen auch den Zeitraum der Investitionen und somit die Entwicklungs-geschwindigkeit. Als Folge des Wettlaufes zum Mond gab es z.B. eine Phase hoher Investitionsraten die zu einer rasanten Entwicklung der Raumfahrt führten. Die Beendigung des kalten Krieges 1991 hingegen führte zu einer starken Reduktion der Raumfahrtinvestitionen, die für die gegenwärtig zu beobachtende verhaltene Entwicklung verantwortlich ist.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass - insbesondere in Demokratien - die gesellschaftliche Entwicklung, und die von ihr determinierten politischen Entscheidungen, von vernetzten Kraftfeldern gesteuert werden, die in der Wirtschaft und Politik real existieren und eine hohe Dynamik aufweisen. Gelingt es nun diese Kraftfelder zu erfassen und hinreichend genau zu beschreiben, so wird es eventuell möglich durch Extrapolation vergangener Entwicklungstendenzen auch relevante Informationen über die zukünftige Entwicklung zu gewinnen. Die U.S.A. sind der grösste Investor in der Raumfahrt und wird es auch in der Zukunft bleiben. Neue Initiativen für die Entwicklung und Durchführung von grossmassstäblichen Raumfahrt-unternehmen sind folglich nur denkbar, wenn in den Vereinigten Staaten von Amerika die positiven Kraftfelder die negativen Kraftfelder überflügeln und neue Initiativen auslösen. Daher erscheint es sinnvoll, hier die in den USA beobachteten Kraftfelder (mit den zutreffenden amerikanischen Begriffen) für eine Analyse auszuwählen. Sie sind daher in den nachstehenden Tabellen verwendet worden.

Tab.6-1: Beschleunigende und retardierende Kräfte der Entwicklung im Bereich der bemannten Raumfahrt aus amerikanischer Sicht

The chances of space development will grow with	The chances of space development will decline with
---	--

01. increasing Earth population	01. decreasing Earth population
02. increasing scarcity of energy supplies on earth	02. apparent abundance of energy supplies on earth
03. increasing scarcity of vital Earth raw materials other than fossil fuels	03. apparent abundance of vital Earth raw materials other than fossil fuels
04. increasing success-rate of and benefits from ongoing space projects	04. increasing failure-rate of ongoing space projects
05. increasing level of optimism about the future	05. increasing level of pessimism about the future
06. increasing economic prosperity of the space-faring nations	07. decreasing economic prosperity of the space-faring nations
07. deterioration of the Earth environment	07. improvement of the Earth environment
08. increasing number of competent technical and managerial people	08. decreasing number of competent technical and managerial people
09. reducing defense expenditures of the space-faring nations	09. increasing number of military conflicts around the globe
10. expanding globally oriented education of laymen and politicians	10. decreasing competence and lack of vision of the political leadership
11. increasing motivation for global cooperation on global problems	11. increasing nationalism competing with other rivaling nations
12. increasing chances to make a profit with commercial investments in space	12. perceived reduction of the market for potential space products
13. increasing perceived probability of extraterrestrial threats for life on earth	13. unstable political climate in space-faring nations
14. increasing motivation and efforts for technological progress	14. increasing strength of the anti-technology movement
15. increasing strength of the space advocacy movement	15. increasing social unrest in the developing nations
16. increasing human curiosity and thirst for adventure	16. competing priority social needs within the space-faring nations
17. increasing the safety and economy of space transportation systems	17. reduced competition between rivaling social systems

Eine Interdependenzanalyse dieser Kräfte die sich gegenseitig positiv oder negativ beeinflussen können (mittels der Methode des paarweisen Vergleichs), erlaubt einen ersten Einblick in die zu erwartenden Wirkungen dieser Kräfte:

Wenn

die Erdbevölkerung weiterhin wächst,

und

das biologische Leben auf der Erde zunehmenden Bedrohungen aus dem Weltraum ausgesetzt ist,

und

die Zukunft eher optimistisch gesehen wird,

und

die Wirtschaftskraft der Raumfahrt-treibenden Nationen weiter zunimmt,

und

die Energieversorgung der Erde sich verschlechtert,

und

die Raumfahrtunternehmungen zunehmend erfolgreicher sind,

and

sich die Umweltbedingungen auf der Erde verschlechtern,

und

sich eine Verknappung einiger Rohstoffe abzeichnet,
dann sind die Chancen für eine Fortsetzung insbesondere der bemannten Raumfahrt SEHR GUT

Wenn jedoch

die Gegner gross-technischer Entwicklungen in der Gesellschaft zunehmen,
und
das politische Klima in den Raumfahrtnationen weniger stabil wird,
und
die Zukunft eher pessimistisch gesehen wird,
und
die Umweltbedingungen der Erde sich verbessern sollten,
und
andere Raumfahrtprojekte zunehmend Misserfolge aufweisen würden,
und
die Zahl der militärischen Konflikte auf der Erde steigen würde,
und
die Zahl kompetenter Fachleute abnehmen sollte,
und
die Zahl der Erdbewohner abnehmen sollte,
dann sind die Chancen für die Fortsetzung der bemannten Raumfahrt SEHR SCHLECHT !

Diese vorläufigen Feststellungen sagen allerdings nur etwas über die Richtung und relative Stärke der beobachteten Kräfte aus, aber nichts über die Wahrscheinlichkeit, dass diese zu einem bestimmten Zeitpunkt (und zwar dann wenn Entscheidungen anstehen) auch tatsächlich wirksam sind! Daher ist nun noch diese Wahrscheinlichkeit für ausgewählte Zeitpunkte zu schätzen und zu berücksichtigen. Dieses ist nicht nur für künftige Zeiträume interessant sondern auch rückblickend, um diesen Modellansatz an der historischen Wirklichkeit zu überprüfen. Aus Platzgründen werden in den Tabellen 6-2 und 6-3 nur die im Jahr 1993 analysierten und definierten Kräfte, multipliziert mit den Wahrscheinlichkeiten für die Jahre 2000 und 2030 aufgeführt, die der Vergangenheit sind im Originalbericht enthalten (Koelle-1996).

Diese Analyse zeigt, dass die Änderungsraten der folgenden Kräfte besonders aufmerksam verfolgt werden müssen :

1. Wirtschaftswachstum der Raumfahrt-Nationen
2. Renditen kommerzieller Raumfahrtunternehmen
3. Wirtschaftlichkeit und Sicherheit von Raumtransporten
4. Anderweitige gesellschaftliche Bedürfnisse hoher Priorität
5. Soziale und wirtschaftliche Entwicklungen in Entwicklungsländern
6. Kompetenz, Wagemut und Entschlussfreudigkeit einflussreicher Politiker

Table 6-2: Geschätzte relative Stärke der Kräfte die auf eine Fortsetzung der bemannten Raumfahrt hinwirken unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens zu diesen Zeitpunkten

		Jahr 2000	Jahr 2030
1.	increasing Earth population	7,77	9,01

2.	increasing perceived probability of extraterrestrial threats for life on Earth	0,08	0,08
3.	increasing level of optimism about the future	3,77	5,29
4.	increasing economic prosperity of the space-faring nations	4,30	5,30
5.	increasing scarcity of energy supplies on Earth	1,57	5,65
6.	increasing success-rate of and benefits from ongoing space projects	4,66	5,60
7.	deterioration of Earth environment	3,64	3,03
8.	increasing scarcity of vital Earth raw materials other than fossil fuels	0,59	1,78
9.	improving the safety and economy of space transportation systems	0,58	2,88
10.	increasing chances to make a profit with commercial investments in space	1,68	2,80
11.	increasing numbers of competent technical and managerial people	5,50	5,50
12.	increasing human curiosity and thirst for adventure	2,06	4,13
13.	increasing motivation and efforts for technological progress	1,93	2,89
14.	increasing strength of the space advocacy movement	0,47	2,36
15.	extension of globally oriented education of laymen and politicians	2,08	2,50
16.	reduced defense expenditures in the space-faring nations	3,93	3,93
17.	increasing motivation for global cooperation on global problems	3,33	3,70
	cumulative positive force strength	47,9	66,4

Nach diesen Schätzungen scheinen die positiven Kräfte in den nächsten Jahrzehnten eine gute Chance zu haben sich zu verstärken, eine Tendenz die durch eine Abnahme der negativen Kräfte (s.Tab.6-3) möglicherweise noch unterstützt wird. Da diese Analyse bereits einige Jahre alt ist, empfiehlt es sich von Zeit zu Zeit solche Schätzungen zu wiederholen, vorzugsweise durch eine Gruppe kompetenter Beobachter der Szene.

Table 6-3: Geschätzte Stärke der Kräfte die bremsend auf eine Fortsetzung der bemannten Raumfahrt hinwirken unter Berücksichtigung der Wahrscheinlichkeit des Eintretens zu diesen Zeitpunkten

	Forces	Jahr 2000	Jahr 2030
1.	increasing strength of the anti-technology movement	4,60	2,76
2.	unstable political climate in space-faring nations	5,22	2,24
3.	increasing level of pessimism about the future	3,73	2,24
4.	improvement of the Earth environment	2,77	2,77

5.	increasing failure-rate of ongoing space projects	1,22	0,61
6.	increasing number of military conflicts around the globe	1,22	0,61
7.	decreasing number of competent technical and managerial people	0	0
8.	decreasing Earth population	0	0,58
9.	decreasing economic prosperity of space-faring nations	2,85	1,71
10.	increasing social unrest in the developing nations	3,84	4,93
11.	reduced competition between rivaling social systems	4,85	5,39
12.	reduced competence and lack of vision of the political leadership	2,67	2,14
13.	competition of priority social needs within the space-faring nations	4,96	3,97
14.	apparent abundance of energy supplies on Earth	2,38	0,48
15.	apparent abundance of vital Earth raw materials	4,23	2,82
16.	increasing nationalism competing with rivaling nations	2,10	0,93
17.	reduction of the market for potential space products	2,44	1,62
	cumulative negative force strength	49,1	35,8

Betrachtet man nun die Entwicklung während des bisherigen Raumfahrtzeitalters und die überschaubare Zukunft (Tabelle 6-4 und Abb. 6-1) so lassen sich einige interessante Beobachtungen anstellen. Die Entscheidung für das Mondflugprogramm 1961 ist unter der Berücksichtigung der aktuellen Kräfte durchaus nachvollziehbar, aber auch der Einbruch nach Beendigung des kalten Krieges 1991. Der Modellansatz scheint also die Realitäten in guter Näherung zu erfassen. Für die künftige Entwicklung könnte man dann darauf schliessen, daß in den ersten Jahrzehnten des 21. Jahrhunderts die Chancen für eine Fortsetzung der bemannten Raumfahrt über die Internationale Raumstation hinaus, sich im Vergleich zu letzten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts deutlich verbessern werden. Dieses ist zwar eine begründete Hoffnung, aber keine Prognose. Die Unsicherheiten im politischen Umfeld sind derzeit zu gross und unüberschaubar, das kann sich in wenigen Jahren aber ändern.

Tab. 6-4: Die zeitliche Entwicklung der Raumfahrt relevanten Kraftfelder

Bezugsjahr		1961	1971	1989	1994	2000	2030
positives Kraftfeld	%	44,0	33,0	45,4	45,5	47,9	66,4
negatives Kraftfeld	%	19,9	37,0	42,2	52,6	49,1	35,8
resultierendes Kraftfeld	%	+24,1	-4,0	+3,2	-7,1	-1,1	+30,6

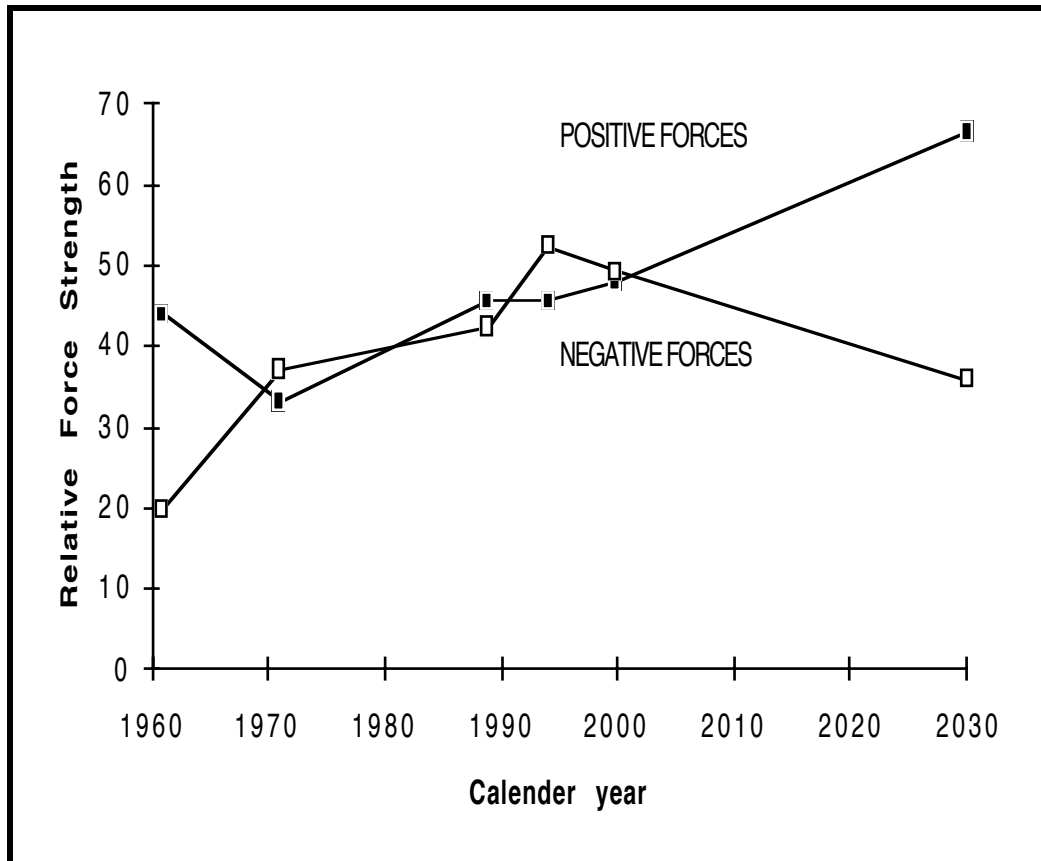


Fig. 6-1: Resultierende der positiven und negativen Kraftfelder die die Chancen der Fortsetzung der bemannten Raumfahrt beeinflussen

Die Zukunft muss zeigen inwieweit diese Trendextrapolation mit der Realität übereinstimmt.

6.2 Modell Typologie

Das einfachste und gängigste Modell für die Auswahl und/oder Bewertung eines Systems ist der "situationsspezifische Fachausschuss", dem nur allgemeine Richtlinien, wie sie etwa der National Space Act of 1958 enthält, als Bewertungskriterien vorliegen. Die National Space Commission der USA (Paine-1986) kann als typisches Beispiel gelten. Die aus solchen Beratungen resultierenden Empfehlungen haben aber oft eine geringe Durchschlagskraft weil sie oft durch aktuelle Entwicklungen überholt werden. Ein klassisches Beispiel ist die Space Exploration Initiative (SEI), vorgeschlagen von President Bush im Juli 1989, die wegen der Beendigung des kalten Krieges nicht zum Tragen kam. Modelle höherer Qualität als Fachkommissionen sind gegebenenfalls vorzuziehen, wenn die Situation dieses erlaubt und rechtfertigt. Es ist dagegen wahrscheinlich, dass in Zukunft eingesetzte Kommissionen sich derartiger formaler Modelle bedienen wuerde, falls solche zur Verfügung ständen.

Modelle dieses Typs unterscheiden sich u.a. in folgenden Merkmalen:

- Zeitrahmen
- Grad der Formalisierung
- Zahl der Hierarchieebenen

- Zahl der Bewertungskriterien(Indikatoren) auf unterster Zielebene
- Absolutbeträge der Ziele
- Gesetzte Zieltermine
- Zahl der an der Bewertung Beteiligten
- Wertpräferenzen der beteiligten Bewerter
- Kompetenz der beteiligten Bewerter

Versucht man eine Strukturierung der Modell Typologie, so bietet die nachstehende Tabelle einen ersten Überblick.

**Tab. 6-5:
Typische Modell Kategorien für die Bewertung von Raumfahrtprojekten**

	qualitative Einzelurteile	qualitative Gruppenurteile	quantitative Schätzgleichungen
Globales Zielsystem (QUAL)	(Koelle -1965)	(Koelle-1993)	(Koelle-1974)
Raumfahrt spezifische Zielsystem	(Mielke-1996)	(Apel-1987)	
Parzielles Zielsystem für Teilprogramm	(Eilingsfeld-1997)	(Mielke -1996)	(Koelle-1998)

Bei den nachstehenden Beispielen werden einige dieser Modelltypen Anwendung finden und sollen als illustrative Beispiele dienen.

6.3 Überblick über in Aussicht genommene Raumfahrtprojekte

In dem hier zitierten Beispiel (Koelle-1993) wurden 12 - unter Raumfahrtplanern viel diskutierte - Raumfahrtprojekte ausgewählt und deren Einfluß auf die Ausschöpfung des Nutzungspotentials untersucht. Es waren die Projekte:

Tab.6-6: Typische Zukunftsprojekte der Raumfahrt

1. Ausbau des gegenwärtigen Nachrichten-Satellitensystems
2. Ausbau und Betrieb eines globalen Erdbeobachtungssystems
3. Ausbau eines globalen Verkehrsleitsystems
4. Ausbau eines internationalen Raumfahrt-Planungsbüros
5. Bau und Betrieb einer internationalen Raumstation im LEO
6. Bau und Betrieb einer permanenten Forschungsstation auf dem Mond
7. Ausbau und Nutzung einer multifunktionalen Mondsiedlung
8. Bau und Betrieb einer Forschungsstation auf dem Mars
9. Bau und Betrieb eines geostationären Systems von Solarkraftwerken
10. Entwicklung und Betrieb eines Raumtransporters für Personen
11. Entwicklung und Betrieb eines mittelschweren Trägersystems
12. Entwicklung und Betrieb eines schweren wiederverwendbaren Trägersystems

Die Ableitung sektorspezifischer Zielsysteme aus dem gesamtgesellschaftlichen Zielsystem führte in diesem speziellen Fall(Koelle 1993) zu einem gewichteten raumfahrtspezifischen Zielsystem mit 4 Oberzielen und 9 Unterzielen, wobei 26

verschiedenen Indikatoren für die Operationalisierung als für diesen Zweck ausreichend befunden wurden. Die Bewertung der 12 ausgewählten Maßnahmen(Projekte) erfolgte nach drei verschiedenen Methoden, um methodische Unschärfen zu minimieren:

- A. Abschätzung des Zielbetrages auf der Ebene der Teilziele;
- B. Abschätzung des Zielbetrages auf der Ebene der Indikatoren durch Pauschalurteil;
- C. Abschätzung des Zielertrages auf der Ebene der Indikatoren mittels der zu erwartenden Zielwertänderung unter Vorgabe eines Zielbetrages für 2100.

Die Ergebnisse dieser drei Bewertungen wurden gemittelt, wobei die Methoden A und B mit 40%, C mit 20% des Gewichtes eingingen. Berücksichtigt man ferner die Tatsache, daß die Raumtransportsysteme Mittel zum Zweck sind, und verteilt deren Punkte über die anderen Projekte die diese Transportsysteme benutzen, so ergibt sich auf der Basis der Nutzenabschätzungen der beteiligten Personen die folgende Rangordnung für die untersuchten Projekte:

Tab.6-7 : Rangordnung der ausgewählten Projekte unter Berücksichtigung ihrer Anteile an den notwendigen Raumtransportsystemen

1. Bau und Betrieb eines globalen Erdbeobachtungssystems (13,5% Zielertrag)
2. Ausbau des gegenwärtigen Nachrichten- Satellitensystems (12,0%)
3. Bau und Nutzung einer multifunktionalen Mondsiedlung, einschließlich des logistischen Systems (9,6%)
4. Bau und Betrieb einer permanenten Forschungsstation auf dem Mond, einschließlich des logistischen Systems (7,2%)
5. Bau und Betrieb einer Raumstation im LEO, einschließlich des logistischen Systems (6,3%)
6. Bau und Betrieb einer Forschungsstation auf dem Mars, einschließlich des logistischen Systems ((5,6)
7. Ausbau eines satellitengestützten Verkehrsleitsystems (5,2%)
8. Aufbau eines internationalen Raumfahrt-Planungsbüros (4,7%)
9. Bau und Betrieb eines Systems von geostationären Solarkraftwerken, einschließlich des logistischen Systems (4,3%).

Eine endgültige Rangordnung der Maßnahmen auf der Basis ihrer Vorzugswürdigkeit ergibt sich allerdings erst nach der Einbeziehung des erforderlichen Aufwandes, der für die Realisierung der Maßnahmen notwendig wäre. Die Kosten dieser Projekte konnte jedoch während der Durchführung der Studie im Jahr 1993 nicht mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden, so daß eine abschließende Beurteilung auf der Basis der Kosten-Wirksamkeit noch nicht erfolgen konnte.

6.3 Vergleich des Nutzens von Raumstationen und Mondbasen

6.31 Bewertungsverfahren

Ein verbessertes spezielles Zielsystem für die Bewertung extraterrestrischer Anlagen wurde 1999 entwickelt, das 23 relevante Teilziele der Lebensqualität enthält (Koelle-1999). Die in Betracht gezogenen Raumfahrtprojekte werden mittels 43 zeitabhängigen Zustandsgrößen erfasst, in ihren charakteristischen Merkmalen

beschrieben und zu 24 Indikatoren zusammengefasst. Die Indikatoren erlauben dann eine Umwandlung der qualitativen Ziele in quantifizierte Zielkriterien. Diese Indikatoren werden mehrfach den Teilzielen immer dann zugeordnet, wenn ein funktionaler Zusammenhang erkennbar ist. Deren unterschiedliche Relevanz in jedem Anwendungsfall wird durch entsprechende anteilige Gewichtungsfaktoren berücksichtigt. Auf diese Weise werden 95 Messtellen in dem Modell eingerichtet, die den gesamten Nutzenfortschritt als Funktion der Zeit festhalten können. Dazu bedarf es jeweils einen mathematisch formulierten funktionalen Zusammenhang zwischen der einzelnen Zustandsgröße und dem Nutzenzuwachs. Diese sind klassische Nutzwertfunktionen, die in diesem Zusammenhang als "benefit estimating relationships" bezeichnet werden.

Tab.6-8: Ausgewählte Indikatoren für extraterrestrische Anlagen

Base population:

1. labor available for research and development or commercial customers
2. size of base population

Base facilities:

3. number of permanent outposts (outside the main facility)
4. total mass of base facilities and equipment
5. total power available

Mass flows:

6. local ore and soil processed
7. mass of products manufactured for the commercial market
8. total mass imported
9. mass of all products manufactured
10. soil utilization rate

Systems performance:

11. number of passenger flights arriving at base
12. number of Earth support launches
13. number of missiles available for space defense operations
14. performance of space defense system
15. power consumption per capita
16. specific cargo transportation cost from Earth
17. specific passenger transportation cost from Earth
18. specific base mass per capita
19. average selfsufficiency rate
20. share of total commercial sales of total cost
21. total cost/ global defense expenditures
22. total cost/ GDP of USA
23. equivalent no. of full time support people on Earth/base population
24. equivalent no. of full time support people on Earth/global population

On the basis of the 24 indicators selected for this model, in most cases representing ratios of two variables, the following state variables and parameters of extraterrestrial facilities are required for this model:

Tab. 6-9: Liste der Zustandsvariablen extraterrestrischer Anlagen

1. new base crew members arriving
2. number of crew members present
3. number of deaths on the base

4. base crew members departing
5. labor available for research and development or commercial customers
6. number of permanent outposts outside the main facility
7. total mass of base facilities and equipment
8. total equivalent electric power available
9. local ore and soil processed
10. mass of spares and facility components required
11. mass of consumables required
12. mass of propellants required
13. mass of products manufactured for the commercial market
14. locally produced mass of spares and facility components
15. locally produced mass of consumables
16. locally produced mass of propellants
17. imported mass of spares and facility components
18. imported mass of consumables
19. imported mass of propellants
20. base development cost
21. space transportation system development cost
22. cost of base operation
23. operational cost of space transportation system
24. total operating cost
25. sales of commercial services
26. sales of commercial products
27. global defense expenditures
28. gross domestic product of the United States of America
29. average cost of one direct labor-year
30. duration of initial development period
31. duration of operational life-cycle
32. calendar year of (last operational) year analysed
33. size of global population
34. base development amortization rate
35. logistic system development amortization rate
36. amortization rate of front-end cost
37. total system cost
38. number of passenger flights arriving at base
39. number of Earth support launches
40. number of missiles available for space defense operations
41. performance of space defense system
42. specific cargo transportation cost from Earth
43. specific passenger transportation cost from Earth

6.32 Raumstationen in Erdnähe

Drei typische Raumfahrtanlagen in Umlaufbahnen um die Erde werden nachstend als illustrative Beispiele beschrieben. Nur die erste ist ein reales Projekt: die Internationale Raumstation (ISS). Sie wird derzeit in der Erdumlaufbahn zusammengebaut, sie soll im Jahr 2004 betriebsbereit sein, und mindestens 10 Jahre als Forschungsstation benutzt werden. Als zweites Projekt ist ein kommerzielles Touristen Hotel für 130 Personen und einer Besatzung von 20 Personen untersucht worden. Dieses soll 2020 in Betrieb gehen, und für die Dauer von 30 Jahren genutzt werden (Koelle-1998,2). Das hier untersuchte Szenario ist durch folgende Punkte gekennzeichnet:

- Ein wiederverwendbarer Träger für schwere Nutzlasten ist von anderen Programmen (Mond,Mars) verfügbar.
- Ein Raumfahrzeug für den kommerziellen Verkehr in die erdnahe Umlaufbahn ist verfügbar (Nachfolger des Space Shuttle), aber für den Betrieb eines Hotels in 400 km Höhe weiterzuentwickeln.
- Das vorgesehene Hotel basiert auf dem modularen Konzept von J.Lassmann(1988). Es hat einen Durchmesser von 200m und rotiert mit 3 Umdrehungen pro Minute zwecks Erzeugung einer künstlichen Schwerkraft.
- Im 30. Betriebsjahr des Hotel werden wöchentliche Flüge mit 130 Personen durchgeführt, die Besatzung wird alle drei Monate ausgewechselt.
- Diese beiden Anlagen werden im Laufe der Zeit durch ein experimentelles Weltraumkraftwerk ergänzt, das auf kommerzieller Basis finanziert wird. Dieses soll bis zum Jahr 2040 in einer geostationären Umlaufbahn erstellt werden, sowie eine Leistung von 100 MWe haben und eine Masse von 2000 t aufweisen.

Dieses schrittweise entwickelte System erdnaher Raumanlagen erscheint plausibel und vertretbar. Die drei Anlagen können einzeln und im Rahmen eines integrierten Programmes simuliert und auf ihr Verhalten über die ganze Lebensdauer analysiert werden. Die Interdependenzen zu anderen Programmen wie ein Mond- und Marsprogramm werden dabei angemessen berücksichtigt. Der Simulation zum Zweck der Ermittlung des Systemverhaltens und der relevanten Leistungskennzahlen liegen die folgenden Annahmen für die charakteristischen Daten zugrunde:

Tab. 6-10: Repräsentative Parameter von ausgewählten extraterrestrischer Anlagen in erdnahen Umlaufbahnen

	Bezugsjahr	2015	2050	2040
	PARAMETER (cost in billion and million \$)	ISS Space Station	Tourist hotel	Exper. SSPS II
1	Duration of life-cycle (years)	10	30	10
2	labor years in space p.a.	6	130	60
3	labor-years for lease p.a.	4	130	60
4	size of permanent crew p.a.	6	30	20
5	average crew duty cycle (months)	3	3	3
6	total facility mass at end-of-life (mt)	500	1400	2000
7	number of flight missions	9	160	26
8	no. of passenger roundtrips	24	6600	240
9	total imports (mt)	77	270	119
10	system development cost (M\$)	26000	12230	7100
11	annual system cost ref. year (M \$ p.a.)	6600	7161	2378
12	specific transportation cost (\$/kg cargo)	10000	200	1500
13	specific transportation cost (M\$/pass.)	6.0	0.06	1.25

Die Analyse führte zu folgenden Abschätzungen des relativen Nutzens dieser erdnahen Raumanlagen.

Tab. 6-11: Nutzen ausgewählter extraterrestrischer Anlagen in der Erdumlaufbahn

Bezugsjahr	2015	2050	2040
------------	------	------	------

Anlage :	ISS	Tourist hotel	SSPS II
Ziele:			
1. Humanistische Ziele	79	110	128
2. Politische Ziele	49	59	47
3. Wissenschaftliche Ziele	240	230	266
4. Wirtschaftliche Ziele	85	252	145
Gesamter Zielerreichungsgrad(ZE)	453	651	586
Anteil des maximal möglichen ZE	31%	44%	40%

6.33 Mondanlagen

In der Vergangenheit sind verschiedene Anlagen auf dem Mond untersucht worden, um die wichtigsten Einflussgrößen zu ermitteln und Einblick in das Systemverhalten solcher Mondbasen zu erhalten (Mendell-1985, Koelle -1986, 1988.3, 1998.2). Die Annahmen für die charakteristischen Daten und die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind nachstehend zusammengefasst und geben einen guten Überblick über den zu erwartenden Aufwand und Nutzen bei derartigen Unternehmungen.

Tab.6-12: Repräsentative Parameter von ausgewählten extraterrestrischer Anlagen auf der Mondoberfläche

	Bezugsjahr	2030	2055	2100
	PARAMETER (cost in billion and million \$)	temporary lunar outpost	permanent lunar base	lunar settle- ment
1	Duration of life-cycle (years)	10+15	10+30	10+85
2	LC lunar labor-years	140	2,170	82,000
3	labor-years for lease	40	523	39,819
4	size of lunar crew	12 max	120	2,000
5	average crew duty cycle (months)	6	6	22
6	total facility mass at end-of-life	330	1,167	44,450
7	no. of lunar missions	54	180	2,071
8	no. of passenger roundtrips	282	4,340	45,240
9	total imports (mt)	1,095	15,210	103,000
10	LC base system cost (B\$)	55	94	387
11	av. . lunar base system cost (B \$ p.a.)	2.20	2.34	4.11
12	av. specific system cost (M\$/lab.year)	393	42.0	4.71
13	rel. specific total cost to option 1 (%)	100	10.7	1.2
14	specific transportation cost (M \$/pass.)	53	3.71	2.60
15	specific transportation cost (\$/kg cargo)	27,000	1,688	1,060

Tab. 6-13: Nutzen ausgewählter extraterrestrischer Anlagen auf der Mondoberfläche

Bezugsjahr	2030	2055	2100
------------	------	------	------

Ziele:	Anlage :	temporary lunar outpost	permanent lunar base	lunar settlement
1. Humanistische Ziele		131	218	414
2. Politische Ziele		140	177	270
3. Wissenschaftliche Ziele		248	285	485
4. Wirtschaftliche Ziele		160	343	836
Gesamter Zielerreichungsgrad(ZE)		679	1023	2005
Anteil des maximal möglichen ZE		28%	43%	84%

Wie zu erwarten nimmt der Nutzen nicht proportional mit der Grösse zu, sondern strebt nach den Gesetzen des Grenznutzens einem Maximalwert zu.

7. Zusammenfassung

7.1 Methodische Ansätze

Die Raumfahrtaktivitäten haben in der Vergangenheit zum Wohle der Menschheit in vielen Bereichen einen deutlichen Beitrag geleistet. Auch in Zukunft ist mit erheblichen Nutzenenerträgen zu rechnen, wenn der dafür notwendige Ressourcenaufwand nicht gescheut wird. Fernerkundung und Telekommunikation haben bisher den grössten Effekt für die Qualität des Lebens auf diesem Planeten erbracht. Die nicht unmittelbar auf die Erde ausgerichteten Aktivitäten zielen auf die Nutzung der Weltraumeigenschaften, der Erforschung anderer Himmelskörper und des Universums hin. Mit der ersten Landung von Menschen auf dem Mond haben sie einen ersten Höhepunkt erreicht.

Tabelle 7-1: Überblick über die Gesamtheit der Nutzungsbereiche und -felder.

Nutzungs-bereiche:	Fern-erkundung	Tele-kommuni-kation	Raum-gerichtete Aktivitäten	Umgebungs-bezogene Aktivitäten
Nutzungs-felder:	Wetter Klima	Kommunikation	extrater-restrisch Information	biologische Forschung
	Umweltüber-wachung	Navigation, Orts- und Zeitmessung	Energie	medizinische Forschung
	globale Geophysilogie	Verkehrswesen Mobile Dienste	Rohstoffe	physikalische Forschung
	Erdressourcen	Satelliten- entwicklung		Verfahrens- technik
	Regionalplanung Vermessungs- wesen			Produktions- technik
				Dienstleistungen

Zur Jahrhundertwende wird gegenwärtig an der Errichtung einer internationalen Raumstation gearbeitet, die die bisherigen Forschungen in Raumlabors in den Umlaufbahnen um die Erde fortsetzen sollen. In den nächsten zwei Jahrzehnten sind hier bedeutende Entwicklungen zu erwarten und nehmen daher in dieser Dokumentation einen besonderen Raum ein, zumal die aktuellen militärischen und kommerziellen unbemannten Raumflugkörper in der laufenden Berichterstattung

genügend dargestellt und diskutiert werden.

Der Nutzenbegriff wird in diesem Zusammenhang eindeutig definiert und konkretisiert. Bei dieser Analyse wird davon ausgegangen, daß das jeweils **erkennbare** Nutzungspotential kleiner ist, als das **gesamte latent vorhandene** Nutzungspotential sowie die Tatsache, daß das jeweils **ausgeschöpfte** Nutzungspotential notwendigerweise kleiner sein muß, als das zu diesem Zeitpunkt erkennbare Nutzungspotential. Es ist auch leicht einzusehen, daß die Ausschöpfungsrate von der Menge und dem Zeitpunkt der eingesetzten Ressourcen abhängig ist. Ferner wird unterschieden zwischen Art der Nutzung (Dienstleistungen oder Produkte), den Nutzern (diejenigen die man Empfänger des Nutzens bezeichnen kann), und den Örtlichkeiten wo der jeweilige Nutzen mittels Raumfahrtprojekten erzeugt wird. Diese Dimensionen werden in der nachstehenden Tabelle veranschaulicht.

Tab.7-2: Nutzenart, Nutzungsort und Nutzer von Raumfahrtaktivitäten

Nutzer	Dienstleistungen	Produkte
Einzelpersonen des zivilen Bereiches	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond auf anderen Himmelskörpern	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond auf anderen Planeten
militärische Organisationen	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen	-
Kommerzielle Unternehmen	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond	auf der Erde in erdnahen Umlaufbahnen auf dem Mond

Als illustratives Beispiel eines Nutzungsbereiches wird der umgebungs-bezogenen Nutzungsbereich herausgestellt, da die anderen Bereiche bereits in der Literatur ausreichend dokumentiert sind.

Der **umgebungsbezogene Nutzungsbereich** macht Gebrauch von den Eigenschaften des extraterrestrischen Raumes, insbesondere von

- der Dimension des Raumes
- der Schwerelosigkeit oder reduzierten Schwere des Vakuums
- der großen Temperatursenke bzw. variabler Temperatur
- dem komplexen Strahlungsumfeld
- der Reinheit des Raumes
- der Isolation des Raumes sowie der
- extraterrestrischen Rohstoffquellen.

Bei der Ermittlung der Determinanten, die die Ausschöpfungsrate dieser Nutzungsfelder bestimmen, wurden sowohl die "Aufwands-bestimmenden" als auch die "Umsetzungs-bestimmenden" Determinanten(Einflussgrößen) identifiziert und definiert. Eine Interdependenzanalyse führt auf die Bedeutungspräferenzen der Einflussgrößen und ermöglicht mit Hilfe einiger systemanalytischer Methoden die Erstellung einer zusammenfassenden Bedeutungs-Rangordnung der Determinanten für das Nutzungspotential der Raumfahrt im umgebungsbezogenen Nutzungsbereich. Diese Liste der verbleibenden 32 (bedeutendsten) Determinaten wird angeführt von :

1. dem Bewußtseinsniveau der Bevölkerung und Entscheider über das Nutzungspotential der Raumfahrt;
2. der Investitionsbereitschaft der öffentlichen Hände;
3. der Investitionsrate bei den Raumtransportsystemen;
4. der Investitionsrate bei der extraterrestrischen Infrastruktur;
5. der Investitionsrate bei Verfahren und Geräten für Experimente.

Die so hergeleitete "Bedeutungsrangordnung" erlaubt eine Zukunftsprojektion der definierten Determinanten, die auch in zusammengefasster Form durchgeführt werden kann. Die 32 Determinanten wurden in folgender Zusammensetzung zu acht Haupteinflußgrößen gebündelt:

Tab.7-3: Bündelung der Determinanten zu Haupteinflussgrößen

1. Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Bedürfnisse
 - o Wachstumsrate des Energieverbrauchs
 - o Steigerungsrate der Energiepreise
 - o Erschöpfungsrate relevanter Rohstoffquellen
2. Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Prioritäten
 - o Akzeptanz des technischen Fortschritts
 - o Ansehen der naturwissenschaftlichen Forschung
 - o Akzeptanz der Kerntechnik
 - o Akzeptanz großtechnischer Anlagen
3. Raumfahrt-relevante gesellschaftliche Leistungsfähigkeit
 - o Wachstumsrate des Bruttosozialproduktes
 - o Potentiell in der Raumfahrt einsetzbare personelle Kapazitäten
 - o Wachstumsrate des durchschnittlichen Familieneinkommens
4. Gesellschaftlicher Informationsgrad über die Raumfahrt-Nutzung
 - o Bewußtseinsniveau der Bevölkerung über die Raumfahrt
 - o Intensität des Informationsaustausches in der Raumfahrt
5. Gesellschaftliche Investitionsbereitschaft in Raumfahrt-Anwendungen
 - o Investitionsbereitschaft der öffentlichen Hände
 - o Investitionsbereitschaft der Wirtschaft
 - o Internationale Kooperationsbereitschaft
 - o Investitionsbereitschaft privater Anleger
6. Leistungsfähigkeit der Raumtransportsysteme
 - o Investitionsrate bei Raumtransportsystemen
 - o Umfang der verfügbaren Raumtransport-Kapazitäten
 - o Realisierte Raumtransportsicherheit
 - o Raumtransportkosten für Fracht und Personen
 - o Durchschnittliche Raumtransport-Wartezeiten
 - o Zu erwartende Raumtransport-Pünktlichkeit
7. Leistungsfähigkeit der extraterrestrischen Infrastruktur
 - o Investitionsrate bei der extraterrestrischen Infrastruktur
 - o Investitionsrate bei Verfahren und Geräten für Experimente
 - o Zahl und Größe extraterrestrischer Anlagen
 - o Geleistete Arbeitsstunden in extraterrestrischen Anlagen
 - o Kosten der Dienstleistungen in extraterrestrischen Anlagen
8. Intensität Nutzungsfeld-spezifischer Aktivitäten
 - o Nutzungsfeld-spezifische Investitionsrate
 - o Zahl der im Nutzungsfeld tätigen Fachleute
 - o Nutzungsfeld-spezifische Ideen Produktionsrate
 - o Frequenz der durchgeführten Experimente

o Geschwindigkeit der Auswertung der Experimente

Es wird im methodischen Teil des Berichtes gezeigt, daß der extraterrestrische Raum für die künftige Entwicklung der Menschheit bedeutsam werden kann, da er folgende wesentliche Beiträge zur Erhöhung der Lebensqualität zu leisten im Stande ist:

1. Gewinnung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse durch Nutzung extraterrestrischer Forschungsanlagen.
2. Intensive Nutzung der Solarenergie
3. Entlastung der Biosphäre durch Verlagerung von Produktionsprozessen in den extraterrestrischen Bereich
4. Lagerung unerwünschter gefährlicher Abfälle
5. Erschließung und Nutzung extraterrestrischer Rohstoffquellen
6. Produktion von Nahrungsmitteln für den Verzehr in extraterrestrischen Anlagen
7. Extraterrestrischer Tourismus
8. Gesundheitsdienste
9. Erweiterung des Siedlungsraumes.

7.2 Beispiele von Nutzenschätzungen extraterrestrischer Anlagen

Die Abschätzung des Nutzens künftiger Raumfahrtprojekte erweist sich als recht schwierig. Es ist dazu eine ganze Reihe von Annahmen über die gesellschaftlichen, technischen, programmatischen, betrieblichen und finanziellen Einflussgrößen erforderlich. Um die zu erwartenden Größenordnungen neuer bemannter Raumfahrtprojekte zu verdeutlichen, wurden je drei Anlagen in Erdumlaufbahnen (Raumstationen) und auf der Mondoberfläche (Mondbasen) konzipiert und bezüglich ihrer Eigenschaften und Leistungen hin untersucht. Bei Vorgabe konkreter Ziele für jeden Indikator ist es möglich die zu erwartenden Zielerreichungsgrade abzuschätzen und in Prozent des maximal im Jahr 21000 erreichbaren umzurechnen. Tab.7-4 enthält die zusammenfassenden Werte. Diese Nutzungspotentiale sind zwar jetzt schon erkennbar, aber die Ausschöpfung, wann und in welchem Umfang ist unsicher. Die Abhängigkeit des Nutzens von der Grösse und Betriebsdauer wird dabei augenscheinlich und kann in einem Diagramm veranschaulicht werden (Abbildung 7-1) . Bei allen Anwendungen strebt der Nutzen mit steigender Grösse und Betriebsdauer einem Grenzwert entgegen, wie es bei allen technischen Anwendungen die Regel ist.

Tab.7-4: Übersicht über die Zielerreichungsgrade typischer extraterrestrischer Anlagen

Typical extraterrestrial facilities:	selected reference year	percent of goal achievement
International Space Station (ISS)	2015	31%
Experimental Space Solar Power Plant	2040	40%
Tourist Space Hotel in Low Earth Orbit	2050	44%
Temporary Lunar Outpost	2030	28%
Permanent Lunar Base	2055	43%
Lunar Settlement	2100	84%

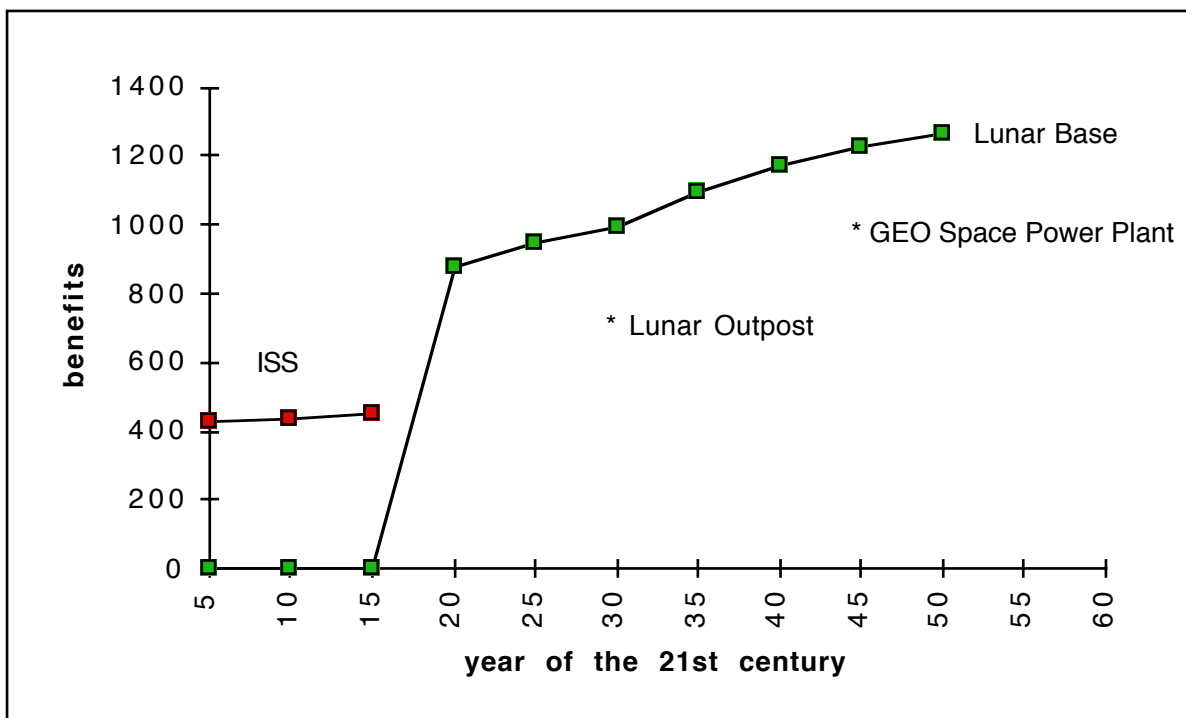


Fig.7-1: Nutzenentwicklung als Funktion der Kalenderzeit von ausgewählten bemannten extraterrestrischen Anlagen in der Erdumlaufbahn und auf der Mondoberfläche

Aus dieser Diskussion und den daraus resultierenden vorläufigen Ergebnissen ist zu erkennen, dass Nutzenabschätzungen künftiger Raumfahrtprojekte von erheblicher Bedeutung sind und verfeinert werden sollten.

7.3 Schlussfolgerungen:

1. Die Raumfahrt ist ein tragendes Element des technologischen Fortschritts.
2. Die globalen Umsätze im Bereich der Raumfahrt nähern sich an der Schwelle des 21. Jahrhunderts der 100 Milliarden Dollar Grenze und stellen somit einen wichtigen ökonomischen Faktor dar.
3. Das bisher entwickelte methodische Instrumentarium zur Abschätzung sowohl des Nutzens als auch der Kosten künftiger Raumfahrtunternehmungen kann in guter Näherung abgeschätzt werden, bedarf aber noch der Verbesserung.
4. Der Nutzen von Raumfahrtprojekten im erdnahen Bereich, insbesondere der Überwachung und Kontrolle der Umweltbedingungen, kann bei vielen Anwendungen als erwiesen gelten.
5. Der für einzelne Nutzer entstehende Nutzen ist abhängig von dem Umfang der jeweiligen Investitionen und von der Betriebsdauer.
6. Der Nutzen "bemannter" Raumfahrtanlagen ist teilweise noch umstritten, obwohl der Landung der ersten Menschen auf dem Mond in einem Wettlauf der USA und der Sowviet Union ein sehr hoher politischer-, als auch ein hoher wissenschaftlicher Nutzen zugeordnet werden kann.
7. Der Nutzen weiterer bemannter Anlagen im erdnahen Raum und auf der Mondoberfläche kann in erster Näherung abgeschätzt werden, insbesondere die Abhängigkeit des relativen Nutzens von der Grösse und Betriebsdauer. Dieser Bedarf noch der Optimierung unter den jeweils herrschenden politischen Rahmenbedingungen.

7. Ausgewählte Literatur

Anselmo, J.C. (1997):

Commercial Satellites Zoom In On Military Imagery Monopoly, Aviation Week & Space Technology, Sep.22,1997, pp.75-78

Anselmo, J.C.; Velocci, A.L. (1998,1):

New Weather Satellite to Improve Forecasts, Aviation Week & Space technology, May 11,1998,p.80

Anselmo, J.C.; Velocci, A.L. (1998,2):

WallStreet Bulls Chase Satcom Boom, Aviation Week & Space Technology, June 19,1998, p.56-58

Anselmo, J.C.; Taverna, M.A. (1999):

Satellite TV Fuels Industry Growth, Aviation Week & Space Technolgy, April 12,1999,p.32

Arend, H.; Bonnefoy, R. (1998):

The Future ESA Earth-Observation Strategy and Living Planet Programme, ESA Bulletin 94, May 1998, pp.4-12

Apel, Uwe (1987):

EPOS - European Progress on Space. Ein Beitrag zur Gestaltung eines langfristigen, europäischen Raumfahrtprogrammes, TU Berlin, Institut für Luft- und Raumfahrt, Mitt. 189/1987, 76 S.

Ayres, R.U. et al (1979):

Economic Considerations in Space Industrialization, 4th Princeton/AIAA Conference on Space Manufacturing Facilities, May 14-17,1979,Paper AIAA 79-1390

Chandler, Philipp et al. (1986):

Automation und Robotik im künftigen Deutschen Raumfahrtprogramm, DFVLR, ISBN 3-89100-010-3 und 011-3, 232 S. + Anhang

Christensen, David (1985):

Commercial Opportunities in Space-Key Steps to Success. Presented at The Space Station: Gateway to Space Manufacturing Conference, Orlando, Florida, Nov. 1985

Driggers, G.W. (1977):

Systems Analysis of a Potential Space Manufacturing Facility. Space Manufacturing, Vol. 2, pp. 285-293, 1977

ECON, Inc. (1984):

Marketing the Use of the Space Environment for the Processing of Biological and Pharmaceutical Materials. NASA CR-176334, April 1984

Ehricke, K.A. (1974):

Lunar Industries and their Value for Human Environment on Earth. Acta Astronautica, Vol. 1, pp. 585-622, 1974

Eilingsfeld, Fabian (1997):

Methodische Ansätze zur Berücksichtigung globaler dynamischer Entwicklungen bei der Strategischen Planung am Beispiel der Raumfahrt, Dissertation, T.U.Berlin, 1997, 166 S.

Goldberg, A.H.; Criswell, D.R. (1982):

The Economics of Bootstrapping Space Industries- Development of an Analytical Computer Model, Space Solar Power Reviw, vol.3.pp.73-94

Greger, G. (1987):

Microgravity Research - A Challenge for Fundamental Research and Applications within the German Space Program. Intern. Journal for Microgravity Research and Applications, Vol. 1, No.1, Oct. 1987, p. 4-10

Grey, Jerry et al. (1977):

Space a Resource for Earth. An AIAA Review, 67 pp., April 1977

Halpern, R.E. (1984):

Microgravity Science and Applications Bibliography - NASA TM 86651, Sep. 1984, 77 pp.

Hazelrigg, G.A. and Hymowitz, M.E. (1985):

Space commercialization -Lessons from History. Space Polica, May 1985, pp.187-201

Heiss, K.P. (1977):

The Economics of Space Industrialization: A Phased Approach. Space Manufacturing, Vol. 2, AIAA, pp. 295-303, 1977

Hertzfeld, Henry R. (1985):

Launch Vehicles and the Commercial Uses of Outer Space. Space Policy, Nov. 1985, pp. 379-389

Hieronimus, A.M. (1986):

Microgravity Utilization: The Role of High Technology Transfer & Support Organizations, EUROSPACE, Proceedings of the Seminar Berlin, Nov. 1986, 218 pp.

Jones, E.M. (1988):

Putting Space Resources to Work, Report LA-UR-88-2801, Los Alamos National Laboratory, NM

Johnson, Stewart W.; Wetzell, John P. (1988):

Engineering, Construction, and Operation in Space. Proc. of Space 88, Albuquerque, NM, Aug. 1988

Jordan, H.L. (1984):

Perspektiven der kommerziellen Nutzung für die deutsche Industrie, BDI, 19. Oct. 1984

Koelle, Dietrich E. (1989):

Man-into-Orbit Transportation Cost - History and Outlook. 40th International Astronautical Congress, Paper IAA-89-695, Oct. 1989

Koelle, H.H. (1965):

A Procedure to Measure the Worth of Space Programs, T.U. Berlin, Space Institute, Technical Note TUBIR-1965/2, 15.7.1965, 36 pp.

Koelle, H.H. et al. (1971):

Über den Nutzen der Weltraumforschung aus deutscher Sicht. Forschungsbericht BMBW - W 71/01-04, 1223 S.

Koelle, H.H. (1974):

GESIM-Entwurf eines zielorientierten, gesamtgesellschaftlichen Simulationsmodells zur Unterstützung der Ziel-, Aufgaben- und Finanzplanung, Zentrum Berlin für Zukunftsforschung (ZBZ), Bericht Nr. 18/1974, 69 S.

Koelle, H.H. et al. (1975):

Entwurf eines Planungsverfahrens für sektorale Programme unter Verwendung eines gesamtgesellschaftlichen Zielsystems (HELP). Institut für Luft- und Raumfahrt, TU Berlin, ILR Mitt. 14/1975, 1.9.1975, 104 S.

Koelle, H.H. (1979):

Ein Beitrag über den Wandel gesamtgesellschaftlicher Prioritäten, in: Wertwandel und gesellschaftlicher Wandel, H. Klages, P. Kmieciak, CAMPUS Verlag, Juli 1979, S. 505-516

Koelle, H.H. et al. (1983):

Versuch einer zielrelevanten Bewertung alternativer Szenarien zur globalen Entsorgung von radioaktiven Abfällen. Inst. für Luft- und Raumfahrt, T.U. Berlin, Mitt. 119/1983, 15.2.1983, 54 S.

Koelle, H.H. (1986) Co-Author Johanning, B.:

Evolution and Logistics of an Early Lunar Base. Acta Astronautica, Vol. 13, No. 9, pp. 527-536, 1986

Koelle, H.H. (1987):

A Systems Architecture of Extraterrestrial Production. Proceedings 8th Princeton/AIAA-SSI Conference on Space Manufacturing, May 1987

Koelle, H.H. (1988,1):

Space Transportation - The Key to the Utilization of Extraterrestrial Resources. Acta Astronautica, Vol. 17, No. 4, pp. 433-444, April 1988

Koelle, H.H. et al. (1988,2):

On the Life Cycle Cost and Return on Investment of a 500 GW Global Space Solar Power System. Acta Astronautica, Vol. 18, 30 Years of Progress in Space, Proceedings 38th IAF Congress, pp. 181-189, 1988

Koelle, H.H. et al. (1988,3):

The Case for an International Lunar Base. Acta Astronautica, Vol. 17, No. 5, pp. 463-490, May 1988

Koelle, H.H. (1988,4), N. Millin:

A Model for the Geostationary Infrastructure Systems Analysis. Institut für Luft- und Raumfahrt, TU Berlin, Mitt. 205/1988, 30 p.

Koelle, H.H. et al. (1988,5):

Preliminary Cost-Model for a Commercial Geostationary Transportation Company (GRET). Institut für Luft- und Raumfahrt, TU Berlin, ILR Mitt. 208/1988, 30 S.

Koelle, H.H. (1990)

"Eine Abschätzung des Nutzungspotentials der Raumfahrt im umgebungsbezogenen Nutzungsbereich", 131 S., 1990, Anlage zum Bericht: "Langfristige Entwicklungstendenzen der Raumfahrtnutzung(LERN)", Booz, Allen & Hamilton Inc., Düsseldorf, Auftragsstudie für das BMFT, Juli 1990

Koelle, H.H., M. Mielke (1993).

Über den Beitrag der Luft- und Raumfahrt zur Lebensqualität auf der Erde, T.U. Berlin, ILR Mitt. 283, 1.8.1993, 65 S.

Koelle, H.H. (1996):

A methodology to determine the socio-political forces influencing lunar development policies, Space Policy, May 1996, 12(2), 97-102

Koelle, H.H. (1998, 1):

A Method for Estimating the Benefits of a Space Program, ILR Mitt. 328(1998), 1.4.1998, 40 pp.

Koelle, H.H., B. Johanning (Koelle-1998, 2):

Benefit Estimating Relationships for the Evaluation of Extraterrestrial Facilities, Aerospace Institute, Tech. Univ. Berlin, ILR Mitt. 333(1998), Dec. 1, 1998, 81 pp.

Kohli, Ragir (1989), Harr, Michael:

Perspectives on the International Commercial Space Infrastructure. Acta Astronautica, Vol. 20, pp. 217-222, 1989, Proceedings 39th IAF Congress, Oct. 1988, Bangalore

Kraselsky, Bruce D. (1988):

Space Commerce an Industry Assessment. U.S. Department of Commerce, May 1988, 136 pp.

Krynitz, M., Winter, R. (1995):

Analyse der deutschen Fernerkundungsnutzergemeinde, DLR-Nachrichten, Nr. 79, Aug. 1995, S. 7-11

Laßmann, J. (1988):

Systementwurf einer modularen Wohnanlage mit variabler Schwerkraft fuer Erdumlaufbahnen unter besonderer Beruecksichtigung betrieblicher Erfordernisse, Technische Universitaet Berlin, ILR Mitt. 217(1988), 86 pp., 20.9.1988

Lavitola, M.S. et al. (1987):

The Microgravity Data Bank for Scientific and Industrial Communities, Paper IAF-87-392, 38th Congress of the IAF, Oct. 1987, Brighton, UK

Lotz-Iwen, H.J. et al (1993):

Zugriff auf Satelliten- und Fernerkundungsdaten über global vernetzte Informationssysteme, DLR-Nachrichten, Mai 1993, S. 8-14

Lüst, Reimar (1988):

Europäische Weltraumaktivitäten - Ein Beitrag zur Integration Europas. Industriepolitik und Währungsfragen der Europäischen Weltraumagentur (ESA), ESA, Paris, Nov. 1988

Lutz, E. (1996):

Satellitensysteme für die weltweite Mobilkommunikation, DLR Nachrichten-Heft 82, Mai 1996, S. 2-6

MacElroy, R.D.; Bredt, J. (1984):

Current concepts and future directions of CELLS. Adv. Space Res. 4(12): 221-229, 1984

Marshall, H. (1985):

US space commercialization-effects on space law and domestic law, Space Policy, May 1985, pp. 204-214

Mendell, W.W. (1985):

Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century. Lunar and Planetary Institute, Houston, 1985, 865 pp.

Mielke, Michael (1996)

Zur Analyse und Bewertung des Nutzenpotentials der Raumfahrt, Diss., T.U. Berlin, 1996, 181 S.

Monti, R. (1989):

Telescience and Microgravity: Impact on Future Facilities, Ground Segments and Operation. Acta Astronautica, Vol. 20, pp. 51-62, 1989, Proceedings of the 39th IAF Congress, Bangalore, Oct. 1988

Martin Mur, T.J., Dow, J.M (1997):

Satellite Navigation Using GPS, ESA Bulletin 90, May 1997, pp. 55-61

Nordwall, B.D. (1997):

GPS Success Sparks New Concerns for Users, Aviation & Space Technology, Dec. 1, 1997, pp. 58-60

- Ott, Viveca C. (1986):
Space Commerce. 86th Intern. Conference and Exhibition on the Commercial and Industrial Uses of Outer Space, Proceedings, Montreux, June 1986, Interavia Publishing Group, Geneva
- Paine, O. et al. (1986):
Pioneering the Space Frontier. The Report of the National Space Commission, Bantam Books, 1986, 211 pp.
- Ride, Sally K. (1987):
Leadership and America's Future in Space. NASA, A Report to the Administrator, 8/ 1987, 63 pp.
- Sahm, P.R. (1986), Jansen, R.; Keller, M.H.:
Proceedings Norderney Symposium on the German Spacelab Mission D-1. Norderney, August 1986, BMFT
- Sax, H. (1987):
Orientierungsrahmen Hochtechnologie Raumfahrt. DFVLR, April 1987, 125 S.
- Sax, H. et al. (1989):
Orientierungsrahmen Orbitaltechnologie. DLR, Mai 1989, 91 S.
- Shahrokhi, F. (1988) et al.:
Commerical Opportunities in Space. Vol. 110, Progress in Astronautics and Aeronautics, AIAA, 1988, 540 pp.
- Silverman, S. (1978), Passaglia, E.:
Applications of Space Flight in Materials Science and Technology. U.S. Department of Commerce, Nat. Bureau of Standards, NBS SP-520, Sep. 1978, 120 pp.
- Smith, D.B.S. (1979):
Design of a Space Manufacturing Facility to Use Lunar Materials Inputs. Space Manufacturing, Vol. 3, pp. 407-413, AIAA
- Sparks, Douglas R. (1987):
The Large Scale Manufacturing of Electronic and Electrical Components in Space. Acta Astronautica, Vol. 15, No. 4, pp. 239-44, 1987
- Stafford, T.P.(ed.) -(1991):
America at the Threshold, Report of the Synthesis group to the President of the U.S.A., 181 pp.
- Stoewer, H. (1985):
A European Initiative for In-Orbit Demonstration of Technology Developments. IAF Congress Stockholm, Paper IAF 85-68, Oct. 1985
- Taverna, M.A. (1997):
Meteosat 7 Heralds Expeanded European Meteorological Role, Aviation Week & Space Technology, Sep.15,1997, p.89-91
- Taverna, M.A.(1999):
Large Satcoms Thrive for Now, But Financing Crises May Loom, Aviation Week & Space Technology, SEP 13,1999,P.29
- Taylor, J.J. (1985):
Commercialization of Space: National Policy and Defense Needs. Air Command and Staff College, Maxwell AFB, AC5C-85-2675, April 1985
- Vees, Christian; Endrullat, Klaus (1986):
Nutzung des wissenschaftlichen und technischen Potentials der Raumfahrt. BMFT FB, 01 QV 85710, 107 S., 30.6.1986
- Woodcock, G.R. (1986):
Economic Potentials for Extraterrestrial Resources Utilization. Paper IAA 86-451, Oct. 1986
- Zachary, W.B. (1981):
Feasibility of the Fabrication of Integrated Circuits and other Electronic Components in Space Utilizing Lunar Materials. Space Manufacturing, Vol. 4, AIAA, pp. 127-131, 1981

**Über den Nutzen der Raumfahrt
an der Schwelle
des 21. Jahrhunderts**

H.H.Koelle

Technische Universität Berlin
Institut fuer Luft- und Raumfahrt
Marchstr.12
D-10587 Berlin

Über den Nutzen der Raumfahrt an der Schwelle des 21. Jahrhunderts

H.H.Koelle

Abstract

Die Frage nach dem bisherigen und erwarteten zukünftigen Nutzen von Raumfahrtunternehmungen wird immer wieder gestellt und bedarf daher immer wieder der inhaltlichen und methodischen Diskussion. Der Nutzen in Teilbereichen der Raumfahrtanwendungen wie der Nachrichtensatelliten, Fernsehsatelliten, Wettersatelliten, Navigationssatelliten ist nachweislich vorhanden, aber unzureichend erfasst. Bei wissenschaftlichen Satelliten, interplanetaren Raumsonden und der bemannten Raumfahrt ist es schwieriger den Nutzen überzeugend nachzuweisen. Verschiedene Verfahren den Nutzen abzuschätzen sind entwickelt worden, die als Ausgangspunkt ein Zielsystem haben, das von der Qualität des Lebens ausgeht. Raumfahrtspezifische Zielsysteme können sehr detailliert strukturiert und operationalisiert werden, wobei die klassische Nutzentheorie und Nutzenfunktionen zur Anwendung kommen. Dieser Bericht unternimmt den Versuch die Problematik aus aktueller Sicht zu beschreiben, wobei aktuelle Beispiele zur Nutzenabschätzung die bestehende inhaltliche und methodische Komponente illustrieren.
53 Seiten, 30 Tabellen, 2 Abbildungen, 76 Referenzen

Schlüsselbegriffe: Raumeigenschaften, Raumfahrtplanung, Nutzen, Lebensqualität, Zielsysteme

Abstract.

On the Utility of Spaceflight at the Threshold of the 21st Century

INHALTSVERZEICHNIS

Abstract

Liste der Tabellen und Abbildungen

<u>1. Einleitung</u>	S.1
<u>2. Das extraterrestrische Angebot</u>	1
<u>3. Einordnung der Raumfahrt in die Gesellschaftliche Entwicklung</u>	3
3.1 Lebensqualität als Maßstab für die Messung des Nutzens der Raumfahrt	
3.2 Definition der Aktionsfelder der Raumfahrt und deren Nutzungspotential	
<u>4. Nutzendefinitionen</u>	9
4.1 Begriffsklärungen	
4.2 Bewertungsbeispiele	
4.3 Nutzungsbereiche, Nutzungsgebiete und Nutzungsfelder	
<u>5. Ermittlung der Nutzungsdeterminanten</u>	17
5.1 Auswahl und Definition von Determinanten	
5.2 Rangordnung der Determinanten	
5.3 Bündelung der Projektionen	
5.4 Grundannahmen über die globale politisch-soziale Entwicklung und die verfügbaren Ressourcen	
<u>6. Modelle für die Nutzenabschätzung von zukünftigen Raumfahrtprojekten</u>	
6.1 Entscheidungen im realen politischen Prozess	29
6.2 Modell Typologie	34
6.3 Vergleich des Nutzens von Raumstationen und Mondbasen	37
6.31 Bewertungsverfahren	
6.32 Raumstationen in Erdnähe	
6.33 Mondanlagen	
<u>7. Zusammenfassung</u>	42
7.1 Modellansätze	
7.2 Beispiele von Nutzenschätzungen	
7.3 Schlussfolgerungen	
Ausgewählte Literatur	49
<u>Liste der Tabellen und Abbildungen</u>	

- Tab. 2-1 : Eigenschaften des Weltraumes
Tab.3-1: Grobstruktur des Zielsystems und Zielgewichte aus der Sicht der Industrienationen, simuliert von 20 Personen im April 1993
Tab. 3-2 : Aktionsfelder der Raumfahrt
Tab. 3- 3 : Geschätzter ausschöpfungsgrad der Aktionsfelder der Raumfahrt
Tab.3-4: Rangfolge der Zwischenziele in bezug auf ihre Förderungsmöglichkeiten durch Maßnahmen im Bereich der Raumfahrt für die Mitte des 21. Jahrhunderts (2050) -
Tab. 4-1: Zusammenhang zwischen Nutzer, Art der Nutzung und Ort der Nutzung
Tab.4-2: Relevance der Raumeigenschaften für ausgewählte Nutzer
Tab. 4-3: Grundraster der Nutzungsbereiche und Nutzungsfelder
Tab.4-4: 1998 Worldwide Satellite Industry Revenues(B \$):
Tab. 4-5 : Nutzungsfelder und Nutzungsgebiete des umweltbezogenen Nutzungsbereiches
Tab. 5-1:Funktionale Liste der Aufwands-bestimmenden Determinanten
Tab. 5-2:Funktionale Liste der Umsetzungs-bestimmenden Determinanten
Tabelle 5-3: Einflüsse von Interdependenzbeziehungen
Tab.5-4: Zusammenfassende Bedeutungs-Rangordnung der Determinanten für das Nutzungspotential der Raumfahrt mit besonderer Berücksichtigung der Nutzung der Weltraumeigenschaften
Tab.5-5: Haupteinflussgrößen der Raumfahrtentwicklung
Tab.5-6: Zuordnung der Determinanten zu den Haupteinflussgrößen
Tab.5-7: Annahmen im politischen Bereich
Tab.5-8: Annahmen bezüglich der verfügbaren Ressourcen
Tab. 5-9: Übersicht über die Zukunftsprojektionen im umgebungsbezogenen Nutzungsbereich
Tab.6-1: Beschleunigende und retardierende Kräfte der Raumfahrtentwicklung
Tab.6-2: Geschätzte Stärke der Kräfte die auf eine Fortsetzung der bemannten Raumfahrt hinwirken
Tab. 6-3: Geschätzte Stärke der Kräfte die eine Fortsetzung der bemannten Raumfahrt eher bremsen
Tab. 6-4: Die zeitliche Entwicklung der Raumfahrt relevanten Kraftfelder
Fig.6-1: Resultierende der positiven und negativen Kraftfelder die die Chancen der Fortsetzung der bemannten Raumfahrt beeinflussen
Tab. 6-5: Typische Modell Kategorien für die Bewertung von Raumfahrtprojekten
Tab.6-6: Typische Zukunftsprojekte der Raumfahrt
Tab.6-7 : Rangordnung der ausgewählten Projekte unter Berücksichtigung ihrer Anteile an den notwendigen Raumtransportsystemen
Tab.6-8: Ausgewählte Indikatoren für extraterrestrische Anlagen
Tab. 6-9:Liste der Zustandsvariablen eines Raumfahrtsystems
Tab. 6-10:Repräsentative Parameter von ausgewählten extraterrestrischer Anlagen in erdnahen Umlaufbahnen
Tab.6-11: Nutzen ausgewählter extraterrestrischer Anlagen in der Erdumlaufbahn
Tab. 6-12:Repräsentative Parameter von ausgewählten extraterrestrischer Anlagen auf der Mondoberfläche
Tab. 6-13: Nutzen ausgewählter extraterrestrischer Anlagen auf der Mondoberfläche
Tab. 7-1: Überblick über die Gesamtheit der Nutzungsbereiche und -felder.
Tab.7-2: Nutzenart, Nutzungsort und Nutzer von Raumfahrtaktivitäten
Tab.7-3: Bündelung der Determinanten zu Haupteinflussgrößen
Tab.7-4: Übersicht über die Zielerreichungsgrade typischer extraterrestrischer Anlagen
Fig.7-1: Nutzenentwicklung als Funktion der Kalenderzeit von ausgewählten bemannten extraterrestrischen Anlagen in der Erdumlaufbahn und auf der Mondoberfläche

