

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Bericht der Bundesregierung über die zukünftigen Perspektiven der Weltraumforschung

Konzept Raumfahrt: Perspektiven für Forschung und Anwendung

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	2
2 Raumfahrt für den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Deutschland	2
3 Das internationale Umfeld	3
4 Bilanz und Handlungsbedarf	5
5 Die neue Orientierung der deutschen Raumfahrtaktivitäten	6
5.1 Grundlegende Leitvorstellungen	6
5.2 Schwerpunkte der Raumfahrtförderung (Kernbereiche)	8
5.3 Inhaltliche Ausrichtung der Kernbereiche	8
5.3.1 Die Internationale Raumstation als multidisziplinäres Forschungslabor	8
5.3.2 Raumfahrtanwendungen in marktorientierten Geschäftsfeldern	9
5.3.3 Lösungsbeiträge der Raumfahrt für gesellschaftliche Aufgaben	13
5.3.4 Raumfahrt für wissenschaftliche Zielsetzungen	13
6 Maßnahmen zur Umsetzung der Neuorientierung der deutschen Raumfahrtaktivitäten	14
7 Ausblick	15
Anhang: Glossar	17

1. Einleitung

Nach dreißig Jahren ereignis- und erfolgreichen Engagements steht die deutsche Raumfahrt vor neuen Herausforderungen. Die Vision einer Internationalen Raumstation, in der Menschen aus unterschiedlichsten Ländern für friedliche Zwecke gemeinsam forschen und arbeiten, soll in den nächsten Jahren verwirklicht werden. Die europäische Beteiligung an der Raumstation sowie auch andere wichtige Programme, die einen bedeutenden deutschen Beitrag vorsehen, sind auf der ESA-Ministerratskonferenz in Toulouse im Oktober 1995 festgelegt worden. Über die satellitengestützte Kommunikation hinaus, bei der bereits eine auch kommerziell ausgestaltete Operationalisierung mit deutlichem wirtschaftlichem Erfolg praktiziert wird, müssen auch weitere neue Satellitenanwendungen entsprechende Reifegrade erreichen. Diese beiden Orientierungspunkte sowie die zunehmende Globalisierung der Wirtschaft, die auch die Raumfahrt betrifft, erfordern eine neue strategische Ausrichtung des Raumfahrtprogramms. Diese ist eng verknüpft mit der eingeleiteten Neuorientierung der deutschen Forschungslandschaft; sie zielt auf Innovationssteigerung und Konzentration auf wirtschaftliche Wachstumsbereiche durch eine verstärkte Zusammenarbeit von öffentlichen Forschungseinrichtungen mit der privaten Wirtschaft und Industrie. Auch die staatliche Raumfahrtförderung wird sich daher verstärkt auf Anwendungen konzentrieren, die primär nicht mehr technologiegetrieben, sondern von Nutzernachfragen getragen sind.

Die teilweise noch starke Abhängigkeit der Raumfahrtunternehmen von öffentlicher Förderung ist konsequent da zu lösen, wo sich weitgehend selbsttragende Bereiche entwickelt haben oder sich in überschaubaren Zeiträumen abzeichnen. Künftiges Wachstum der Raumfahrtindustrie wird in erster Linie am Markt erfolgen müssen. Die Raumfahrt hat seit Jahren einen gewichtigen Platz in der Gesamtför-

derung des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) und dies wird auch in Zukunft so sein. Trotz der künftig stärker auf Markterfordernisse ausgerichteten Raumfahrtspolitik muß die Förderung der Wissenschaft ihren hohen Stellenwert behalten.

Deutschland kann und will nicht, wie die USA oder Japan, sämtliche Disziplinen der Raumfahrt mit einer gleichmäßigen Tiefe abdecken. Deshalb sind in der deutschen Raumfahrt Schwerpunkte so zu setzen, daß die forschungs-, wissenschafts- und industriepolitischen Interessen Deutschlands gewahrt werden und Deutschland auch zukünftig ein verlässlicher internationaler Partner bleibt. Dies ist – bedingt durch die Globalisierung des Wettbewerbs und begrenzte eigene Ressourcen – vor allem im Rahmen arbeitsteiliger europäischer Ansätze erreichbar. Deutschland betrachtet daher die europäische Zusammenarbeit – insbesondere mit den ESA-Partnern – als Kern seiner Raumfahrtaktivitäten. Derzeit werden dafür ca. drei Viertel der deutschen Raumfahrtausgaben eingesetzt. Dieses Feld gilt es, aktiver zu gestalten und im Sinne gemeinsamer europäischer Interessen weiterzuentwickeln. Hierbei gewinnt die enge Abstimmung mit den europäischen Partnern, besonders mit Frankreich, zunehmend an Bedeutung.

Ziel dieses Konzeptes ist es,

- die politischen Leitlinien für die strategische Ausrichtung der deutschen Raumfahrt festzulegen, auch als Vorgabe für eine darauf aufbauende detaillierte Programmplanung durch DARA/DLR,
- eine inhaltliche Perspektive für die sich schrittweise ergebenden Handlungsspielräume aufzuzeigen,
- flankierende Maßnahmen abzuleiten, die zur Erreichung der Raumfahrtziele notwendig sind.

2. Raumfahrt für den Wissenschafts- und Wirtschaftsstandort Deutschland

Die Raumfahrt hat bis heute nichts von ihrer Faszination für die Menschen verloren. Das Geheimnis um den Ursprung des Weltalls und die Neugier, wie es auf den anderen Planeten des Sonnensystems oder gar außerhalb aussieht, beflügeln seit alters her die Phantasie und führen, unabhängig von wirtschaftlichen und beruflichen Interessen, zu einer intensiven Beschäftigung vieler Menschen mit derartigen Fragen. Angetrieben von einer langen historischen Entwicklung der Astronomie hat sich die Raumfahrt zunächst grundsätzlichen wissenschaftlichen Frage-

stellungen der Existenz des Universums und der Erde zugewandt, in den letzten Jahrzehnten aber zunehmend neue Dimensionen erschlossen und sich dabei als anspruchsvolles und aufsehenerregendes Hochtechnologiefeld ausgewiesen. Raumfahrt hat Querschnittscharakter und strahlt auf unterschiedlichste Bereiche in Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft aus. Dementsprechend wird die Raumfahrt in Deutschland zielgerichtet als ein Instrumentarium für zentrale wissenschaftliche und wirtschaftliche Aufgaben eingesetzt und auf die Anforderungen der

modernen Wissensgesellschaft ausgerichtet. Zu den gleichermaßen bedeutenden Kernaufgaben der Raumfahrt zählen:

- Raumfahrt als Instrument zur erkenntnisorientierten Erforschung von Weltall, Sonnensystem und Erde, wodurch auch immer wieder Anstöße für innovative Technologien gegeben werden,
- Raumfahrt zur Ausführung öffentlicher und kommerzieller Dienstleistungen besonders in den Bereichen Information/Telekommunikation, Verkehr und Ressourcenmanagement,
- Raumfahrt zur Bearbeitung gesellschaftlicher Aufgaben, zum Beispiel im Bereich der Umweltbeobachtung, Sicherheitspolitik und des Katastrophenschutzes.

Deutschland hat während der vergangenen dreißig Jahre viele herausragende Leistungen zur Erforschung von Weltall und Erde erbracht. Naturwissenschaftliche Erkenntnisse durch wissenschaftliche Missionen wie z. B. Rosat in der Astronomie und Galileo bei der aufsehenerregenden Erforschung des Jupiter haben unser Weltbild erweitert. Gleichzeitig wurden – vielfach aufbauend auf dem Know-how der raumfahrtbezogenen Grundlagenforschung – innovative Instrumente besonders für die satellitengestützte Erdbeobachtung entwickelt. Die biologische, medizinische und materialwissenschaftliche Forschung unter Weltraumbedingungen hat in Deutschland, z. B. durch die deutschen Spacelab-Missionen (D-1 und D-2) und die Beteiligung an europäischen und nationalen MIR-Vorhaben, einen hohen Stand erreicht. Aus diesen Erfahrungen und Kompetenzen heraus, auch hinsichtlich des Betriebsmanagements zur Steuerung komplexer Vorhaben hat Deutschland einen bedeutenden Anteil am europäischen Engagement zur Internationalen Raumstation übernommen.

In den anwendungsorientierten Feldern der Raumfahrt – Telekommunikation, Navigation, Erdbeobachtung und Startdienste für Satelliten – haben sich mit

jeweils abgestuften Reifegraden kommerzielle Märkte entwickelt, so daß die Privatindustrie dort zunehmend die Verantwortung für Betrieb und Nutzung und sogar – wie bei Telekommunikationssatelliten schon praktiziert – für Bau und Weiterentwicklung der Systeme übernehmen kann.

Diese Raumfahrtanwendungen kommen in zunehmendem Maße auch für die Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben zum Zuge. Das Einsatzspektrum der Satellitentechnik reicht schon derzeit von der Wetter- und Umweltbeobachtung über die Satellitennavigation bis hin zur Zusammenarbeit mit Entwicklungsländern. Zudem erlangen satellitengestützte Telekommunikation und Erdbeobachtung im sicherheitspolitischen Bereich strategische Bedeutung auch für Deutschland und seine europäischen Partner. Raumfahrt wird zunehmend ein unverzichtbares Instrument, das für die Erfüllung der ressortspezifischen Aufgaben von Bund und Ländern und darüber hinaus in der Europäischen Union wesentliche Vorteile durch teilweise neuartige Lösungsansätze bietet.

Die staatliche Förderung hat dazu beigetragen, über 2000 Arbeitsplätze in der Forschung an Hochschulen und Großforschungseinrichtungen und eine leistungsfähige Raumfahrtindustrie mit ca. 5000 hochqualifizierten Arbeitsplätzen bei einem Jahresumsatz von ca. 2 Mrd. DM aufzubauen. Die deutsche Raumfahrtindustrie wird wesentlich geprägt durch Systemfirmen und eine Reihe von spezialisierten Unternehmen für Subsysteme und Dienstleistungen in zahlreichen raumfahrtrelevanten Technologie- und Produktbereichen. Ein wesentlich größeres Beschäftigungspotential bieten Raumfahrt-Dienstleistungen nutzende Wirtschaftszweige, wie die Kommunikations- oder Medienindustrie. Deutschland verfügt über die Kompetenz, die Entwicklung und Produktion komplexer Systeme und Subsysteme selbst zu führen bzw. führend daran beteiligt zu sein, und kann so gestaltenden Einfluß auf internationale Projekte und Programme nehmen.

3. Das internationale Umfeld

Die politische Bedeutung eines autonomen Zugangs zum Weltraum, der Beobachtung des eigenen Territoriums (Wettervorhersage, Umweltbeobachtung, Katastrophenschutz) und fremder Gebiete (sicherheitspolitische Aspekte) aus dem Weltall sind in vielen Ländern die Motive für ein besonderes Engagement des Staates auf diesem Sektor. Dabei führen die Komplexität der Aufgaben, die Kostendimension von Raumfahrtvorhaben und ihre grenzüberschreitenden Anwendungsmöglichkeiten zu einer verstärkten internationalen Zusammenarbeit. Raumfahrt ist damit auch ein Element zur Gestaltung außenpolitischer Interessen.

Der internationale Charakter prägt sich auch zusehends durch die zunehmende Globalisierung des

Wettbewerbs auf dem Raumfahrtmarkt, die Konzentration im industriellen Bereich sowie die sich verstärkende internationale Kooperation in der Wissenschaft und Anwendung für öffentliche Aufgaben aus. Sichtbarste Zeichen dafür sind strategische Firmensallianzen und -fusionen sowie die globalen Projekte der Internationalen Raumstation und der Kooperation bei der satellitengestützten Wetter-, Klima- und Umweltbeobachtung. Innerhalb des Spannungsfeldes von globalem Wettbewerb und globaler Kooperation stehen die Staaten, aber auch die Unternehmen, vor der Aufgabe, tragfähige Konzepte für ihr Engagement in der Zukunftstechnologie Raumfahrt an der Schwelle zum 21. Jahrhundert zu entwickeln und umzusetzen.

Die führenden Nationen verstehen Raumfahrt als staatliches Handlungsfeld mit strategischer Bedeutung für das 21. Jahrhundert und stellen erhebliche Mittel bereit. Während auf der einen Seite die Raumfahrtbudgets klassischer Raumfahrtmächte wie USA, Rußland, Frank-

reich und Großbritannien unter dem Zwang der Haushaltskonsolidierung stehen, drängen Japan und zunehmend auch Länder wie China, Indien und Brasilien nach vorn. Wie die Tabelle zeigt, rangiert Deutschland dabei im Mittelfeld der maßgeblichen Raumfahrtnationen:

Öffentliche Raumfahrtausgaben und Beschäftigtenzahlen in der Raumfahrtindustrie ausgewählter Länder (1995; militärisch und zivil)

	USA	Japan	Frankreich	Deutschland	Italien	GB	Kanada	Indien	Brasilien
insgesamt (in Mrd. DM)	50,4	4,0	3,4	1,6	1,0	0,9	0,5	0,4	0,2
Anteil am BSP (in Promille)	5,3	0,7	1,8	0,5	0,6	0,6	0,6	1,0	0,3
Beschäftigte – Industrie	132 000	10 600	15 000	5 000	5 500	6 000	3 500	17 000	2 000

(Keine vergleichbaren Zahlen für Rußland und China verfügbar.)

Weltweit sind die USA mit fast drei Vierteln der globalen Ausgaben für staatliche Raumfahrtaktivitäten der bestimmende Akteur. Über den Schwerpunkt der Internationalen Raumstation hinaus, an der in internationaler Kooperation Rußland, Japan, Kanada und Europa mitbeteiligt sind, hat die NASA in ihrem strategischen Plan vom Februar 1996 bereits neue Unternehmungen („Enterprises“) beschrieben. Dabei sollen für die Zeit nach 2010 eine durch zahlreiche Kleinmissionen breit gestreute Präsenz im gesamten Sonnensystem, Explorationen und – schon früher – ein globales Erdbeobachtungssystem (IGOS) in internationaler Zusammenarbeit verwirklicht werden. Zudem wird die Entwicklung eines wiederverwendbaren Transportsystems der nächsten Generation vorangetrieben mit der Perspektive, das operationelle System privatwirtschaftlich zu betreiben, wobei der Staat allerdings der wesentliche Kunde bleiben wird. Als Modell dient die Entscheidung, den Betrieb des US-Shuttles der Industrie zu übertragen, wobei auch hier die Nachfrage durch öffentliche Aufträge maßgeblich bleibt. Die amerikanische Industrie kann sich hierbei, wie allgemein bei ihren kommerziellen Aktivitäten, auf einen starken Heimatmarkt – nicht zuletzt aus militärischen Aufträgen – stützen und dabei auch erhebliche Vorteile aus dem Dual-use ziehen.

Rußland versucht unter schwierigen ökonomischen Bedingungen seinen Raumfahrtbereich zu konsolidieren und möglichst hohen gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Nutzen durch Satellitenanwendungen und durch verstärkte Kommerzialisierung zu erzielen. Gleichzeitig wird Rußland seine große Erfahrung in der bemannten Raumfahrt in die Internationale Raumstation einbringen.

Japan hat – vor dem visionären Hintergrund einer Besiedlung des Weltraums durch den Menschen – in

seiner aktuellen Strategie die Nutzung des eigenen Labors an der Internationalen Raumstation, den autonomen Zugang zum Weltraum und die Erdbeobachtung hervorgehoben und will aktiv die internationale Kooperation vorantreiben.

Die ESA bildet mit ihren 14 Mitgliedsländern den Kern der europäischen Raumfahrtaktivitäten. Sie bündelt FuE-Mittel der Mitgliedstaaten, um gemeinsame große Programme zu realisieren. 1996 standen dafür über 6 Mrd. DM zur Verfügung. Schwerpunkte liegen bei der europäischen Beteiligung an der Internationalen Raumstation, der Entwicklung von Transportsystemen (ARIANE), der Wissenschaft, der Erdbeobachtung und der Navigation. Auf der Ministerkonferenz von Toulouse wurden hierzu langfristig wirksame Eckdaten gesetzt. Diese dienen seit Anfang 1996 den europäischen Raumfahrtnationen als Basis für ihre raumfahrtstrategischen Überlegungen. Für 1998 stehen strategische Richtungsentscheidungen im Bereich Transportsysteme an.

Frankreich, dessen Raumfahrthaushalt mehr als doppelt so groß ist wie der deutsche, konzentriert sich auf einen Erfolg der ARIANE-5 im internationalen Wettbewerb und möchte zudem eine führende Rolle bei der Realisierung eines neuen, gegebenenfalls bemannten, europäischen Raumtransporters spielen. Im nationalen Rahmen werden, wie bislang auch, die Erdbeobachtung und Telekommunikation für zivile wie militärische Anwendungen priorisiert und mit hohem Aufwand gefördert.

Italien hat im Juni 1996 einen Orientierungsrahmen für die nächsten zehn Jahre vorgelegt, dessen Hauptaussage die Steigerung der Aktivitäten im wissenschaftlichen Bereich und die Aufrechterhaltung einer bestimmenden Rolle auf den Feldern Telekommuni-

kation (unter Ausnutzung von Dual-use-Potentialen) und Navigation ist.

Unter den weiteren ESA-Partnern fallen *Großbritannien und Kanada (als assoziiertes Mitglied)* durch ein auf wenige kommerzialisierbare Felder (Telekommunikation und Erdbeobachtung) konzentriertes Engagement auf. Sie tragen nur in vergleichsweise geringem Umfang zu den gesamteuropäischen Aktivitäten bei. Für die erfolgreiche Umsetzung einer europäischen Raumfahrtspolitik muß darauf geachtet werden, daß sich die ESA-Mitgliedstaaten insgesamt mit den gemeinsamen Zielen identifizieren und sich entsprechend engagieren.

Die EU erhöht ihr Engagement in der Förderung von ausgewählten Technologieentwicklungen und Anwendungen der Raumfahrt in den Bereichen Telekommunikation, Navigation und Erdbeobachtung und koordiniert dabei ihre Aktivitäten mit der ESA. Sie tritt zudem als Gestalter von Rahmenbedingungen und als Nachfrager beispielsweise von Satellitendaten für den Umweltschutz und das Ressourcenmanagement auf.

Für *China, Indien und Brasilien* steht die Erreichung autonomer Weltraumnutzung sowie die Konzentration auf anwendungsbezogene Satellitentechnologien besonders im Bereich der Telekommunikation und Erdbeobachtung als Instrumente nationaler Entwicklung im Mittelpunkt staatlicher Aufbaustrategien. China hat sich darüber hinaus als Konkurrent auf dem kommerziellen Markt für Satellitenstarts etabliert. Indien hält eine weltweit führende Stellung auf dem Gebiet der Erdbeobachtung mit dem derzeit breitesten Angebot operationeller Satelliten und hochqualitativer Datenauswertung. Die Schwellenländer treten somit als Konkurrenten, aber auch als vielversprechende Kooperationspartner auf.

Deutschland orientiert sich bei der Teilnahme an der internationalen Zusammenarbeit an seinen raumfahrtpolitischen Interessen und Zielen. Dies mit der Maßgabe, die Effizienz der deutschen aber auch europäischen Raumfahrtaktivitäten durch das Erschließen von Synergien in den Programmen und Projekten zu erhöhen sowie die Wettbewerbsposition der deutschen Raumfahrtindustrie im europäischen Verbund zu stärken.

4. Bilanz und Handlungsbedarf

Eine Bilanzierung der bislang in Deutschland mit ca. 30 Mrd. DM seit Mitte der sechziger Jahre vorangehenden Raumfahrtforschung und Weltraumtechnik weist herausragende technische Leistungen und exzellente wissenschaftliche Ergebnisse auf. Deutschland hat auf dieser Grundlage industrielle und wissenschaftliche Kompetenz erworben, Infrastrukturen aufgebaut und Erfahrungen im Missionsbetrieb erworben. Insgesamt hat das weltweite Engagement in der Weltraumtechnik – auch wenn dabei technische Fehlschläge (wie z. B. beim Erststart der ARIANE-5) bei komplexen Systemen nie ganz auszuschließen sind – aufgrund der vielfältigen Einsatzmöglichkeiten von Satelliten die sozialen und ökonomischen Verhältnisse auf der Erde verändert, u. a. durch weltweite Kommunikationsmöglichkeiten.

Ein wesentlicher Teil des Umsatzes der deutschen Raumfahrtindustrie wird aus kommerziellen Geschäften erzielt, hauptsächlich mit der Produktion und Vermarktung von Subsystemen und Komponenten für die ARIANE-4 und für kommerzielle Satelliten. Der Anteil der klassischen Raumfahrtindustrie an der wirtschaftlichen Gesamtwertschöpfung in Deutschland stagniert jedoch und entspricht nicht ihrem eigentlichen Potential. Die deutsche Raumfahrtindustrie verstand sich in erster Linie als Entwickler innovativer Prototypen und Einzelsysteme. Das weitaus größeren Umsatz versprechende – allerdings investitionsintensive – Geschäft mit den Folgeprodukten aus der Raumfahrt, insbesondere raumfahrtgestützten Dienstleistungen, ist derzeit nur in Ansätzen realisiert.

Deutschen Unternehmen ist es bisher zu wenig gelungen, aus den Kerngeschäften heraus ihr Geschäftsfeld auf Dienstleistungen und den Betrieb dazu notwendiger Systeme auszuweiten. Die Zersplitterung der europäischen Raumfahrtindustrie sowie die schwierigen Abstimmungs- und Entscheidungsprozesse im europäischen Kontext im Zusammenspiel zwischen Wirtschaft und Staat tragen ein übriges dazu bei, daß sich deutsche Firmen auf den globalen Märkten schwer tun, dem Druck der starken Wettbewerber aus den USA und zunehmend auch aus Japan zu begegnen.

Der daraus abzuleitende Handlungsbedarf verlangt ein konzentriertes Vorgehen von Staat, Industrie, Wissenschaft und Nutzern: Der Staat ist gefordert, Raumfahrt da zu nutzen, wo sie effizientere Lösungen anbietet und sie dort zu fördern, wo eine beginnende kommerzielle oder öffentliche Nutzung flankiert werden muß. Die Industrie ist gefordert, ihre Geschäftsfelder zu erweitern und eine konsequente europäische Integration zu betreiben. Die Wissenschaft ist aufgefordert, bei der Durchführung ihrer spezifischen Forschungsprojekte auch mögliche technologisch nutzbare Potentiale aufzuspüren, die außerhalb der Weltraumforschung von Bedeutung sein könnten. Weiterhin müssen Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft enger zusammenarbeiten, um Forschungsergebnisse schneller in innovative Anwendungen umzusetzen. Hierzu sind in der Raumfahrt geeignete Leitprojekte zu definieren, die in besonderer Weise hohen Erkenntnisgewinn mit der Stimulierung technologischer Entwicklung und Innova-

tion sowie entsprechendem Marktpotential kombinieren.

Im globalen Wettbewerb kann Europa nur durch eine Bündelung seiner nationalen Kräfte eine maßgebliche Rolle spielen. Integraler Bestandteil der künftigen strategischen Ausrichtung der deutschen Raumfahrt wird es daher sein, eine europäische Zusammenarbeit und industrielle Umstrukturierung mitzugestalten. Insgesamt bedarf es dabei einer gemeinsamen, politisch zukunftsfähigen und auch finanziell realistischen Vorstellung darüber, welchen Platz Europa in der Raumfahrt in den nächsten Jahrzehnten einnehmen will.

Deutschland beschreitet seit Jahren im Rahmen seiner ESA-Mitgliedschaft konsequent den Weg der internationalen Kooperation bei bedeutenden Großprojekten, wie z.B. dem autonomen Zugang zum Weltraum. Um diese Zusammenarbeit im Hinblick auf die oben geschilderten Herausforderungen effektiver zu gestalten, müssen allerdings wesentliche Defizite in der ESA abgebaut werden. Darunter fallen die Kostenüberläufe bei der Finanzierung von Projekten, das Anwachsen der Managementkosten, die zu wenig an den Beiträgen der Mitgliedstaaten ausgerichteten Abstimmungsverfahren und die in-

zwischen wettbewerbs- und leistungshemmende Industriepolitik.

Die im Frühjahr 1997 eingeleitete Umorientierung der ESA-Industriepolitik mit einer stärkeren Betonung wettbewerbsorientierter Gestaltung der Programme muß konsequent weitergeführt werden. Darüber hinaus müssen die Gesamtausrichtung der ESA, ihre Aufgaben und ihre Stellung im Rahmen des europäischen Integrationsprozesses in den nächsten Jahren politisch neu bewertet und bestimmt werden.

In weiten Bereichen der Weltraumwissenschaften, die vielfach Wegbereiter internationaler Zusammenarbeit sind, hat Deutschland seit jeher eine Spitzenstellung eingenommen. Diese soll auch in Zukunft erhalten bleiben. Aus dieser Position heraus gilt es, weiter Einfluß auf die Themen künftiger Wissenschaftsprogramme in der ESA und im weiteren internationalen Rahmen zu nehmen. Dabei muß in die Überlegungen von Anfang an mit einbezogen werden, wie die sich in der Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Herausforderungen ergebenden technologischen Innovationspotentiale systematischer erkannt und für eine Anwendung in der Wirtschaft genutzt werden können.

5. Die neue Orientierung der deutschen Raumfahrtaktivitäten

5.1 Grundlegende Leitvorstellungen

In Einklang mit seinen raumfahrtpolitischen Interessen will Deutschland weiter eine treibende Kraft der europäischen Raumfahrt bleiben, die künftig noch an technologischer und kommerzieller Wettbewerbsstärke gewinnen muß. Anwendungen und Nutzung treten in den Vordergrund. Von der Raumfahrt werden dadurch stärkere Impulse für wirtschaftliches Wachstum und infolge ihrer Ausstrahlung auf angrenzende Wirtschaftsbereiche auch die Schaffung neuer Arbeitsplätze erwartet. Die Umsetzung der neuen Orientierung erfordert einen Umbruch im Denken aller beteiligten Partner und ein neuartiges Zusammenwirken von staatlicher Förderung, Industrie und Wissenschaft im Sinne einer *public-private-partnership*. Eine entsprechende Bündelung der Kräfte und eine Abstimmung über langfristige Orientierung ist eine wesentliche Voraussetzung, um durch steigende nationale Wettbewerbsfähigkeit eine Antwort auf die Herausforderungen im europäischen und internationalen Rahmen geben zu können. Das BMBF plant dazu, bei Vorliegen von schlüssigen Industriekonzepten mit kommerzieller Ausrichtung, die Anstrengungen der Industrie mit den klassischen, aber auch – in Abstimmung mit dem Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) – weiteren Instrumenten der Forschungsförderung, wie etwa Risikokapitalbeteiligungen und Abnahmegarantien (z. B. für Satellitendaten), aktiv zu unterstützen.

Mit den Beschlüssen der ESA-Ministerkonferenz von Toulouse zur Beteiligung an der Internationalen Raumstation, zur Markteinführung der neuen Träger Rakete ARIANE-5 und zum Wissenschaftsprogramm sowie weiteren bestehenden Verpflichtungen, z. B. in den Bereichen Meteorologie und Navigation, sind die Inhalte und der finanzielle Umfang des deutschen Weltraumengagements im ESA-Bereich für die nächsten zehn Jahre weitgehend festgelegt und müssen jetzt erfolgreich umgesetzt werden. Die verbleibenden, wenn auch geringen, sowie sich in kommenden Jahren öffnende Handlungsspielräume im nationalen wie im internationalen Rahmen sind so zu gestalten, daß schon heute die Weichen für nachfolgende Aktivitäten im Sinne der Neuorientierung gestellt werden. Im nationalen Programm, in dem nationale und internationale Raumfahrtaktivitäten außerhalb der ESA-Beteiligung durchgeführt werden, sind die aktuell bestehenden Verpflichtungen kürzer befristet. Der sich dadurch schneller ergebende Handlungsspielraum muß genutzt werden, um zunächst die Neuorientierung in den nationalen Projekten zu erreichen und darauf aufbauend die Interessen der deutschen Raumfahrt im internationalen Umfeld wirksamer durchzusetzen. Um diesen Prozeß zu intensivieren, wird unter Würdigung der programmatischen Auswirkungen angestrebt, mittelfristig das nationale Programmbudget in Relation zum ESA-Beitrag zu erhöhen.

Industriepolitik

Ein Wachstum der Raumfahrtunternehmen kann nur durch Erfolge am Markt und in unternehmerischer Eigenverantwortung erzielt werden. Während national die staatliche Förderung eng abgestimmter Zusammenarbeit zwischen Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen in Leitprojekten prioritär wird, muß sich bei der industriellen Umstrukturierung der Firmen auf europäischer Ebene der Staat auf flankierende Maßnahmen beschränken, dabei jedoch vor allem geeignete politische Rahmenbedingungen schaffen. Die Planungssicherheit durch die Beschlüsse von Toulouse im ESA-Rahmen geben der Industrie ein solides Fundament, das sie zum Umsteuern ihrer Kapazitäten in Richtung kommerzieller Märkte nutzen muß. Hierzu können staatliche Beschaffungsmaßnahmen im sicherheitspolitischen Bereich, die ein großes Synergiepotential für zivile Anwendungen besitzen, bei ihrer Umsetzung zusätzlich beitragen. Raumfahrt soll sich als Kristallisationspunkt für neue Geschäftsfelder kontinuierlich entwickeln. Die Nutzung des Mehrwertes von Schlüsseltechnologien muß geschäftsfeldübergreifend umgesetzt werden. Einige Unternehmen praktizieren bereits erfolgreich den Transfer von Raumfahrttechnologien in andere Produktbereiche des eigenen Unternehmens.

Die Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie auf internationalen Märkten setzt eine schlagkräftige Struktur und eine Bündelung der Kräfte voraus. Solche Entwicklungen dürfen nicht durch das Festhalten an wettbewerbsverzerrenden Verfahren behindert werden. Der ESA wächst hier in enger Abstimmung mit den Mitgliedstaaten und der EU besondere industriepolitische Verantwortung zu, der sie allein mit den bisher angewandten Instrumenten, wie dem Prinzip des ausgewogenen geographischen Rückflusses, nicht mehr gerecht werden kann.

Wissenschaftspolitik

Für die erkenntnisorientierte Forschung bleibt die Raumfahrt auch in Zukunft ein unverzichtbares Instrument zur Ergänzung terrestrischer Forschung. Die wünschenswerte Kontinuität bei wissenschaftlichen Missionen bis hin zur Steigerung der Flugfrequenz sollte – im Rahmen vorgegebener Finanzierungsmöglichkeiten – durch Verbesserung des Preis/Leistungsverhältnisses z.B. durch kleine und kostengünstige Missionen erreicht werden. Im Rahmen der Raumfahrtprogramme sollen weiterhin die notwendigen Infrastrukturmaßnahmen, wie Satelliten oder Fluggelegenheiten, für anspruchsvolle wissenschaftliche Vorhaben und Missionen gefördert werden. Die Finanzierung von nutzungsspezifischen wissenschaftlichen Instrumenten, der wissenschaftlichen Begleitung in der Vorbereitungs- und Betreuungsphase sowie der Auswertung und Nachbereitung der Ergebnisse wird aber schrittweise und differenziert von den Nutzern bzw. von denjenigen Stellen übernommen werden müssen, die diese Forschungen in Auftrag geben oder deren Ergebnisse und Daten weiter verwenden. Damit soll erreicht werden, daß das Ausmaß, in dem neue wissenschaftliche Daten produziert werden, von der Nachfrage bzw. Verwertung gesteuert wird.

Universitäten und Einrichtungen wie die DFG und MPG tragen schon heute – in sehr unterschiedlichem Ausmaß – zur Finanzierung solcher Arbeitspakete bei. Entsprechende Engagements werden insbesondere von den Fachprogrammen der Nutzerressorts und des BMBF erwartet, die die wissenschaftlichen Ergebnisse als Beitrag zur Lösung ihrer Fragestellungen nutzen, wie beispielsweise Erdbeobachtungsdaten aus dem operationellen Betrieb der Satelliten ERS-1 und ERS-2 für die Umweltforschung und -beobachtung. Die stärkere finanzielle Beteiligung der Nutzer eröffnet ihnen eine entsprechende Verantwortung bei der Auswahl inhaltlicher Schwerpunkte und Gestaltungsmöglichkeiten bei ihrer Umsetzung.

Exzellente Raumfahrtforschung setzt wissenschaftlichen Wettbewerb untereinander und mit terrestrischen Forschungsvorhaben voraus. Der Einsatz der Raumfahrt als Instrument der Forschung muß daher künftig unter zunehmender Beachtung korrespondierender terrestrischer Forschung im Hinblick darauf evaluiert werden, wie vorgesehene Forschungsziele am besten erreicht werden können. Dies bezieht sich insbesondere auf die Bereiche Materialforschung, biologische Forschung, Astronomie und Astrophysik sowie Umwelt- und Klimaforschung. Eine enge Abstimmung und Verzahnung der wissenschaftlichen Raumfahrtvorhaben mit den wissenschaftlichen Programmen außerhalb der Raumfahrt ist deshalb sicherzustellen.

Management

Ein Umdenken ist auch in der verfolgten Programm- und Missionsphilosophie sowie im Projektmanagement erforderlich. Alle durch technischen Fortschritt gegebenen Chancen, Raumfahrtvorhaben – ohne Abstriche in der Qualität – kleiner und billiger zu machen, sind konsequent wahrzunehmen. Bereits die Planung von Projekten hat den vorgegebenen finanziellen Orientierungsrahmen zu beachten, damit nicht zunächst das technisch Wünsch- und Machbare im Vordergrund steht und dann erst festgestellt wird, daß es außerhalb der Finanzierungsmöglichkeiten liegt. Hierzu ist das *Design-to-budget*-Prinzip konsequent umzusetzen. Die Programmplanung muß dazu auch eine angemessene Risikovorsorge beinhalten, denn Raumfahrt als komplexe und Neuland erobernde Technologie birgt immer das Risiko von Mehrkosten.

Durch die Förderung von Leitprojekten soll die Zusammenarbeit von Forschung und Industrie dahingehend stimuliert werden, Kapazitäten auf gemeinsame Ziele auszurichten und Entwicklungsergebnisse schneller anzuwenden. Durch die Intensivierung des Technologietransfers soll die Raumfahrt stärker von anderen Technologien profitieren und umgekehrt. Hierzu sind Felder wie die Mikrosystemtechnik, Antriebstechnologie sowie Automation und Robotik besonders geeignet.

Die nationale und internationale Umsetzung der neuen Orientierung erfordert ein straffes Raumfahrtmanagement. Durch die Zusammenführung von DARA und DLR werden national die Weichen gestellt, um folgende Ziele zu erreichen:

- Stärkung der deutschen Raumfahrt durch Zusammenfassung von Forschung, Betrieb von Großgeräten und Bodenanlagen sowie Raumfahrtplanung und -management dieser beiden Einrichtungen,
- Gewährleistung der nahtlosen Umsetzung der Leitlinien der Bundesregierung,
- Effizienzsteigerung der Zusammenarbeit mit den Bundesressorts, insbesondere mit dem BMBF sowie mit der Wirtschaft,
- wirksamere Vertretung der deutschen Raumfahrtspolitik auf internationaler Ebene, insbesondere in der ESA.

Innerhalb der ESA wird von Deutschland darauf hingewirkt, bestehende Verfahren im Sinne effizienteren Programm- und Projektmanagements zu verändern. Der hohe Anteil der Managementkosten an den Programmen ist durch eine Straffung der Arbeitsweise der ESA zu reduzieren. Weiterhin sind analog zu den Bestrebungen in der EU die Abstimmungsverfahren besonders bei programmatischen Entscheidungen dahin gehend zu modifizieren, daß Mehrheitsentscheidungen, auch auf der Basis gewichteter Stimmen gemäß der Projektbeteiligung, weitgehend die Praxis einstimmiger Beschlüsse ablösen.

5.2 Schwerpunkte der Raumfahrtförderung (Kernbereiche)

Unter Zugrundelegung dieser Leitvorstellungen lassen sich die Schwerpunkte der deutschen Raumfahrtförderung auf folgende Kernbereiche abbilden:

- *Wahrnehmung der Führungsrolle innerhalb Europas bei der Internationalen Raumstation*
Dies betrifft Bereitstellung und Nutzung des COF als europäisches multidisziplinäres Forschungslabor einschließlich der Wahrnehmung bedeutender Betriebsaufgaben durch bestehende Bodeneinrichtungen in Deutschland. Vorrangige Nutzer der Raumstation sind die wissenschaftlichen Disziplinen, von denen zur Zeit national und international ein Nutzungskonzept entwickelt wird. In die entsprechenden Programmlinien im Raumfahrtprogramm werden zunehmend die Nutzungsmöglichkeiten der Raumstation integriert. Insgesamt soll die Nutzung der Raumstation auf eine breite Basis gestellt werden, die auch eine Beteiligung relevanter EU-Programme einschließt. Besondere Anstrengungen sind zu unternehmen, um eine teilweise kommerzielle Nutzung der Station für anwendungsorientierte Forschungsvorhaben zu erreichen.
- *Konzentration der Förderung auf Flankierung privatwirtschaftlichen und öffentlichen Engagements*
Ziel ist die Stärkung des Wirtschafts- und Technologiestandortes Deutschland. Zu diesem Zweck werden staatliche FuE-Mittel zukünftig auf solche Schwerpunkte konzentriert, die eine erkennbare kommerzielle oder öffentliche Anwendungsperspektive besitzen. Dies sind insbesondere die Na-

vigation und Kommunikation sowie der Raumtransport. Die Erschließung neuer Anwendungsbereiche und kommerzieller Felder der Zukunft wird kurzfristig durch Pilot- und Demonstrationsvorhaben und langfristig durch Leitprojekte ausgewählter Technologiethemen vorbereitet. Eine Eigenbeteiligung der Anbieter und Nutzer, Konzepte für z. B. nachgelagerte kommerzielle Dienstleistungen oder eine nachgewiesene „Hebelwirkung“ der staatlichen Fördermittel in bezug auf den kommerziellen Umsatz sind entscheidende Förderkriterien.

– *Konsequenter Einsatz der Raumfahrt zur Lösung gesellschaftlicher Aufgaben*

Die Raumfahrt muß ihre Lösungskompetenz für Anforderungen der Wissens- und Mobilitätsgesellschaft, der Sicherheits-, Verkehrs-, Umwelt- und Entwicklungspolitik einbringen. Raumfahrtsysteme, die für sicherheitspolitische Aufgaben entwickelt werden, eröffnen Möglichkeiten des Dualuse, die auch für zivile Anwendungen ausgeschöpft werden müssen. Deutschland hat sich im Rahmen der 1992 getroffenen Vereinbarungen der UNCED zu einem deutlichen Beitrag zur Umweltüberwachung und zum Verständnis des Ökosystems Erde verpflichtet. Die Akzentuierung der Klima- und Umweltforschung innerhalb der wissenschaftlichen Raumfahrtaktivitäten soll dazu einen Beitrag leisten.

– *Kontinuität bei der Wissenschaft unter stärkerer Eigenbeteiligung der wissenschaftlichen Nutzer*

Die Raumfahrt wird auch zukünftig auf den Gebieten Forschung unter Weltraumbedingungen, Erdbeobachtung und Extraterrestrik einen wesentlichen Beitrag leisten, allerdings mit einer modifizierten Akzentuierung. Raumfahrt versteht sich weiterhin als ein Instrument erkenntnisorientierter Forschung, wobei künftig eine stärkere finanzielle Eigenbeteiligung der wissenschaftlichen Nutzer angestrebt wird. In Zukunft wird die Forschung im Weltraum zunehmend mit korrespondierenden terrestrischen Schwerpunkten abgestimmt und im Wettbewerb mit ihnen bewertet. Darüber hinaus sollen auch Vorhaben ihre Chancen behalten, die sich innerhalb neuartiger Ansätze in der Raumfahrtforschung entwickeln.

5.3 Inhaltliche Ausrichtung der Kernbereiche

5.3.1 Die Internationale Raumstation als multidisziplinäres Forschungslabor

Die Beteiligung Deutschlands an der Internationalen Raumstation leitet sich neben technologischen und wissenschaftlichen Zielsetzungen auch aus politischen, insbesondere außen- und bündnispolitischen Erwägungen ab. Die Raumstation wird im ersten Jahrzehnt des nächsten Jahrhunderts die einzige bemannte Forschungsstation im Weltraum sein. Über den wissenschaftlich-technischen Aspekt hinaus wird die Raumstation als das weltgrößte Technologieprojekt einen Meilenstein globaler Zusammenarbeit

darstellen. Die gleichberechtigte Beteiligung der russischen Seite, die als einzige über langfristige Erfahrungen mit dem Betrieb einer Raumstation im All verfügt, ist ein zusätzlicher Antriebsfaktor für die Verwirklichung dieses visionären Zieles. Die Raumstation ist damit ein unübersehbares Signal für die neue Qualität der Partnerschaft nach dem Ende des Kalten Krieges. Mit den ab 2002/2003 verfügbaren Laborkapazitäten wird ein weites Spektrum multidisziplinärer Forschungsaktivitäten in den Bereichen Forschung unter Weltraumbedingungen (Mikrogravitation), Erforschung des Weltalls, Erdkunde und Technologie ermöglicht. Die Raumstation bietet Umweltbedingungen für physikalische, chemische, biologische und physiologische Experimente, die sich auf der Erde nicht realisieren lassen.

Die Raumstation wird für die nächsten Jahre das zentrale Aktionsfeld der deutschen Raumfahrt sein. Wichtiges Anliegen Deutschlands ist ihr Einsatz in drei Bereichen: Wissenschaft, angewandte Forschung und industrielle Nutzung. Dabei soll der Zugang zur Raumstation über die ESA, bilaterale Kooperationen mit den Betreibern anderer Labors (USA, Rußland, Japan) sowie – für kommerzielle Anwendungen – über einen „national verwalteten“ Zugang ermöglicht werden. Weiterhin sollen die bereits für Raumstationsaufgaben eingerichteten deutschen Bodeneinrichtungen (Nutzerunterstützungszentrum MUSC, Bodenbetriebszentrum GSOC und Crew-Trainingszentrum CTC) voll genutzt werden. Ähnlich wie in den USA wird zu gegebener Zeit die Überführung von Betriebsaufgaben in industrielle Verantwortung zu prüfen sein, unter der Voraussetzung, daß damit diese Aufgaben ohne Abstriche in der Qualität zu günstigeren Kosten erbracht werden können.

Schon heute müssen die notwendigen Maßnahmen getroffen werden, um die Nutzung der Raumstation angemessen vorzubereiten. Hierzu werden die Nutzungsmöglichkeiten der Raumstation konsequent in die relevanten Programmlinien integriert. Weiterhin beteiligt sich Deutschland – im Einklang mit seinem hohen Anteil an den späteren Raumstations-Betriebskosten – an den Vorbereitungsmissionen und der „Frühen Nutzung“ der Raumstation, die mit der Bereitstellung der ersten US- und russischen Module im All planmäßig ab 1998 beginnt. Ziel ist, die Kontinuität und Evolution von Wissenschaft und Betriebseinrichtungen sowie die Erweiterung von industriellem Know-how zu ermöglichen. Die Forschung auf der Raumstation ist dabei integraler Bestandteil terrestrischer Forschungsprogramme. Auch die Förderprogramme der EU, insbesondere des anstehenden 5. Forschungs-Rahmenprogramms, sind hierfür zu schließen.

Die Forschung unter Weltraumbedingungen wird auf absehbare Zeit das dominierende Nutzungsfeld der Internationalen Raumstation darstellen. Sie verfolgt als grundsätzliches Ziel, den Weltraum mit seinen spezifischen Umgebungsbedingungen zu nutzen, um grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse in der Materialforschung, Biologie und Medizin zu gewinnen, anwendungsrelevante terrestrische Technologien und Verfahren zu verbessern bzw. zu entwickeln und die medizinisch-wissenschaftlichen Grund-

lagen für den Aufenthalt des Menschen im Weltraum zu untersuchen. Dazu werden – neben der Raumstation als zentraler Fluggelegenheit – auch ergänzende Experimentiermöglichkeiten (z. B. Höhenforschungsraketen und der Fallturm) eingesetzt.

Deutschland besitzt in den Gebieten Metallurgie, Kristallzüchtung von elektronischen Halbleitern, Gravitations- und Strahlenbiologie, Herz/Kreislauf- und Hormonstoffwechselforschung international eine Spitzenstellung und verfügt über eine ausgezeichnete Expertise auf dem Gebiet der Erfassung und Charakterisierung der Umgebungsbedingungen im erdnahen Weltraum. Diese Spitzenstellungen führen zunehmend auch zu industriell verwertbaren Forschungsergebnissen. Die projektorientierte Zusammenarbeit von Forschung und Industrie hat sich dabei in der Vergangenheit bewährt und soll intensiviert werden. Innovationsorientierte Themen werden auch in der internationalen Zusammenarbeit priorisiert, so kooperieren Deutschland und Japan auf dem Gebiet der Verbrennungsforschung.

Eine detaillierte Nutzungsplanung bis auf die Ebene einzelner Experimente wird mit kurzem Vorlauf vor der Inbetriebnahme der Internationalen Raumstation erfolgen, um die notwendige Aktualität der Forschungsarbeiten zu gewährleisten. Neben der Wissenschaft sind insbesondere kommerzielle und industrielle Nutzergruppen angesprochen, die Möglichkeiten der Raumstationsnutzung zur Verbesserung und Erweiterung ihres Produktspektrums wahrzunehmen.

5.3.2 Raumfahrtanwendungen in marktorientierten Geschäftsfeldern

Der Zugang zum Weltraum wird durch die Startdienste mehrerer Länder sichergestellt, da wirtschaftliche und vor allem politische Interessen die Entwicklung von Trägerraketen weltweit vorantreiben. Das weltweite Marktvolumen für zivile Satellitenstarts betrug für die Jahre 1990 bis 1995 8,5 Mrd. US-\$. Für den Zeitraum von 1996 bis 2010 wird ein Marktvolumen von 29 bis 35 Mrd. US-\$ prognostiziert. Die europäische Trägerrakete ARIANE mit ihrem erfolgreichen Modell ARIANE-4 nimmt dabei eine herausgehobene Stelle ein, da sie heute mit einem Anteil von über 50 % Marktführer auf dem Weltmarkt für kommerzielle Satellitenstarts ist. Der Schlüssel zum Erfolg liegt in der Doppelstartkapazität der ARIANE und ihrer Optimierung für den unbemannten Nutzlasttransport.

Um diese Position ungeachtet der auf den Markt drängenden Konkurrenzprodukte aus den USA, Rußland, China, Japan und möglicherweise Indien auch in Zukunft zu halten, ist die Weiterentwicklung und Vermarktung der Folgerakete ARIANE-5 eine prioritäre strategische Zielsetzung der europäischen Raumfahrtspolitik. Deutschland wird sich an dieser Aufgabe substantiell beteiligen. Der deutsche industrielle Anteil an der ARIANE-5 beträgt ca. 20 % und umfaßt sowohl anspruchsvolle Technologien, wie z. B. das Schubkammersystem für das Vulcaintriebwerk, das Zweistufentriebwerk, Lagekontrollsysteme, Boostergehäuse, Hochdruckspeichertanks und Tankböden,

als auch Integrationsaufgaben und Bodeneinrichtungen der Startanlagen sowie umfangreiche Qualifikations- und Abnahmetests. Diese Geschäftsfelder sollte sich die deutsche Industrie langfristig sichern.

Neben den Arbeiten an der ARIANE-5 sind Entscheidungen für zukünftige Trägersysteme vorzubereiten. Die Überlegungen gehen davon aus, daß etwa ab dem Zeitraum 2010 bis 2015 nur kommerzielle Chancen für Trägersysteme bestehen, die zu drastisch gesenkten Kosten angeboten werden können. In diesem Zusammenhang werden insbesondere teilweise oder voll wiederverwendbare Systeme diskutiert. Die USA haben auf breiter Ebene mit der Entwicklung von wiederverwendbaren Systemen begonnen, mit der klaren Zielsetzung, die verlorengegangene Marktführung beim Raumtransport wiederzugewinnen. Für die deutsche Raumfahrtpolitik ist, auch wegen der auf diesem Feld besonders ausgeprägten Kommerzialisierungsperspektiven und der Folgewirkung auf alle anderen Raumfahrtaktivitäten, die Weiterentwicklung der Transportsysteme eine prioritäre Aufgabe. Deutschland setzt sich dafür ein, daß Europa mittelfristig Initiativen ergreift, um die mit der ARIANE aufgebaute Marktposition auch langfristig halten zu können. Zunächst wird dies Maßnahmen umfassen, um die Zuverlässigkeit und Einsatzflexibilität der ARIANE-5 zu steigern und die Wirtschaftlichkeit durch die deutliche Reduzierung der Fertigungs- und Betriebskosten zu erhöhen. Parallel muß damit begonnen werden, Konzepte und Technologien für die nächste Generation von Raumtransportsystemen voranzutreiben, mit deren Entwicklungen nach dem Jahre 2000 begonnen werden müßte. Um die verschiedenen Optionen technisch zu untersuchen und das Entwicklungsrisiko einschätzen zu können, sind Vorentwicklungen auf Schlüsselgebieten wie den kryogenen Antrieben und wiederverwendbaren Strukturen erforderlich. Solche Arbeiten werden bereits im Rahmen von Technologieprogrammen und auch in Sonderforschungsbereichen der DFG durchgeführt.

Angesichts der mit derartigen Transportsystemen verbundenen Kostendimensionen ist allerdings auch eine internationale Zusammenarbeit nach dem Beispiel der Internationalen Raumstation zu prüfen, wobei eine gleichberechtigte europäische Beteiligung nur auf der Grundlage eigener Technologievorläufe sichergestellt werden kann.

In Abwägung der erkennbaren kommerziellen Perspektiven konzentriert sich Deutschland auf die Absicherung des Markterfolges bei unbemannten Systemen. Demgegenüber ist eine Beteiligung an bemannten Transportsystemen derzeit nicht vordringlich, auch weil die Zugangsmöglichkeiten zur Internationalen Raumstation durch die Kooperation mit den USA und Rußland langfristig gesichert und über den Zugang zur Raumstation hinaus keine Anwendungen in Sicht sind.

Der Markt für kleine Träger liegt im Transport von Satelliten bis zu ca. 1,5 t für operationelle Dienste. Von der deutschen Industrie verfolgte Konzepte für kleine Träger sind Abwandlungen oder Kombinationen vorhandener, vor allem russischer Systeme. Da

das Risiko für Anpaßentwicklungen als gering eingestuft wird und die Zielrichtung der kommerzielle Markt ist, werden hier privatwirtschaftliche Initiativen erwartet, die gegebenenfalls staatlich flankiert werden können. Kleine Träger könnten auch in das Betätigungsfeld von ARIANE-Space zur Abrundung ihrer Angebotspalette fallen. In diesem Zusammenhang ist die bisherige Rolle der ARIANE-Space zu überdenken: Sie sollte sich von der reinen Vermarktung der ARIANE hin zu einem „Raumtransportunternehmen“ entwickeln, das, auf die Anforderungen des Marktes reagierend, die nachgefragten Transportmöglichkeiten bereitstellt.

Die *satellitengestützte Kommunikation* ist der klassische Bereich für die kommerzielle Nutzung der Weltraumtechnik. Sie konkurriert insbesondere in dicht besiedelten Gebieten mit der leitungsgebundenen Kommunikation und der terrestrischen Mobilkommunikation, ergänzt diese aber bei der globalen Informationsverteilung. Die TV-Verteilung, die weltweite Mobilkommunikation und die Einbindung von Fernmeldesatelliten in die „Global Information Infrastructure“ repräsentieren ihre vorrangigen kommerziellen Einsatzfelder. Diese Bereiche zeichnen sich durch hohe Zuwachsraten in einem globalen Markt aus und eröffnen Export-Chancen für die deutsche Industrie. EU-Marktprognosen gehen für den Zeitraum von 1996 bis 2005 von weltweiten Umsätzen in Höhe von 15 bis 20 Mrd. US-\$ für neue Satelliten, 35 bis 50 Mrd. US-\$ für den Betrieb, 60 bis 90 Mrd. US-\$ für Bodenstationen und Terminals und weiteren 150 bis 200 Mrd. US-\$ für nachgeschaltete Dienste aus.

Aufgrund bisheriger Fördermaßnahmen haben sich deutsche Unternehmen international eine technische Spitzenposition erarbeitet und halten in einigen Schlüsseltechnologien auf Subsystem- bzw. Geräteebene einen zum Teil erheblichen Anteil am Weltmarkt. Für dieses Geschäftsfeld ist die „Hebelwirkung“ von Fördermaßnahmen sehr ausgeprägt: Kommerzielle Umsätze, die um ein Vielfaches über den eingesetzten Fördermitteln liegen, sind erreicht worden.

Die technologische Kompetenz zur Gesamtsystemfähigkeit großer Kommunikationssatelliten ist in Deutschland nicht mehr vorhanden. Deutsche Unternehmen müssen daher im Rahmen von internationalen Kooperationen und strategischen Allianzen als gewichtiger Partner Konkurrenzfähigkeit am Weltmarkt für Satellitengesamtsysteme anstreben und dazu ihre technologische Kompetenz halten und erweitern. Staatliche Unterstützung für ein solches Vorgehen kann nur dann erfolgen, wenn schlüssige Industrie konzepte und unternehmerische Initiativen vorliegen.

Die Förderung im nationalen Programm ist eng mit den ESA-Aktivitäten und entsprechenden EU-Programmen zu verzahnen. Im Rahmen des nationalen Programms wird bei allen Vorhaben eine deutliche Eigenbeteiligung der Industrie vorausgesetzt. Prioritär sind dabei Entwicklungsfelder, auf denen entweder deutsche Unternehmen konkurrenzfähig sind und es nun gilt, errungene Wettbewerbspositionen

zu stärken und auszubauen, wie z. B. auf den Gebieten Wanderfeldröhren, Verstärkertechnologie und Multiplexer, oder risikoreiche Entwicklungen zur Erschließung neuer Geschäftsfelder zu beginnen. Ergänzend zum klassischen Instrument der Förderung technologischer Entwicklung plant hier das BMBF – abgestimmt mit BMWi –, künftig verstärkt Förderinstrumente zur Markterschließung (Risikobeteiligung, Bürgschaften) einzusetzen. Durch die Beteiligung an ESA-Programmen soll die deutsche Industrie unterstützt werden, in Projekten mitzuwirken, die in einem europäischen Firmenverbund abgewickelt werden. Die EU-Programme zielen auf zukünftige Anwendungen und Demonstrationsmissionen ab. So soll im Rahmen der Transeuropäischen Netze (TEN) die Einbindung von Kommunikationssatelliten beim Aufbau von Datenautobahnen zur weltweiten Vernetzung erprobt werden.

Satellitengestützte Ortungs- und Navigationssysteme gewinnen mit zunehmender Verbreitung neuer Technologien im Verkehr und in anderen Bereichen der Wirtschaft und Gesellschaft, wie z. B. in der Geodäsie, in der Landwirtschaft oder bei Freizeitaktivitäten, ständig an Bedeutung. Für den Verkehr als Hauptnutzer bietet die satellitengestützte Navigation eine Basis für den Aufbau einer integrierten Verkehrssteuerung, die für alle Anwendungsbereiche der Luftfahrt, Schifffahrt und des Landverkehrs zum Einsatz kommen kann. Das Zusammenwirken der terrestrischen und raumgestützten Möglichkeiten eröffnet eine Fülle von Perspektiven für kommerzielle Anwendungen und Mehrwertdienste, die in Bedeutung und Auswirkung heute erst ansatzweise abzuschätzen sind. Die EU betrachtet die Satellitennavigation als Schlüsselement eines künftigen Telematikkonzepts. Mit dem Übergang zum 21. Jahrhundert werden für dieses Geschäftsfeld ein bedeutendes Wachstum und eine dynamische Marktentwicklung erwartet. Dies betrifft sowohl das Raumsegment, die Bodeninfrastruktur und insbesondere die Endgeräte als auch die Nachfrage nach satellitengestützten Diensten. Allein der vom Verkauf von Empfängern bestimmte Markt wies 1995 einen Umsatz von 1,2 Mrd. US-\$ auf. Marktabschätzungen gehen von weltweit 8,5 Mrd. US-\$ (davon 2,5 Mrd. US-\$ in Europa) im Jahre 2000 und bis zu 20 Mrd. US-\$ im Jahre 2010 aus.

Die derzeit operationellen Satellitennavigationssysteme Amerikas (GPS) und Rußlands (GLONASS) sind für militärische Aufgaben Anfang der siebziger Jahre entwickelt und für die zivile Nutzung eingeschränkt und ohne Garantien einer ständigen Verfügbarkeit der Satellitendaten freigegeben worden. Für GPS wurde 1995 und für GLONASS 1996 die volle operationelle Einsatzfähigkeit erklärt. Sie erfüllen auch bei einem weitergehenden Abbau der militärischen Restriktionen nicht alle Anforderungen für die zivile Nutzung insbesondere in Anwendungsbe-
reichen mit hohen Ansprüchen an die Genauigkeit und Zuverlässigkeit. Daher werden von ziviler Seite in den USA, Europa und Japan technische Ergänzungen im Raum- und Bodensegment zu GPS und GLONASS entwickelt. Diese Erweiterungen sollen untereinander kompatibel sein und die militärischen Systeme soweit verbessern, daß eine zivile Verwen-

dung auch als primäres Navigationsmittel für die Flugführung möglich ist. Bis zum Jahre 2005 soll die Entwicklung des europäischen Komplements abgeschlossen sein und in die endgültige operationelle Phase übergehen. Diese Aktivitäten werden in Zusammenarbeit von ESA, EU und Eurocontrol durchgeführt und bilden den anfänglichen Schwerpunkt des europäischen Navigationsprogramms GNSS. Während die Schwerpunkte des europäischen Satellitennavigationsprogramms im Aufbau der notwendigen Infrastruktur liegen, konzentrieren sich die nationalen Aktivitäten auf die Entwicklung von Nutzungstechnologien und die Erschließung neuer Anwendungsbereiche.

Parallel zu den Arbeiten zur Verbesserung der bestehenden Systeme gibt es weltweite Bestrebungen zum Aufbau eines unter ziviler Kontrolle stehenden Satellitennavigationssystems, um sich aus der Abhängigkeit von den militärisch kontrollierten Systemen zu lösen. In Europa wird ein von der deutschen Industrie und der DLR entwickeltes Konzept eines zunächst regionalen europäischen Navigationssatellitensystems diskutiert. Es soll die inzwischen weiterentwickelten technischen Möglichkeiten für ein auf zivile Nutzer zugeschnittenes System aufgreifen und in einer späteren Ausbaustufe durch ähnliche regionale Initiativen im asiatischen und amerikanischen Raum zu einem globalen System erweitert werden können.

Die Bundesregierung hat sich bereits durch finanzielle Beteiligung am einschlägigen ESA-Forschungsprogramm engagiert, um so aussichtsreiche industrie- und technologiepolitische Optionen zu wahren, an der Definition künftiger europäischer und internationaler Systeme maßgeblich mitzuwirken und künftige arbeitsplatz- und technologie-wirksame Aufgaben zu sichern.

Über die konkrete Form und den Umfang der Beteiligung Deutschlands wie auch der Europäischen Union an einem zivilen europäischen System ist im Rahmen einer gemeinsamen Strategie mit den europäischen Partnern zu entscheiden. Hierbei kommt dem EU-Aktionsplan, der die konkreten Schritte in Richtung eines zivilen europäischen Systems darstellt, eine besondere Rolle zu. Die Bundesregierung geht dabei vom Vorrang der privaten Finanzierung aus.

Die *satellitengestützte Erderkundung* eröffnet durch den Vertrieb von Bilddaten und durch daraus abgeleitete Dienstleistungen eine Reihe von kommerziellen Anwendungsfeldern. Die Erschließung der Märkte und die Entwicklung marktnaher Produkte und Dienstleistungen stehen heute erst am Anfang. Marktanalysen prognostizieren für die nächste Dekade einen weltweiten Umsatz von 15 Mrd. US-\$ für Bau und Start von Erdbeobachtungssatelliten und weiteren 5 Mrd. US-\$ für Bodeneinrichtungen und Datenauswertesystemen für zivile Anwendungen. Gegenüber diesen Investitionen werden für den Verkauf der Daten 1,5 Mrd. US-\$ und für die Datenaufbereitung und nachgeschaltete Mehrwertdienste 15 Mrd. US-\$ erwartet. Die Erfahrungen der USA (Landsat) und Frankreichs (Spot) zeigen, daß bislang

keines der existierenden Systeme auf massive staatliche Unterstützung verzichten kann. Ein Return-of-Investment des Raum- und Bodensegments durch die Vermarktung der Daten scheint unter den gegebenen Marktbedingungen auch in absehbarer Zukunft nicht erreichbar. Dennoch wollen US-Firmen mit Kleinsatelliten und Sensoren hoher Auflösung in den sich entwickelnden kommerziellen Markt einsteigen.

Auf dem Gebiet der Bodeninfrastruktur mit mobilen und festen Empfangsstationen sowie in der optischen Stereo- und SAR-Technologie ist in Deutschland eine Spitzenposition erarbeitet worden. Darüber hinaus sind umfassende Techniken zur Bildverarbeitung, zur Archivierung und Verteilung großer Datenmengen über Netzwerke und zur Vorbereitung der Datenveredelung für potentielle Nutzer vorhanden. Es gilt, diese Ausgangspositionen auch zielstrebig in kommerzielle Erfolge umzusetzen.

Kommerzielle Geschäftsfelder liegen vorrangig in der Aufbereitung von Satellitendaten für konkrete Fragestellungen. Dazu sind anwenderfreundliche und verlässliche Systeme zur Datenverwertung und -veredelung zu entwickeln. Eine Kombination von Daten unterschiedlicher Beobachtungstechniken stellt den Schlüssel für kundenspezifische Informationen dar. Demonstrations- und Pilotprojekte in Zusammenarbeit mit öffentlichen und privaten Nutzerorganisationen sollen weitere kommerzielle Initiativen und abgeleitete Dienstleistungen stimulieren sowie neue Nutzer gewinnen.

Die bisher erschlossenen Nutzungsfelder beruhen auf dem Datenangebot verschiedener Länder, insbesondere der amerikanischen, französischen und neuerdings indischen Erdbeobachtungssatelliten. Die Verfügbarkeit dieser Daten ist auf längere Zeit gesichert. Zusätzlich werden im Rahmen der ESA künftige neuartige Anwendungen durch Systeme wie ERS, ENVISAT und METOP vorbereitet. Von daher ist derzeit nicht vorgesehen, öffentliche Forschungsmittel für den Aufbau eines eigenen deutschen operationellen Erdbeobachtungssystems oder für die Neuentwicklung von Instrumenten für kommerzielle Anwendungen einzusetzen. Wenn in Zukunft die Aufbau- und Betriebskosten eines operationellen Systems mit deutlich verbesserten System-eigenschaften drastisch gesenkt werden könnten und sich damit eine realistische Chance für sich selbst tragende kommerzielle Unternehmungen eröffnet, wären flankierende staatliche Hilfen zu erwägen. Die Verbesserungen müssen auf die Bereitstellung von aktuellen Erdbeobachtungsdaten in nahezu Echtzeit abzielen, was wiederum Voraussetzung für eine stärkere und dann auch zahlungsfähige Nachfrage ist. Dies erfordert ein System mit deutlich höheren Überdeckungszyklen, das die heute üblichen Zeitintervalle von mehreren Tagen für die Erfassung gleicher Regionen der Erde deutlich verkürzt. Datenkontinuität, zuverlässige Verfügbarkeit sowie die Kompatibilität von Daten verschiedener Aufnahmesysteme auf der Grundlage standardisierter Datenformate sind weitere Anforderungen. Miniaturisierte Sensoren auf preiswerten Kleinsatelliten könnten einen Ansatz zur drastischen Senkung der System- und Betriebskosten und zur Schaffung eines auf die

Nutzerinteressen zugeschnittenen Systems bieten. Hierzu werden Anstöße und Entwicklungen aus den Technologie- und Wissenschaftsprogrammen erwartet.

Im Bereich der *Raumfahrttechnologie* geht es um die Förderung ausgewählter Schlüsseltechnologien, deren Demonstration bzw. Qualifizierung sowie die Förderung des Technologietransfers. Beim Transfer von technologischen Entwicklungsergebnissen wird eine Doppelstrategie verfolgt. Zum einen geht es um den methodisch betriebenen Transfer entwickelter Raumfahrttechnologien in terrestrische Einsatzfelder, zum anderen um die Übertragung von Technologien aus raumfahrtfremden Bereichen in die Raumfahrt. Die Überprüfung und Umsetzung dieser Transfermöglichkeiten sind wichtiger Bestandteil aller Technologievorhaben von Beginn an.

Der Trend zu Kleinsatelliten mit anspruchsvollen Missionszielen erfordert die weitere Miniaturisierung von Sensoren und Subsystemen. Die Mikrosystemtechnik stellt dafür den Schlüssel dar. Die technische Vision, Kleinsatelliten für die universitäre und außer-universitäre Forschung und den kommerziellen Einsatz in den Bereichen Telekommunikation, Navigation und Erdbeobachtung zu entwickeln, soll zu einem Leitprojekt innerhalb der Technologieaktivitäten ausgebaut werden.

Ein weiterer Schwerpunkt zielt auf die Entwicklung von Schlüsseltechnologien für wirtschaftlichere Transportsysteme ab, da die kommerziellen Chancen von Raumfahrtanwendungen wesentlich durch die Transportkosten bestimmt werden. Dabei stehen die Entwicklung und experimentelle Erprobung von Antrieben (kryogene Hauptstromtriebwerke), Materialien und Bauweisen insbesondere für hochtemperaturbeständige, lasttragende Strukturen und Thermalschutzsysteme im Vordergrund.

Weitere förderungswürdige Technologiefelder, auf denen deutsche Unternehmen besondere Kompetenz aufgebaut haben und realistische Chancen für kommerzielle Anwendungen bestehen, sind Satellitenbus- und Nutzlastsysteme sowie deren Komponenten. Beispiele sind Solargeneratoren, Bahn- und Lagerregelungssysteme, „intelligente“ (aktive) Antennen für die Erdbeobachtung, Kommunikation und Navigation, Techniken der Datenverarbeitung und Datenkompression an Bord sowie neue Verfahren auf dem Gebiet der optischen Kommunikation, die optische Interferometrie sowie der Bereich der Automation und Robotik.

Der Einsatz und die kommerzielle Vermarktung neu entwickelter Technologien setzt in der Regel eine Qualifizierung unter Weltraumbedingungen voraus. Daher ist vorgesehen, die Internationale Raumstation im großen Umfang zur Erprobung und Flugdemonstration neuer Technologien zu nutzen und preisgünstige Technologiesatelliten als Sekundärnutzlasten bei freien Transportkapazitäten der ARIANE-5 einzusetzen. Weiterhin ist für die Qualifikation am Boden vorgesehen, der Industrie die Nutzung von ESA-Labors für Qualifikationsnachweise zu ermöglichen. Flankierend soll durch gemeinsame Standardisierungsbemühungen im europäischen Rahmen (ECSS)

eine Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Raumfahrtindustrie und eine Erhöhung der Kosteneffektivität der Programmdurchführung erreicht werden.

5.3.3 Lösungsbeiträge der Raumfahrt für gesellschaftliche Aufgaben

Die Raumfahrt stellt durch anwendungsbezogene Satelliten ein breit gefächertes Instrumentarium für die Bearbeitung von öffentlichen Aufgaben – insbesondere auch mit internationaler Dimension – zur Verfügung. Zukünftig werden auch die begleitende und weiterführende Technologie- und Systementwicklung sowie die Maßnahmen zur Durchführung der Nutzung verstärkt auch von den Nutzern selbst und nicht mehr allein vom BMBF getragen werden müssen. Raumfahrt kann nur dann als Lösungsbeitrag für gesellschaftliche Aufgaben volle Wirkung entfalten, wenn sich alle öffentlichen Nutzer an der Ausschöpfung der Potentiale beteiligen. So kann Raumfahrt die Infrastrukturen für die Wissensgesellschaft verbessern. Hier sind aus der Verknüpfung von satellitengestützter Kommunikation, Navigation und Erderkundung innovative Ansätze zu erwarten, die Investitionen rechtfertigen, gegebenenfalls auch den Einsatz öffentlicher Fördermittel.

Satellitengestützte Kommunikation und Erdbeobachtung haben strategische Bedeutung für die *Sicherheitspolitik* erlangt. Der Umfang der notwendigen Anstrengungen zur Operationalisierung entsprechender Systeme und die Tatsache, daß die Anwendungen gleichermaßen für den sicherheitspolitischen und zivilen Bereich (besonders in der Radarsensor-entwicklung, aber auch in der Telekommunikation) relevant sind und auf gleichen Technologieentwicklungen basieren, begründen eine solide industriepolitische Perspektive, die Planungssicherheit für die Industrie bei der Technologieentwicklung und Umsetzungsmöglichkeiten in kommerzialisierbare Produkte schafft. Ein wesentliches deutsches Anliegen ist es, die in Deutschland aufgebaute Kompetenz, speziell im Bereich der Opto- und Radartechnologie, in eine partnerschaftliche Kooperation vor allem mit Frankreich bei der strategischen Aufklärung einzubringen.

Deutschland ist sich seiner Verpflichtungen im Rahmen *internationaler Umweltpolitik* bewußt. Satellitengestützte Klima- und Umweltforschung wird im Rahmen des wissenschaftlichen Raumfahrtprogramms betont; Deutschland setzt sich dafür ein, auch bestehende und zukünftige europäische Erdbeobachtungssysteme wie ERS-1, ERS-2, ENVISAT, METEOSAT und METOP in internationale Strategien wie IGOS gestaltend einzubinden. Besonders hervorzuheben sind die Beiträge der satellitengestützten Erdbeobachtung für die Felder globales Umweltmonitoring und Katastrophenmanagement, deren politische Bearbeitung innerhalb von UNCED und ihren Folgekonferenzen sowie der IDNDR erfolgt. Auf europäischer Ebene haben – u. a. auf Drängen Deutschlands – ESA, EU und EUMETSAT eine gemeinsame europäische Erdbeobachtungsstrategie vorbereitet, die nunmehr konsequent auf die o.a.

Herausforderungen anzuwenden ist. Hierfür gilt es, den politischen Konsens der Mitgliedstaaten zu finden und durch entsprechende Prioritätensetzung die notwendigen Ressourcen bei allen Partnern verfügbar zu machen.

Die satellitengestützte Erdbeobachtung wird im *Agrarbereich* als ein Instrument zur Ergänzung konventioneller Methoden fortentwickelt. Dabei stehen die Erfassung der Landnutzung mit Hilfe von optischen und Radaraufnahmen (z. B. für die Kontrolle von Anträgen auf Gewährung flächengestützter Beihilfen, für Flächennutzungsinventuren oder für die Erfassung von Hauptnutzungs- und Kulturarten sowie zur Ertragsermittlung) sowie die vielfältigen Nutzungsmöglichkeiten der satellitengestützten Ortung und Navigation (z. B. zur Erfassung der Flächegeometrie oder zur Steuerung von Landmaschinen) im Mittelpunkt. Hierzu werden Forschungsvorhaben durchgeführt, deren Ziel die anwendungsorientierte Nutzung von Satellitendaten im Agrarbereich ist (z. B. EMAP – Landnutzungsinventuren mit Hilfe der Radarfernerkundung).

Im Bereich der *Entwicklungszusammenarbeit* hat sich die satellitengestützte Erdbeobachtung als ein Werkzeug zur Erreichung zahlreicher Ziele im Rahmen nationaler Entwicklungsstrategien, besonders auf dem Feld des Ressourcenmanagements etabliert und soll auch weiter für diese Aufgaben eingesetzt werden. Hierfür werden Satellitendaten insbesondere deutscher und europäischer Sensoren (MOMS, ERS) für Pilot- und Demonstrationsprojekte bereitgestellt. Auf diesem Weg der staatlich getragenen wirtschaftlichen Zusammenarbeit kann, über den direkten Hilfsaspekt hinaus, in zahlreichen Ländern das Interesse an deutscher Technologie gefördert werden.

Raumfahrt hat auch *bildungspolitische Bedeutung*. Ihre Forschungsprojekte enthalten stets auch ein Stück Zukunftsvision. Trotz der angeblich weit verbreiteten Technikzurückhaltung wird die Phantasie der Menschen gerade durch raumfahrttechnische Großprojekte und deren inhaltliche Zielsetzung immer wieder beflügelt. Sie weckt auch die Motivation junger Menschen, sich mit Naturwissenschaft und Technik auseinanderzusetzen oder sich dem Studium solcher Themen zu widmen und damit die deutsche Kompetenz auf diesem Gebiet zu erhalten. Im nationalen Rahmen laufen Bemühungen, den Nutzen von Raumfahrtanwendungen besonders aus dem Bereich der Erdbeobachtung in Schulen zu vermitteln und begreifbar zu machen. Der Blick aus dem All auf den Planeten Erde hat das Bewußtsein für seine Verletzlichkeit, für die Notwendigkeit eines schonenden Umgangs mit seinen Ressourcen und der Umwelt geschärft.

5.3.4 Raumfahrt für wissenschaftliche Zielsetzungen

Die wissenschaftlichen Felder der Raumfahrt sind die Erforschung des Weltalls, die wissenschaftliche Erderkundung und die Forschung unter Weltraumbedingungen. Letztere wurde aufgrund ihrer inhaltlichen Ausrichtung auf die Internationale Raumstation bereits unter Abschnitt 5.3.1 behandelt.

Die wissenschaftlichen Ziele sind langfristig in nationalen und internationalen wissenschaftlichen Gremien abgestimmt. Sie spiegeln sich einerseits in den entsprechenden ESA-Programmen und andererseits im komplementären nationalen Programm wider. Innerhalb des verfügbaren Finanzrahmens ist die Wissenschaft frei, die inhaltlichen Forschungsschwerpunkte selbst zu setzen. Bei der Gestaltung wissenschaftlicher Vorhaben gewinnt der Gesichtspunkt einer konsequenten Nutzung von Anwendungs- und Technologietransferpotentialen zunehmend auch außerhalb der Raumfahrt an Bedeutung.

Die *Erforschung des Weltalls* umfaßt einerseits die auf Beobachtung entfernter Objekte angewiesenen Gebiete der Astronomie und Astrophysik sowie andererseits die „in-situ“ Messungen durchführenden Disziplinen der Erkundung des Sonnensystems. Sowohl die Weltraumastronomie wie auch die direkte Exploration des Sonnensystems beschäftigen sich mit fundamentalen Fragen der Existenz der Erde und des Menschen im Kosmos. Zu nennen sind hier insbesondere das Verständnis der Anfangs- und Frühphasen der Entwicklung des Universums, der Kreislauf der Elemente im Kosmos, die Entstehung von Galaxien, Sternen, Planeten und unseres eigenen Sonnensystems, die Entstehung und Entwicklung von Leben im Universum und die Wechselwirkung und Beeinflussung des Systems Erde durch den benachbarten Weltraum („solar-terrestrische Beziehungen“).

Deutschland beteiligt sich an der Erforschung des Weltalls in beträchtlichem Umfang und mißt auch weiterhin der Grundlagenforschung ein hohes Gewicht zu. Weitere Fortschritte in der Grundlagenforschung stellen hohe technische Anforderungen sowohl an Flugsysteme wie auch an wissenschaftliche Nutzlasten und führen damit zur Entwicklung hochwertiger Technologien, die sich positiv auch auf andere Anwendungs- und Technologiefelder auswirken.

Ob, zu welcher Zeit und in welchem Umfang *be- mannte Explorationsmissionen* betrieben werden, um Fragen der planetaren Struktur und Entwicklung zu klären, ist vor allem eine Frage der gesellschaftlichen Prioritäten und verfügbaren Ressourcen, die für

das Erreichen des wissenschaftlich-technischen Missionszieles eingesetzt werden können. Für Deutschland sind solche Unternehmungen weder vordringlich noch zeitkritisch. Unstreitig ist, daß der Mensch als Forscher und Experimentator in seinen intuitiven und kognitiven Fähigkeiten durch automatische Systeme und Roboter nicht in umfassender Weise zu ersetzen ist, im Weltraum ebensowenig wie auf der Erde.

Vorbereitend und komplementär zur operationellen und anwendungsorientierten Erdbeobachtung bleibt auch in Zukunft die satellitengestützte *wissenschaftliche Erdbeobachtung* eine unverzichtbare Informationsquelle für die Klimaforschung, Meteorologie, Ozeanographie, Geodäsie und Geographie. Nur so läßt sich unser Planet in seiner Komplexität erfassen und verstehen, nur so lassen sich auch die erforderlichen Daten in kurzen Zeitintervallen (quasi in Echtzeit) global so erheben, daß gefährliche Veränderungen – z. B. die globalen Konsequenzen der CO₂-Emissionen oder die Veränderungen des stratosphärischen Ozons – rechtzeitig erkannt werden und sich im Rahmen internationaler Vereinbarungen Maßnahmen dagegen treffen lassen. Die bisherigen Forschungsergebnisse zu diesen globalen Problemen haben die enorme Komplexität des Systems Erde, seiner Komponenten und der in ihnen ablaufenden Prozesse erkennen lassen, viele Verständnislücken aufgezeigt und weiteren Forschungsbedarf definiert. Deutschland wird sich dafür einsetzen, daß die wissenschaftliche Erdbeobachtung in das Pflichtprogramm der ESA überführt wird, um dieses Aktivitätsfeld nachhaltig als europäische Gemeinschaftsaufgabe zu betonen.

Weitere wissenschaftliche Fragestellungen betreffen die Bedeutung von Meteoriten-Einschlägen (Asteroiden und Kometen) für die erdgeschichtliche (z. B. Aussterben der Dinosaurier), aber auch zukünftige Entwicklung unseres Planeten. Daher sind die Erfassung und Beobachtung von Meteoriten (*Spacewatch*) Gegenstand internationaler Initiativen, an denen sich auch Deutschland beteiligt. Weiterhin arbeitet Deutschland an europäischen Anstrengungen mit, die Erzeugung neuen Weltraummülls (*Space Debris*) einzugrenzen.

6. Maßnahmen zur Umsetzung der Neuorientierung der deutschen Raumfahrtaktivitäten

Zur Umsetzung dieses Konzeptes wird ein Bündel von Maßnahmen mit drei Hauptstoßrichtungen im kontinuierlichen Dialog mit allen Beteiligten verwirklicht:

Straffung und Effizienzsteigerung der Programmplanung und -durchführung auf nationaler und internationaler Ebene

- Zusammenführung von DARA und DLR zu einer integrierten Einrichtung für das Management und

die Durchführung der staatlichen Raumfahrtaktivitäten

- Detailerstellung und kontinuierliche Fortschreibung der deutschen Raumfahrtplanung auf der Grundlage dieses Konzeptes durch die DARA/DLR unter Beteiligung von Forschung und Industrie
- Abstimmung der strategischen und programmatischen Raumfahrtziele Deutschlands mit den inter-

nationalen und europäischen Partnern sowie intensive bilaterale Zusammenarbeit, insbesondere mit Frankreich

- Einbringung nationaler Kapazitäten in internationale Projekte und Programme (z. B. in die „Integrierte Globale Erderkundungsstrategie“, IGOS)
- Intensivierung der Abstimmung zwischen den die Raumfahrt nutzenden Ressorts im Hinblick auf Programmatik und Finanzierung
- Ausschöpfung von Synergie- und Dual-use-Potentialen bei ziviler und militärischer Raumfahrtförderung
- Konsequente Anwendung des Design-to-budget-Prinzips bei Projektplanung und Projektdurchführung

Bündelung der technologischen und finanziellen Potentiale von Staat, Industrie, Wissenschaft und Anwendern im Hinblick auf eine Optimierung des gesellschaftlichen und volkswirtschaftlichen Nutzens der Raumfahrt

- Förderung kommerziell relevanter Anwendungen auf der Basis schlüssiger Industriekonzepte bei deutlicher Eigenbeteiligung der Industrie sowie einer durchgängigen Evaluierung der Wirkung der Fördermaßnahmen
- Ergänzung des bisherigen Förderinstrumentariums durch z. B. staatliche Risikoabsicherung, Bürgschaften und Abnahmegarantien für Satellitendaten
- Intensivierung der Zusammenarbeit von universitärer/außenuniversitärer Forschung und Industrie durch Verbundvorhaben und gemeinsame Leitprojekte, z. B. auf den Gebieten Mikrosystemtechnik und Antriebe für zukünftige Transportsysteme, zur wirksameren Umsetzung von Technologieent-

wicklungen in industrielle/kommerzielle Anwendungen

- Verstärkte Beteiligung an ESA-Programmen in anwendungs- und marktnahen Feldern
- Verankerung von Raumfahrtaktivitäten im 5. FTE-Rahmenprogramm und anderen forschungs- und nutzungsspezifischen Programmen (u. a. Trans-europäische Netze und Mittelmeerprogramm) der EU. Initiativen zur Ausweitung der Nutzung operationeller Raumfahrtanwendungen durch die EU und Einflußnahme auf die Gestaltung einer wirkungsvollen Arbeitsteilung auf europäischer Ebene
- Forcierung der Anwendung von Raumfahrt durch die Nutzerressorts

Neuorientierung der ESA zur Stärkung der europäischen Position gegenüber den globalen Herausforderungen

- Anpassung der ESA-Struktur an gewandelte Aufgaben und Straffung der Managementabläufe zur Verringerung der Management-Kosten
- Modifizierung der ESA-Abstimmungsverfahren zur Einführung eines generell anzuwendenden gewichteten Stimmrechts
- Anpassung der ESA-Industriepolitik, insbesondere des Rückflußprinzips, im Hinblick auf eine Stärkung der europäischen Wettbewerbsfähigkeit
- Integration der wissenschaftlichen Erdbeobachtungsaktivitäten in das Pflichtprogramm der ESA zur Sicherung der längerfristigen Kontinuität auch als Voraussetzung für spätere operationelle Anwendungen
- Politische Neubewertung der Position der ESA im Hinblick auf ihre Rolle im Kontext der europäischen Integration.

7. Ausblick

Die Optimierung des volkswirtschaftlichen und wissenschaftlichen Nutzens der Raumfahrt erfordert eine wirksame Abstimmung zwischen Politik, Wirtschaft und Wissenschaft. Mit diesem Konzept wird die strategische Perspektive und die programmatische Leitlinie für eine detaillierte Planung vorgegeben.

Es geht um ein grundlegend verändertes „Wie“ der Raumfahrt. Die Raumfahrt muß sich im Zuge ihrer Neuausrichtung zunehmend als selbstverständliches Mittel für Wissenschaft, Gesellschaft und kommerzielle Anwender etablieren. Ihr breites Anwendungspotential kann dabei um so besser ausgeschöpft werden, je mehr eine Reihe von Einsatzmöglichkeiten spezifisch auf den Nutzer zugeschnitten

und langfristig wesentlich preiswerter angeboten wird. Dies betrifft den Zugang zum Weltraum durch kostengünstigere Transportsysteme, aber auch die Einsatzflexibilität, Intelligenz und Leistungsfähigkeit von Satelliten und Instrumenten. Ansätze hierzu werden in der Realisierung von teilweise oder voll wiederverwendbaren Systemen und in der Miniarisierung von Sensoren und Subsystemen für die Realisierung von „Mikrosatelliten“ gesehen. Ein Rückgang des Bedarfs an öffentlicher Förderung in „klassischen“ Raumfahrtbereichen eröffnet dann auch neue Möglichkeiten, Entwicklungen in den beschriebenen neuen Feldern voranzutreiben.

Häufigere wissenschaftliche Kleinmissionen mit ausgesuchten Instrumenten oder operationelle Systeme

mit überschaubaren Betriebskosten bieten die Möglichkeit, den Einsatz dieser Technologie als selbstverständliches und wirtschaftliches Mittel für wissenschaftliche, gesellschaftliche und kommerzielle Anwendungen zu integrieren.

Die Herausforderung der deutschen Raumfahrtspolitik besteht insgesamt darin, die Voraussetzungen zum Betreten von wissenschaftlichem und technischem Neuland zu sichern. Als Perspektiven für eine fernere Zukunft werden vielfältige, auch utopische Ziele diskutiert: Sie reichen von der Errichtung permanenter Beobachtungsstationen auf dem Mond oder gar einem bemannten Aufbruch zum Mars oder unbemannten Vorstößen zu noch ferneren Planeten-

systemen, von Produktionsanlagen im Weltall über Hotels im All für den Tourismus bis hin zu der Versorgung der energiehungrigen Erde durch weltraumgestützte „Solarfarmen“.

Die Frage der Realisierbarkeit solcher Visionen ist nur im Kontext von Klärungsprozessen über gesellschaftliche Prioritäten beantwortbar. Derartige Visionen greifen aber uralte Menschheitsträume auf, wobei der kritischen Auseinandersetzung mit diesen Ideen oder Utopien eine wichtige Funktion zukommt: Sie bieten eine Chance, sich emotional und intellektuell mit Zukunftsentwürfen auseinanderzusetzen und dadurch Innovation zu fördern.

Glossar

ARIANE	Europäische Trägerraketenfamilie
COF	Columbus Orbital Facility – europäisches Labor für die Internationale Raumstation
CTC	Crew Training Complex – Astronauten-Trainingskomplex in Köln-Porz
DARA	Deutsche Agentur für Raumfahrt Angelegenheiten
DFG	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DLR	Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt
ECSS	European Cooperation for Space Standardisation
ENVISAT	Environmental Satellite – Umweltforschungssatellit der ESA
EMAP	ERS-SAR data for Monitoring Agricultural land use as a long-term-Project
ERS	European Remote Sensing Satellite – europäischer Erderkundungssatellit
ESA	European Space Agency – Europäische Weltraumorganisation
EUMETSAT	EUropean Organisation for the Exploitation of METeorological SATellites
EUROCONTROL	Europäische Organisation für Flugsicherung
FTE-Programm	Rahmenprogramm der EU für Forschung und technologische Entwicklung
GLONASS	GLobal Orbiting and NAVigation Satellite System – russisches Navigationssatellitensystem
GNSS	Global Navigation Satellite System – europäisches Konzept für ein globales Navigationssatellitensystem
GPS	Global Positioning System – amerikanisches Navigationssatellitensystem
GSOC	German Space Operations Center – Raumfahrtbetriebszentrum der DLR in Oberpfaffenhofen
IDNDR	International Decade for Natural Disaster Reduction
IGOS	Integrated Global Observation Strategy – amerikanische Initiative für die globale Erdbeobachtung
LANDSAT	LAND Remote Sensing SATellite – operationelles amerikanisches Erderkundungssatellitenprogramm
MOMS	Modularer Optoelektronischer Multispektral-Stereoscanner – deutscher optischer Erdbeobachtungssensor
MPG	Max-Planck-Gesellschaft
MUSC	Microgravity User Support Center – Nutzerunterstützungszentrum der DLR – Köln-Porz
NASA	National Aeronautics and Space Administration – US-amerikanische Raumfahrtbehörde
SAR	Synthetic Aperture Radar – Radarsensor für Erderkundung
SPOT	Systeme Probatoire d'Observation de la Terre – operationelles französisches Erderkundungssatellitenprogramm
UNCED	United Nations Conference on Environment and Development

