

# PROJEKTMANAGEMENT IN DER RAUMFAHRT

Dr. M. Sölter,  
Astrium GmbH, Space Transportation, 28199 Bremen, Deutschland

## Zusammenfassung

Was zeichnet Raumfahrt-Projekte aus? Gibt es Unterschiede zu den „klassischen“ Forschungs- & Entwicklungsprojekten? Was sind die Merkmale von Organisationsprojekten bzw. Investitionsprojekten in der Raumfahrt? Der Vortrag geht auf die Besonderheiten ein, die u. a. der Neuartigkeit (Hightech), der Komplexität, dem politischer Faktor und den speziellen Standards für Raumfahrtprozesse geschuldet sind.

## 1. WAS ZEICHNET RAUMFAHRT-PROJEKTE AUS?

### 1.1. Ein Rückblick

Projektmanagement (PM) gehört heute zum Standard vieler Industrieprozesse. Dabei ist die Einführung von PM gerade 70 Jahre her. Mit dem Entwicklungsauftrag der amerikanischen Regierung 1940 zum Bau der ersten Atombombe war schnell klar, dass das Entwicklungsrisiko und die Komplexität des Projektes eine Laufzeit von mehreren Jahren unter den herrschenden Kriegsbedingungen benötigen würde. Nur durch geschicktes Anordnen von parallel abzuarbeitenden Aufgabenblöcken deren Ergebnisse Voraussetzung für nachfolgende Elemente waren, konnte die geschätzte Gesamtlaufzeit um drei Jahre reduziert werden. Auf der Basis dieser Erfahrungen wurde dann 1950 das amerikanische Atomraketen Projekt "Polaris" gestartet. In dieser Zeit entstand die "Critical Path Method" (CPM) und die "Program Evaluation and Review Technique" (PERT). Beides fand Eingang bei der NASA anlässlich des von Präsident Kennedy 1960 geforderten Mondprogramms "Apollo".

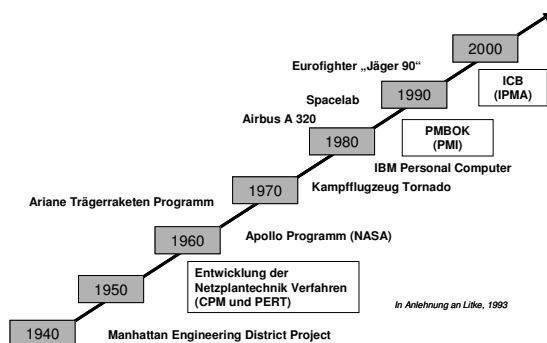


BILD 1. Historische Entwicklung des modernen PM

Die verschiedenen Projekte in zeitlicher Folge, die mit PM zum Erfolg gebracht wurden, werden BILD 1 gezeigt. Die ersten europäischen Satelliten waren Symphony 1 und 2 mit einer Masse von nur 230 kg. In einer deutsch-französischen Kooperation wurden sie als direkt ausstrahlende Kommunikationssatelliten mit einem Fernsehkanal und 132 Fernsprechanäle in Vorbereitung für den Bau und den Betrieb künftiger regionaler Nutzsatelliten für Nachrichtenübertragung, Erfassung von Wetterdaten,

Navigation und Erderkundung entwickelt. Wegen der Weigerung der Amerikaner, die beiden Forschungssatelliten zu starten, beschlossen die Europäer die Entwicklung des Trägerprogramms Ariane. Durch konsequente Anwendung von PM konnten 1974 und 75 die beiden Satelliten dann doch noch gestartet werden.

Als Ergebnis von verschiedenen Workshops des Project Management Institute (PMI) wurde 1987 die erste Version des Project Management Body of Knowledge (PMBOK) veröffentlicht. Die "International Project Management Association" (IPMA) gab 1990 die erste "IPMA Competence Baseline" (ICB) heraus. Damit wurde nicht nur ein PM-Standard geschaffen, sondern auch ein allgemeiner Beurteilungsleitfaden für die Zertifizierung von PM-Kompetenz bereitgestellt.

### 1.2. Forschungs- & Entwicklungsprojekte

Während zu Beginn der Entwicklung der europäischen Raumfahrt der überwiegende Teil an Aufträgen aus öffentlichen Mitteln bereitgestellt wurde, ging der Anteil, wie in BILD 2 gezeigt, über die Jahre kontinuierlich auf 39% zurück (Stand 2008).

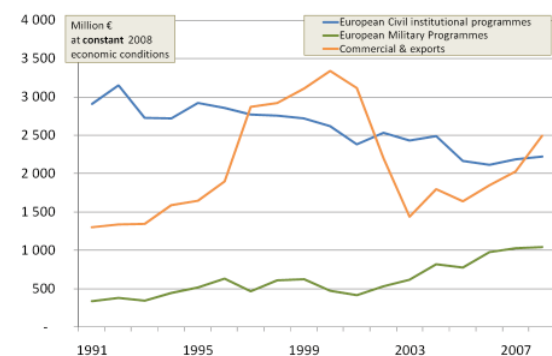


BILD 2. Umsatz in der Raumfahrt aufgeteilt nach Auftraggebern (Quelle: EUROSPACE)

Im Gegenzug stieg das Auftragsvolumen im kommerziellen Bereich, trotz des starken Einbruchs durch die Ereignisse des 11. September 2001, auf 44%. Die rein militärischen Projekte waren zunächst im Verhältnis zum Gesamtauftragsvolumen bei ca. 10%. Durch die zunehmende Globalisierung militärischer Einsätze und die strategische Bedeutung weltraumgestützter Erdbeobachtung,

Kommunikation und Navigation sind sie in 17 Jahren um den Faktor 2,5 auf einen Anteil von 17% gestiegen.

Häufig beschließen Staaten in Raumfahrt-Projekte zu investieren und fachliche Kompetenzen zu erwerben („Wir wollen auf den Mond!“), um damit eine politische und wirtschaftliche Vormachtstellung zu erlangen oder zu erhalten. Raumfahrtprojekte sind immer in übergeordnete Programme eingebunden. Über die Programme wird der hohe Grad der Wechselwirkungen geführt. Programme umfassen sowohl die Entwicklung als auch den Betrieb. Die Programmleitung liegt bei einem industriellen Systemführer, welcher die anderen beteiligten Firmen unterbeauftragt. An Entwicklungsprojekten beteiligte Firmen haben häufig ein Alleinstellungsmerkmal. Mitbewerber finden immer wieder in unterschiedlichsten Konstellationen zu einander.

Forschungsprojekte in der Raumfahrt sind häufig einmalig. Es gibt daher in der Regel auch keine Generalprobe. Tests erfolgen überwiegend auf Komponentenlevel und nur eingeschränkt unter Weltraumbedingungen. Sie werden selten „in die Linie übergeben“. Die Methoden für die Planung und Durchführung von Projekten sind geprägt von ESA-, Industrie-, sowie firmeninternen Standards. Die Internationalität der Projekte stellt hohe Anforderungen an die interkulturelle und soziale Kompetenz des Projektteams.

Um die fachlichen Risiken zu minimieren, ist für die Beteiligung an internationalen Raumfahrtprojekten eine Akkreditierung beim Auftraggeber wie der „European Space Agency“ (ESA) zwingend notwendig (Zertifizierungsverfahren). Die fachliche Kompetenz des Projektleiters ist von entscheidender Bedeutung für den Erfolg der Projekte und wird schon in der Angebotsphase stark berücksichtigt. Die Auswahl des Systemführers wird im Rahmen eines Auswahlverfahrens durch den Auftraggeber in letzter Instanz entschieden. Die Mitarbeiter werden für die Dauer des Projektes im Sinne einer reinen Projektorganisation abgeordnet. Innerhalb einer sehr komplexen Risikolage dominieren technische Risiken. Meist wird dies über Termin und Kosten aufgefangen.

Raumfahrtprojekte haben üblicherweise eine Entwicklungszeit von 5 bis 8 Jahren. Programme können über 15 bis 20 Jahre laufen. Mit der anschließenden Betriebszeit wird es immer schwieriger, technologische Entwicklungen mit den anfänglich verfügbaren Standards in Einklang zu bringen. Daraus folgt insgesamt ein relativ hohes terminliches Risiko.

Die kaufmännischen Risiken ergeben sich aus den komplexen Entwicklungsaufgaben, die die Aufwandsabschätzungen erheblich erschweren.

Bei langen Programmlaufzeiten ergeben sich zusätzlich politische Risiken, da sich die politischen Zielsetzungen in der Zwischenzeit ändern können.

### 1.3. Organisationsprojekte

Organisationsprojekte: Die Koordination der Interessen unterschiedlicher Vertragspartner in einem komplexen Umfeld = Projekt.

Um die neuen Herausforderungen im Weltraum zu meistern, müssen viele politische, technische und rechtliche Strukturen und Prozesse erst geschaffen werden. Die entsprechenden Projekte finden in einem internationalen Umfeld statt. Ziel ist es daher die Harmonisierung und Weiterentwicklung vorhandener Infrastrukturen und Prozesse sowie deren Ergänzung voranzubringen.

Das Spannungsfeld zwischen kommerzieller und militärischer Nutzung des Weltraums macht ein hohes Maß an Anstrengungen zur Harmonisierung der Interessen aller Beteiligten notwendig. Dies muss zudem über nationale Grenzen hinweg erfolgen. Für eine Beteiligung und Engagement an solchen Projekten sind daher oft nationale und Bündnisinteressen maßgeblich.

Organisations-Projekte stellen besondere Anforderungen an die interkulturelle und sprachliche Kompetenz des Projektleiters, an seine Kommunikationsfähigkeit sowie Flexibilität und Mobilität.

Allein der politische Wille aller Beteiligten entscheidet, ob die fachlichen Ergebnisse erreicht und umgesetzt werden können. Um die Interessen der Beteiligten zu berücksichtigen, entsteht eine Vielzahl von Organisationen. Daraus resultiert das Maß an fachlichen Risiken.

Die Vielzahl von Organisationen und der hohe Bedarf an Abstimmung führt häufig zu langen Projektlaufzeiten, was die terminlichen Risiken bestimmt.

Die kaufmännischen Risiken ergeben sich aus dem komplexen Schnittstellenmanagement und den damit verbundenen langen Projektlaufzeiten, die in der Folge häufig zu hohen Projektkosten führen.

Der Wechsel von nationalen oder Bündnisinteressen kann erheblichen Einfluss auf das Zielssystem und die Rahmenbedingungen solcher Projekte nehmen und definiert so das politische Risiko.

### 1.4. Investitionsprojekte

Investitionsprojekte:

1. Die Schaffung einer Infrastruktur für wirtschaftliche und wissenschaftliche Zwecke.
2. Die Beschaffung von Raumfahrtprodukten durch private und öffentliche Auftraggeber.

Öffentliche Forschungs- und Entwicklungsprojekte sorgen für die technologischen Grundlagen. Nach der Übergabe in die industrielle Verantwortung wird die Vermarktung der Technologien in Form von Produkten über Investitionsprojekte realisiert. Diese Projekte zielen auf wirtschaftlichen Gewinn aus der Vermarktung dieser Produkte ab.

Typische Laufzeiten sind dabei drei Jahre Entwicklung und Bau eines kommerziellen Satelliten sowie 15 Jahre Betrieb. Diese Projekte binden enorme Summen an Kapital. So kostet der Bau eines Satelliten um die 120 Mio. € und sein Start in etwa 60 Mio. € (Doppelstart). Eine Wartung des Satelliten ist nicht möglich. Die Betriebskosten am Boden dagegen sind vergleichsweise gering.

Gelingt es einem Staat für die technologische Kompetenz zu sorgen, so sorgt er im Rahmen seiner Industriepolitik

auch für die Wettbewerbsfähigkeit seiner nationalen Firmen.

Die Komplexität der Raumfahrtprodukte birgt eine Vielzahl technischer Risiken, die bei Störungen bis zum Totalverlust führen können. Daraus ergibt sich das Ausmaß an technische Risiken.

Die terminlichen Risiken sind bei Investitionsprojekten erheblich. Die Einhaltung von Terminen hat bei diesen Projekten hohe Priorität, da bei Nichteinhaltung eingegangener Verträge, insbesondere die finanziellen Folgen für den Hersteller enorm sind.

Bei derart langen Amortisationszeiten von bis zu 15 Jahren ist die Abschätzung des zukünftigen Nutzungsbedarfs schwer möglich (z.B. 11. September 2001). Auf der anderen Seite ist bei erfolgreichem Verlauf ein hoher Gewinn erzielbar, der dann weitere Investitionen erst möglich macht. Nachgewiesene Zuverlässigkeit der technischen Lösungen in Projekten schlagen sich in vergleichsweise günstigeren Versicherungsprämien nieder. Wohingegen Aktivitäten mit hohem kaufmännischem Risiko das Projektbudget erheblich belasten können,

Nachdem immer mehr Staaten Weltraumprojekte betreiben, bedarf auch die Nutzung des Weltraums einer rechtlichen Regelung. Die rechtlichen Risiken sind dabei bisher noch nicht erschöpfend behandelt und werden z.B. bedingt durch Weltraummüll noch an Bedeutung zunehmen.

Mit dem Wechsel von politischen, finanziellen und inhaltlichen Rahmenbedingungen innerhalb der Entscheidungsorgane können Raumfahrtprogramme und deren Zielsetzungen dramatische Änderungen erfahren. Förder- und Industriepolitik unterscheidet sich gelegentlich nach Branchen. Kann zum Beispiel der Schiffsbau bis zur Marktreife durch öffentliche Gelder gefördert werden, so endet die Förderung von Raumfahrtprojekten in der Regel mit der Entwicklung der Technologie. "Public Private Partnership" (PPP) hat sich bei Raumfahrtprojekten und -programmen nicht überall durchgesetzt. Damit bleibt immer ein gewisses politisches Risiko.

## 2. BESONDERHEITEN

Im Folgenden soll auf die Besonderheiten von Raumfahrtprojekten bezüglich Hightech, Komplexität und politischem Faktor näher eingegangen werden.

### 2.1. Hightech (Neuartigkeit)

Technische Lösungen zu Kommunikation, Navigation, Erdbeobachtung und Wetter werden inzwischen routinemäßig entwickelt und betrieben.

Besondere Herausforderungen für die Raumfahrt entstehen derzeit im Zusammenhang mit:

- **Mondmission**  
40 Jahre nach der ersten Landung von Menschen auf dem Mond gibt es heute kein nutzbares technisches System, dass dies zu leisten vermag. Es dauert also wieder bis zu 10 Jahre von der politischen Entscheidung bis zur ihrer technischen Umsetzung. Aufgrund der dichten Folge von Wirtschaftskrisen und deren

Ausmaß ist eine Mondmission politisch immer schwerer zu begründen.

- **Marsmission**  
Eine Marsmission wäre nach der Mondlandung der nächste logische Schritt auf dem Weg in unser Sonnensystem. Auch wenn man davon ausgeht, dass die Mondmission als ein möglicher Zwischenschritt auf diesem Weg ist, sind die Anforderungen an eine Marsmission auf Grund der bahnmechanischen Randbedingungen um Größenordnungen komplexer.
- **Betrieb der Raumstation ISS**  
Für den Transport von Personal (und Material) stehen derzeit noch das russische SOJUS- und das amerikanische Shuttle-System (nur noch bis Ende 2010) zur Verfügung. Ein Nachfolgesystem für das Shuttle wird jedoch nicht vor 2016 erwartet. Mit dem Projekt „Jules Verne“ – dem ersten ATV aus Bremen – wurde von der ESA eine Lösung entwickelt, welche vollständig automatisch agiert und weitere wichtige Funktionalitäten einbringt.

### 2.2. Komplexität

Die Komplexität in Raumfahrtprojekten ist geprägt durch folgende Dimensionen:

#### 2.2.1. Ziele und Leistungsinhalte

Ziele und Leistungsinhalte sind in der Regel nur auf oberster Ebene definierbar. Zum Teil müssen Technologielücken erst geschlossen werden. Entsprechende Lösungswege werden "online" auf der Basis vorhandener Technologien entwickelt. Dadurch besteht häufig eine hohe Anzahl von Zielkonflikten. Im Angebot zunächst unterbreitete Leistungsumfänge müssen mit fortschreitendem Projekt gelegentlich neu verhandelt und angepasst werden. Erst am Beispiel eines Entwurfes gewinnen Auftrag und Ziel in der Diskussion mit dem Kunden Transparenz. Es besteht ein hoher Grad an Wechselwirkung zwischen den angestrebten Ergebnissen. Mögliche Fehlerketten sind schwer überschaubar. Die Anzahl der zu entwickelnden Elemente der Systeme ist sehr hoch. Es bestehen multidimensionale physikalische und funktionale Anforderungen an die Elemente und Systeme bezüglich Temperatur, Druck, Beschleunigung, Massen, Volumen und Betriebsdauer. Und alles unter Einhaltung des möglichen Kostenrahmens.

#### 2.2.2. Stakeholder und ihre Zusammenarbeit

Chancen und Risiken solcher Projekte werden in der Regel national und international aufgeteilt – Projektwirtschaft. Die Anzahl der Beteiligten und Betroffenen ist daher in der Regel hoch. Die Beteiligten stammen aus unterschiedlichen Bereichen: Politik, Verwaltung, nationalen und internationalen sowohl zivilen als auch militärischen Organisationen, Forschung und Industrie. Die Beziehungen der Stakeholder untereinander sind nicht immer transparent und gestalten sich in wechselnden Konstellationen. Die Interessen der beteiligten Parteien können durchaus sehr unterschiedlich bis widersprüchlich sein. Die Zusammenarbeit der Stakeholder ist geprägt durch stark vernetzte Berichtswege, formelle und informelle Kommunikationsbeziehungen. Es bestehen starke Wech-

selwirkungen über Firmengrenzen und Orte hinweg, durch nationale und internationale Arbeitsverträge und Umstellungsverhältnisse. Viele Mitarbeiter aus unterschiedlichen Disziplinen und Qualifikationen, aus vielen Firmen intern wie extern.

### 2.2.3. Sachliche und soziale Umfeldfaktoren

Es besteht eine hohe Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einflussgrößen aus Umwelt, gesetzlichen Rahmenbedingungen und den zu beachtenden Beschränkungen. Einzelne Einflussfaktoren bergen hohe Risiken: z.B. Umweltschutz, Arbeitssicherheit, u.s.w. Daraus ergeben sich enorme Anforderungen an das Qualitätsmanagement im Projekt. Ebenso besteht eine hohe Anzahl und unterschiedliche Art von Einfluss, Beziehungen wie Einstellungen, Erwartungen, Macht und Einflussmöglichkeit von Stakeholdern. Neben den einzelnen hohen Risiken wirken sich das Änderungspotential der Einflüsse und die damit verbundenen Unsicherheiten auf den Projekterfolg aus.

### 2.2.4. Innovationsgrad, Rahmenbedingungen

Aus dem Zusammenspiel bekannter Technologien ergeben sich Chancen und Herausforderungen für neue Technologien. Damit ergeben sich aber auch hohe Anforderungen an alle fachlichen Disziplinen bezüglich innovativer Annäherung an zukünftige Lösungen sowie eine große Breite an erforderlichen Entwicklungsleistungen. Die Technologiefähigkeit muss über die gesamte Projektlaufzeit hinweg gewährleistet sein. In ausgewählten Fachdisziplinen sind Innovationen inzwischen enge, häufig auch finanzielle Grenzen gesetzt. Wenn die gesellschaftliche Entwicklung an Grenzen stößt, ermöglichen solche Projekte zukünftigen Handlungsspielraum für Politik und Gesellschaft.

### 2.2.5. Aufgaben im Projekt

Die hohe Anzahl und Unterschiedlichkeit der Phasen, Arbeitspakete und Vorgänge führt zu Projektstrukturplänen, die in viele Hierarchieebenen aufgegliedert sind. Durch die Beteiligung vieler neuartiger Disziplinen ist die Machbarkeit oft unklar. Der hohe Neuheitsgrad schränkt Einsatzmöglichkeiten von Standards ein. Es besteht ein hoher Vernetzungsgrad zwischen den Vorgängen und Schnittstellen. Viele Subsysteme verfügen über vielschichtige Abhängigkeiten. Maßnahmen zur Risikobegrenzung, Erfahrungsmangel sowie Abänderungen im Lösungsraum von Projekten und bei Technologien führen gelegentlich zu einer hohen Änderungsneigung in den Arbeitspaketen.

## 2.3. Politischer Faktor

Bedingt durch Auftragsvergabe finanziert aus öffentlichen Mitteln, nimmt die Politik maßgeblichen Einfluss auf das jeweilige Vergabeverfahren. Dabei kommen unterschiedliche Regeln zur Anwendung.

### 2.3.1. Geo-Return

Die Vergabe von Projekten der Europäischen Raumfahrt Agentur (ESA) unterliegen unter anderem dem "Geo-Return" Prinzip. Die Entwicklung von Projektideen erfolgt zunächst im Fachbereich (ESTEC) der ESA. Mit der Ver-

öffentlichung beabsichtigter Projekte „Intended Invitation To Tender (IITT)“ kann die akkreditierte Industrie ihr jeweiliges Interesse prüfen und gegebenenfalls gegenüber ihrer nationalen Agentur bekunden. Parallel erfolgt die Interessensbekundung der nationalen Agenturen zusätzlich entsprechender anteiliger Budgetzusagen im Lenkungsausschuss „Industrial Policy Committee (IPC)“ gegenüber der ESA-Administration. Sind alle Rahmenbedingungen erfüllt (z. B. die Mindestzeichnung), folgt im IPC der Beschluss über Rahmen und Umfang der Ausschreibung. Die Angebotsfrist ist auf ca. einen bis drei Monate begrenzt (open date, closing date). Schließlich folgt die Auswertung der Angebote durch die ESA-Administration unter Berücksichtigung der Beteiligung der Mitgliedsländer bezogen auf das Gesamtportfolio (z.B. under return). Das Auswertungsergebnis wird im IPC präsentiert und mit der Beschlussfassung im IPC die ESA-Administration mit der Auftragsvergabe beauftragt.

### 2.3.2. Berücksichtigung der KMU-Politik

Die deutsche Raumfahrtindustrie ist durch starke Konzentration auf nur wenige große Systemfirmen, einige mittelständische Raumfahrtunternehmen und eine Vielzahl von Ausrüstern und Zulieferern, auch aus anderen Branchen, charakterisiert. Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) bilden insbesondere als Unterauftragnehmer eine unverzichtbare Basis für die deutsche Raumfahrtindustrie. Im Interesse eines funktionierenden Wettbewerbs und einer ausgewogenen Industriestruktur werden daher vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) erhebliche Anstrengungen zur Stabilisierung der KMU durch nationale und internationale Programme unternommen.

Zum Beispiel im Zeitraum 1998-2002 hat das DLR pro Jahr im Durchschnitt über 550 Vorhaben mit 130 Mio. € bei 190 Auftragnehmern und Zuwendungsempfängern gefördert, wovon etwa 60% an die Industrie geflossen sind. Vom Industrieanteil erhielten die Grossunternehmen und deren Töchter 78%, die Raumfahrt-KMU 22%. Im Jahresdurchschnitt haben 30 Raumfahrt-KMU mit einem Gesamtvolumen von 13 Mio. € 45 Vorhaben durchgeführt und an 23 Vorhaben im Unterauftrag teilgenommen. Da der Gesamtumfang der Unterauftragnehmer aller Ebenen im DLR nicht erfasst werden kann, liegt der reale Anteil aller KMU wesentlich höher, geschätzt bei mindestens 50%.

Der Anteil der deutschen Raumfahrt-KMU an den durch die Europäische Raumfahrtagentur ESA im Zeitraum 1998-2002 direkt vergebenen Verträgen an deutsche Unternehmen betrug mit etwa 36 Mio. € circa 10%, wobei allerdings der reale Umsatzfluss bis in die unterste Zuliefebene nicht berücksichtigt werden konnte

### 2.3.3. Bartering

Bei internationalen Programmen, bei denen öffentliche Mittel aufgewendet werden, wird über Bartering vermieden, dass Finanzmittel die Landesgrenzen verlassen. Zum Beispiel baute und betreibt Europa das Weltraumlabor COLUMBUS an der Internationalen Raumstation ISS. Die USA übernahm für die ESA den Transport und die Versorgung von COLUMBUS. Diese Leistung der USA wurde mit der Bereitstellung des europäischen Raumtransporters ATV und der Mitbenutzung des Labors durch

die NASA verrechnet. Dadurch ergibt sich zusätzlich eine starke programmatische Abhängigkeit zwischen den Programmen COLUMBUS und ATV.

### 2.3.4. Rechte

Technische Lösungen stehen unmittelbar in Wechselwirkung zu komplexen rechtlichen Rahmenbedingungen. So beeinflussen rechtliche Rahmenbedingungen technische Lösungen. So führte die Vergabe von Frequenzlizenzen für GALILEO aufgrund von Projektverzögerungen zu der Notwendigkeit Experimentalsatelliten zu starten, um die fristgerechte Nutzung der Sendekanäle zu sichern.

Die Zuteilung von Sendefrequenzen und -positionen für Kommunikationssatelliten im geostationären Gebiet (siehe BILD 3) erteilt die International Telecommunication Union (ITU). Dies soll die Nutzer dazu bringen, neben der koordinierten Nutzung von Frequenzen vor Ablauf der endgültigen Betriebszeit die zugewiesene Position für den nächsten Nutzer zu räumen. Dies hat jedoch z. Z. lediglich den Charakter einer Empfehlung.

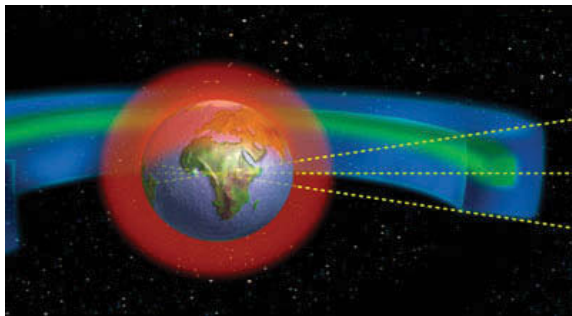


BILD 3. Geostationäres Gebiet von  $\pm 15^\circ$  Inklination und  $\pm 200$  km Radius um die Referenzbahn von 35.786 km

Technische Lösungen ziehen rechtliche Fragen nach sich. In der Start- und Abschlussphase von Raumfahrtprojekten entsteht Weltraummüll. Wenn dieser Schaden anrichtet, kann dies jedes Land treffen. So entstehen bei der Stufentrennung freifliegende Objekte, die andere Nutzer des Weltraums bedrohen können.

ROSAT wird nach Ablauf seiner Betriebszeit demnächst unkontrolliert auf die Erde abstürzen. ENVISAT ein Forschungssatellit zur Erdbeobachtung der ESA treibt in Kürze durch den Gürtel höchster Dichte von Weltraummüll. Galaxy 15, von INTELSAT betrieben, zieht seit dem 18.04.2010 außer Kontrolle geraten als Zombiesat durch den geostationären Gürtel westwärts.

Die inzwischen enorme Menge an Weltraummüll macht die direkte Zuordnung des jeweiligen Verursachers zunehmend unmöglich.

## 3. ZUSAMMENFASSUNG

Projekte und Projektmanagement prägen seit langem das Engagement deutscher Firmen, Forschungsinstitute und staatlicher Institutionen in der Raumfahrt.

Die Projekte zeichnen sich durch ihren hohen Innovationsgrad und ihre Komplexität aus, die geprägt ist durch

- Die hohen Anforderungen an die Definition von Zielen und Leistungsinhalten, geprägt durch Anforderungen unterschiedlichster Disziplinen
- Eine hohe Anzahl und unterschiedliche Verortung nationaler wie internationaler Stakeholder in Industrie, Wissenschaft und Politik sowie der Anforderungen an ihre Zusammenarbeit
- Die hohe Anzahl und Unterschiedlichkeit der Einflussgrößen auf den Projekterfolg, von denen einzelne hohe Risiken bergen
- Die hohen Anforderungen an das Zusammenspiel bekannter Technologien auf der einen Seite und die Technologiefähigkeit für zukünftige Entwicklungen
- Die hohe Anzahl und Unterschiedlichkeit der Phasen und Arbeitspakete in den Projekten, deren hohen Detaillierungstiefe und dem hohen Grad ihrer Vernetzung
- Der maßgeblichen Prägung der Auftragsvergabe durch nationale und internationale politische Interessen.

Vor diesem Hintergrund stellen sich Fragen nach einer umfassenden Aus- und Weiterbildung der Beteiligten - Projektleiter, Projektmitarbeiter sowie Projektbeauftragte Stellen - auf allen drei Kompetenzfeldern des Projektmanagements

- Methodisch-technische Kompetenzen
- Kontextuelle Kompetenzen
- Soziale Kompetenzen.

Internationale Standards des Projektmanagements liefern dafür geeignete Modelle, Methoden und Verfahren sowie Weiterbildungsangebote.