

Dipl.-Ing. Andreas K. Jain, Berlin

# **Analyse betrieblicher Aspekte interorbitaler Raumfahrten im cis-lunaren Bereich**

Reihe **16**: Technik  
und Wirtschaft

Nr. **84**

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	V
Liste der Abkürzungen .....	VII
1. Einleitung .....	1
2. Generelle Strukturen von Verkehrssystemen .....	6
2.1 Systematische Betrachtung des Sektors Verkehr .....	6
2.1.1 Begriffsvereinbarung .....	8
2.1.2 Elemente und Schnittstellen des Transports .....	10
2.1.3 Die Abbildung des Transports .....	12
2.1.3.1 Transportmodelle und -netze .....	12
2.1.3.2 Mathematische Abbildung .....	14
2.1.4 Modellbildung .....	17
2.1.5 Problemfelder .....	23
2.1.5.1 Probleme der Transportaufgaben .....	24
2.1.5.2 Einflußgrößen .....	25
2.1.5.3 Die Optimierungsproblematik .....	28
2.1.6 Lösungsansätze .....	30
2.2 Raumtransportsysteme .....	33
2.2.1 Aufgabenbereiche orbitaler Raumtransportsysteme .....	35
2.2.2 Entwurf einer Infrastruktur .....	37
2.2.3 Stand der Technik und ihre Entwicklungsmöglichkeiten .....	38
3. Marktmodelle .....	39
3.1 Marktformen .....	39
3.1.1 Wirtschaftstheoretische Grundlagen .....	39
3.1.2 Situationsbeschreibung des Marktes der Luft- und Raumfahrtindustrie .....	43
3.2 Marktentwicklung .....	49
3.2.1 Historische Betrachtung der Entwicklung des Marktsektors Raumtransportsysteme .....	49
3.2.2 Vergleichbarkeit von Verkehrssystemen aus der Sicht des Marktes .....	50
3.2.3 Künftige Entwicklungen und Tendenzen .....	51
3.2.4 Spezifizierung der Marktkennziffern und eines Anforderungsprofil für das Marktsegment Raumtransportsystem .....	52
3.3 Marktstruktur .....	53
3.3.1 Allgemeine Beschreibungsmöglichkeiten für ein Raumtransportsystem .....	53
3.3.2 Integrierte Marktbeschreibung eines Raumtransportsystems .....	55
4. Raumfahrttransportsysteme .....	56
4.1 Bahnmechanische Anforderungen .....	56
4.1.1 Grundlagen .....	56
4.1.1.1 Start von der Erdoberfläche in einen niedrigen Erdorbit .....	57
4.1.1.2 Übergänge zwischen zwei Bahnen um einen Zentralkörper .....	58
4.1.1.3 Landung auf der Erdoberfläche .....	58

4.1.2	Bahnen zwischen Erde und geostationärer Umlaufbahn	58
4.1.3	Bahnen zwischen Erde und lunarer Umlaufbahn	59
4.1.4	Antriebsbedarf und Flugzeiten	59
4.2	Klassifizierung von Transportsystemen	60
4.2.1	Aktuelle und zukünftige Transportsysteme	65
4.2.1.1	Trägersysteme	67
4.2.1.2	Orbitale Transportgeräte	70
5.	Kostenmodell	74
5.1	Lebenszykluskosten (Life Cycle Cost)	75
5.1.1	Einmalige Kosten (Non Recurring Cost)	77
5.1.2	Wiederkehrende Kosten (Recurring Cost)	82
5.1.3	Lernfaktor, orbitaler Mehrkostenfaktor und andere reduzierende Faktoren	89
6.	Betriebsmodell	91
6.1	Das Ausgangsszenario	91
6.1.1	Teilmarkt Strecke LEO - LUO	92
6.1.2	Teilmarkt Strecke LEO - GEO	93
6.1.3	Marktbeschreibung der Raumverkehrssysteme	95
6.2	Das Mathematische Modell	100
7.	Ergebnisse	107
7.1	Die Szenarien	109
7.1.1	Fahrzeugkosten	109
7.1.2	Szenariokosten	111
7.2	Sensitivitätsanalyse	123
7.2.1	Auswahl der Variationsparameter	123
7.2.2	Auswertung	125
7.3	Optimierung	130
8.	Zusammenfassung	131
8.1	Realitätsbezug und Einsetzbarkeit des Modells	132
8.2	Ergebniszusammenfassung	123
8.3	Mögliche Entwicklungen	135
8.4	Verbesserungsmöglichkeiten - Ausblick	136
	Anhang	138
A.	Kostenkorrekturfaktoren	138
B.	Randbedingungen und Annahmen	140
	Literaturverzeichnis	141