

Dipl.-Ing., Dipl.-Kaufm. Markus Franke, Meerbusch

**Beitrag zur Berechnung und
Bewertung der Wechselwirkun-
gen zwischen Außenströmung
und Antrieb bei einem Hyper-
schall-Raumtransporter vom
Typ ELAC-1**

Reihe **12**: Verkehrstechnik /
Fahrzeugtechnik

Nr. **315**

Inhaltsverzeichnis	Seite
Vorwort	III
Inhaltsverzeichnis	V
Formelzeichen und Indizes	VIII
1. Einführung	1
1.1 Eingrenzung der Fragestellung	1
1.2 Überblick über Raumtransporter-Konzepte	3
1.3 Stand der Forschung	6
2. Darstellung der Methodik am Beispiel der Modellkonfiguration "ELAC-1"	9
2.1 Vorstellung der Konfiguration	9
2.2 Antriebskonzepte	13
2.2.1 Prinzip des Kombinationsantriebs	13
2.2.2 Turboluftstrahltriebwerk	15
2.2.3 Alternative Triebwerksformen	22
2.2.4 Stauluftstrahltriebwerk	27
2.3 Methodik der Leistungs- und Syntheserechnung	33
2.3.1 Randbedingungen	33
2.3.2 Aerothermodynamische Auslegungsrechnung	36
2.3.3 Anpassung der Leistungsdaten an das Missionsprofil	41
2.4 Festlegung einer Referenzkonfiguration für den Antrieb	42
2.5 Schubcharakteristik der Antriebskonfiguration	44
3. Problematik der Integration des Antriebs in die Flugzelle	45
3.1 Begriffliche Abgrenzungen	45
3.1.1 Schubdefinitionen	45
3.1.2 Installationsverluste und -widerstände	46
3.1.3 Vektorielle Darstellung im flugmechanischen Koordinatensystem	46
3.2 Methodik der Bilanzierung ("Book-Keeping")	49
3.3 Interaktionen zwischen Flugzelle, Antrieb und Außenströmung	49
3.3.1 Bugstoß und Einlaufposition	51
3.3.2 Totaldruckverluste	52

3.3.3	Einfluß des Luftmassenstroms	54
3.3.4	Behandlung der Druckkräfte	56
3.3.5	Die reale Düsenströmung	59
4.	Rechenmodelle zur Beschreibung der peripheren Effekte	60
4.1	Voraussetzungen und Annahmen	60
4.1.1	Gasdynamische Grundlagen	60
4.1.2	Stufenströmungen	63
4.1.3	Definition der Bilanzgrenzen und Bezugszustände	66
4.1.4	Durchsatzmodell	70
4.1.5	Aufbau des Programmsystems	72
4.2	Modellierung des Bugstoßes	73
4.3	Grenzschichtrechnung	75
4.3.1	Turbulenzmodell	75
4.3.2	Geschwindigkeits- und Temperaturprofile	78
4.3.3	Verdrängungsdicken	80
4.3.4	Grenzschichtabsaugung im Diverter	83
4.4	Einlaufströmung	85
4.4.1	Aufbau des Fünf-Stoß-Diffusors	85
4.4.2	Geometrie der Einlaufstromröhre	89
4.4.3	Überlaufwiderstand	93
4.4.4	Rampenabbläsung	97
4.4.5	Anpassung der Einlauflippe	98
4.5	Druckkräfte an Lippe und Haube	102
4.5.1	Bilanzierungsmodell	102
4.5.2	Lippenwiderstand	104
4.5.3	Haubenwiderstand	105
4.6	Beschreibung der Heck- und Düsenströmung	108
4.6.1	Charakteristik der Düsenströmung	108
4.6.2	Einfluß der Reaktionskinetik	110
4.6.3	Modellierung des realen Düsenimpulses	111
4.6.4	Heck- und Düsenwiderstand	117

5.	Interaktionen zwischen einzelnen Widerstandskomponenten	122
5.1	Zusammenhang zwischen Grenzschicht- und Diverterverlusten	122
5.1.1	Verluste im Grenzschichtdiverter	122
5.1.2	Optimierung der Diverterhöhe	123
5.2	Der Einfluß geometrischer Parameter	125
5.2.1	Positionierung des Einlaufs	125
5.2.2	Triebwerksanordnung und Stirnfläche	130
5.2.3	Zusammenhang zwischen Hauben- und Düsenstellung	135
5.3	Anpassung des Durchsatzverhaltens von Einlauf und Turbotriebwerk	136
5.4	Wechselwirkungen zwischen Heck- und Düsenströmung	142
5.5	Stoß-Grenzschicht-Interaktionen	144
5.6	Korrelationen zwischen Widerstands- und Abtriebskomponenten	145
6.	Einfluß der peripheren Effekte auf die Antriebsauslegung	146
6.1	Widerstandscharakteristik	146
6.2	Bewertung der Einflußgrößen mit Hilfe der Parametervariation	148
6.2.1	Parametrisierung	148
6.2.2	Variation geometrischer Parameter	149
6.2.3	Variation durchsatzbezogener Parameter	154
6.3	Hinweise zur Sensitivität der Ergebnisse	156
6.4	Modifikation der thermodynamischen und konstruktiven Auslegung	157
6.4.1	Anpassung der aerothermodynamischen Auslegungsrechnung	157
6.4.2	Vorgaben für die geometrische und konstruktive Gestaltung	158
6.5	Bedeutung der peripheren Effekte für die Missionsfähigkeit hyper-sonischer Raumtransporter	160
7.	Zusammenfassung	163
8.	Anhang	165
9.	Literaturverzeichnis	167