

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	V
1. Einleitung	1
1.1 Das Hyperschallfluggerät in der Evolution der Luft- und Raumfahrt...	2
1.2 Zur Problematik des Entwurfes von Hyperschallflugzeugen	4
2. Aufgabenstellung	7
2.1 Gedanken zum Struktur-Thermalmanagement.....	8
2.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	10
3. Modellierung	13
3.1 Entwurfsvorgaben und Referenzflugmissionen	13
3.2 Atmosphärenmodell	13
3.3 Parametrisierte Referenzkonfiguration	14
3.3.1 Beschreibung der Konfiguration und Auslegungsziele	14
3.3.2 Das Geometriemodell.....	15
3.4 Ermittlung aerodynamischer Gesamtbeiwerte.....	18
3.4.1 "Impact-Angle"-Methoden.....	19
3.4.2 Ermittlung des Reibungswiderstandes	19
3.5 Auswahl der Antriebssysteme	21
3.5.1 Spezifischer Impuls.....	22
3.5.2 Kryogene Treibstoffe	23
3.6 Aufstiegsbahn- und Energiebedarfsabschätzung	23
3.6.1 Theoretische Grundlagen des Berechnungsverfahrens.....	24
3.6.2 Missions-Treibstoffbedarf	29
3.6.3 Anwendungsbereiche des Verfahrens	29

3.7	Aerothermodynamische Wärmelasten	31
3.7.1	Allgemeiner Lösungsansatz	33
3.7.2	Thermodynamische Ersatzmodelle	35
3.7.3	Aktiv gekühlte Strukturen	38
3.8	Struktur-Thermalanalyse der Konfiguration	43
3.8.1	Vorgehensweise und Diskretisierung der Oberflächen	43
3.8.2	Thermalanalyse entlang der Aufstiegsmission	45
3.9	Kraftstoffbedarf unter Berücksichtigung der Kühlthermalenergie	45
3.10	Sizing- und Massenbewertungsmethodik	47
3.10.1	Vorgehensweise und Anwendungsbereiche	49
3.10.2	Massenbilanz	51
3.10.3	Massenmodelle, Vorgaben und Annahmen	54
4.	Grundlegende Untersuchungen	67
4.1	Erste Abschätzung des Potentials zur Kraftstoffreduktion durch Thermalmanagement (TM)	67
4.2	Vergleich verschiedener Kühlsysteme	69
4.2.1	Einphasen- oder Zweiphasen-Wärmetauscher	69
4.2.2	Einkreis- oder Zweikreis-Kühlsystem	71
4.3	Aufstiegsbahn- und Thermalanalysen (ohne TM)	73
4.3.1	Analyse der Aufstiegsbahn mit Umschaltmachzahl $Ma=20$	73
4.3.2	Aerothermalbelastung und Maximallastszenarien	75
4.3.3	Kühlungsbedarf bespülter Oberflächen	77
4.3.4	Treibstoffbedarf bei Variation der Umschaltmachzahl	79
4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	80
5.	Struktur-Thermalmanagement	81
5.1	Konfigurationsauslegungen und Systemanalysen	82
5.1.1	Entwurfsvorgaben und Vorgehensweise	82
5.1.2	Treibstoffbedarf bei Variation der Umschaltmachzahl	84
5.1.3	Aktiver und passiver Thermalschutz	86
5.1.4	Referenz-Konfigurationen und Strukturflächengewichte	88
5.1.5	Fazit der Untersuchungen und kritische Anmerkungen	91
5.2	Sensitivitäts- und Nutzwertanalysen	92
5.2.1	Einfluß der Düsenkühlung	92
5.2.2	Variationen verschiedener Entwurfparameter	93
5.2.3	Worst-Case-Betrachtung	95
5.2.4	Einfluß des Kühlkriteriums	96
5.2.5	Zusammenstellung der Ergebnisse	98
6.	Zusammenfassung	101

Literatur	103
Gesamtentwurf, Systemstudien, Grundlagen	103
Fluidmechanik, Aero- Thermodynamik	105
Flugleistung, Flugmechanik.....	106
Massenermittlung, Werkstoffe, Bauweisen	108
Thermalschutz, Kühlsysteme.....	109
Antriebssysteme, Treibstoffe.....	110
Projektbezogene Studien, Beschreibungen	111
"Historische" Studien, Entwicklungsgeschichte.....	112
Verschiedenes.....	113
 Verzeichnis der Abbildungen	 115
 Verzeichnis der Tabellen	 119
 Anhang	 121
A.1 Daten zur Konfigurationsauslegung	121
A.2 Eingabelisten: Konfiguration BBB10	122
A.3 Eingabelisten: Konfiguration CCC15R.....	124
A.4 Eingabelisten: Konfiguration DDD20R	126
A.5 Geometrievariation zur Konfigurationsauslegung	128