

# Inhaltsverzeichnis

<b>Bezeichnungen</b>	<b>V</b>
<b>1. Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Das Hyperschallfluggerät in der Evolution der Luft- und Raumfahrt .....	2
1.2 Zur Problematik des Entwurfes von Hyperschallflugzeugen .....	4
<b>2. Aufgabenstellung</b>	<b>7</b>
2.1 Gedanken zum Struktur-Thermalmanagement .....	8
2.2 Zielsetzung und Vorgehensweise .....	10
<b>3. Modellierung</b>	<b>13</b>
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
<b>4.</b>	<b>Grundlegende Untersuchungen</b>	<b>67</b>
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	Aerothrmalbelastung 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
<b>5.</b>	<b>Struktur-Thermalmanagement</b>	<b>81</b>
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 Entwurfsparameter .....	93
5.2.3	Worst-Case-Betrachtung .....	95
5.2.4	Einfluß des Kühlkriteriums .....	96
5.2.5	Zusammenstellung der Ergebnisse .....	98
<b>6.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>101</b>

<b>Literatur</b>	<b>103</b>
Gesamtentwurf, Systemstudien, Grundlagen .....	103
Fluidmechanik, Aero-Thermodynamik .....	105
Flugleistung, Flugmechanik.....	106
Massenermittlung, Werkstoffe, Bauweisen .....	108
Thermalschutz, Kühlssysteme.....	109
Antriebssysteme, Treibstoffe.....	110
Projektbezogene Studien, Beschreibungen .....	111
"Historische" Studien, Entwicklungsgeschichte .....	112
Verschiedenes.....	113
<b>Verzeichnis der Abbildungen</b>	<b>115</b>
<b>Verzeichnis der Tabellen</b>	<b>119</b>
<b>Anhang</b>	<b>121</b>
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