

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	VIII
1. Einleitung	1
2. Problemstellung und Zielsetzung	12
3. Beschreibung der Simulationsverfahren und Modelle	17
3.1 Referenzkonfigurationen.....	17
3.2 Flugbahnsimulation.....	21
3.3 Referenzflugbahn.....	26
3.4 Ermittlung der aerodynamischen Beiwerte.....	28
3.4.1 Beschreibung der erforderlichen Beiwerte.....	29
3.4.2 Validierung der theoretischen Verfahren.....	30
3.4.3 Reibungswiderstandsbeiwert.....	31
3.4.4 Auftriebsbeiwert und induzierter Widerstandsbeiwert im Unterschallbereich.....	33
3.4.5 Vergleich mit experimentellen Ergebnissen für ELAC-I und die NASA-Konfiguration im Unterschallbereich.....	34
3.4.6 Auftriebsbeiwert und auftriebsabhängiger Widerstandsbeiwert im Überschallbereich.....	37
3.4.7 Auftriebsunabhängiger Widerstandsbeiwert im Überschallbereich.....	39
3.4.8 Vergleich von Beiwerten für die NASA-Konfiguration mit experimentellen Ergebnissen im Überschallbereich.....	41
3.4.9 Auftrieb und Widerstand im Bereich $0,8 < M < 1,2$	46
3.4.10 Vergleich von Beiwerten für die NASA-Konfiguration mit experimentellen Ergebnissen im Bereich $0,8 < M < 1,2$	46
3.4.11 Bewertung der verwendeten Verfahren zur Ermittlung der aerodynamischen Beiwerte.....	49
3.4.12 Aerodynamikmodell für ELAC-I.....	49
3.5 Verfahren zur Bestimmung der Fahrzeugleermasse.....	52
3.5.1 Ermittlung der Rumpfmasse.....	53
3.5.2 Massen von Tanks und Wärmeschutzsystem.....	57
3.5.3 Masse der Subsysteme.....	58
3.6 Antriebsmodell.....	60
3.6.1 Beschreibung der luftatmenden Antriebskonzepte.....	60
3.6.1.1 TLN-Ram.....	64
3.6.1.2 TLNK-Ram.....	65
3.6.1.3 ZTLN-Ram.....	66
3.6.1.4 TLN-Ram-Scram.....	67
3.6.1.5 TR-Ram.....	67

3.6.2	Annahmen und Triebwerksparameter.....	69
3.6.2.1	Antriebsintegration	69
3.6.2.2	Triebwerksparameter.....	70
3.6.3	Modelle für die Antriebskonzepte	72
3.6.3.1	Einfluß des Anstellwinkels auf den TLN-Antrieb	72
3.6.3.2	Einfluß des Anstellwinkels auf den Staustrahlantrieb	74
3.6.3.3	Modelle für den bezogenen Schub und den spezifischen Treibstoffverbrauch	76
3.6.4	Massenmodelle für den luftatmenden Antrieb	81
3.6.5	Raketenantrieb.....	83
4.	Vergleich horizontal startender RTS	84
4.1	Ergebnisse der Simulation	86
4.2	Leermassenanteil der Oberstufe	95
4.3	Leermassenanteil der Grundkonzepte: Einstufer und Unterstufe.....	100
4.4	Tankvolumen und Volumenausnutzung.....	107
4.5	Bewertung der ein- und zweistufigen Grundkonzepte	108
4.6	Vergleich der zweistufigen, bis $M=7$ und $M=12$ luftatmend angetriebenen Grundkonzepte	110
5.	Analyse und Bewertung von Fahrzeug- und Missionsparametern	116
5.1	Leermassenanteil der Oberstufe	118
5.2	Relative Dicke der Unterstufe	120
5.3	Startflächenbelastung der Unterstufe	123
5.4	Pfeilung/Streckung der Unterstufe.....	125
5.5	Schub-Gewichtsverhältnis der Unterstufe beim Start	127
5.6	Schub-Gewichtsverhältnis der Unterstufe im Auslegungspunkt.....	129
5.7	Auslegungsmachzahl der Unterstufe	131
5.8	Aufschwungmanöver der Unterstufe.....	132
5.9	Stufungsbahnwinkel.....	134
5.10	Schub-Gewichtsverhältnis der Oberstufe	134
5.11	Spezifischer Impuls der Oberstufe.....	136
5.12	Optimierung der Unterstufe.....	137
5.13	Luftatmendes Antriebssystem	140
5.13.1	Vergleich der Turbotriebwerke	141
5.13.2	Staustrahlantriebssystem mit Unterschallverbrennung	148
6.	Sicherheit und Zuverlässigkeit horizontal startender RTS	155
6.1	Triebwerksausfall in der Flugphase mit luftatmendem Antrieb.....	160
6.1.1	Triebwerksausfall in der Startphase	161
6.1.2	Triebwerksausfall bei $M=2,9$ und $M=7$	161
6.2	Bergung der Oberstufe bei Versagen des Hauptantriebs	163
6.3	Ermittlung der Verlustrate der Unterstufe.....	165

7. Wärmebelastung und Auslegung des Wärmeschutzsystems	170
7.1 Wärmeübertragung auf eine ebene Platte.....	173
7.1.1 Gleichgewichtstemperatur der ebenen Platte.....	180
7.2 Wärmeübertragung im Staupunkt.....	184
7.2.1 Gleichgewichtstemperatur in der Staulinie.....	188
7.3 Einfluß der Wärmeleitung und Dimensionierung des Wärmeschutzsystems	192
7.4 Auslegung des Wärmeschutzsystems für die Referenzkonfiguration.....	198
7.4.1 Dicke des Wärmeschutzsystems.....	199
7.4.2 Temperaturverteilung.....	201
7.5 Kühlkapazität.....	205
8. Einfluß der Modelltoleranzen	207
9. Zusammenfassung	211
Anhang	216
Anhang zu Kapitel 3.5	216
Anhang zu Kapitel 3.6	218
Literaturverzeichnis	224