

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen	v
1 Einführung	1
1.1 Entwicklung neuer Raumtransportsysteme	1
1.2 Bedeutung von Triebwerksstörungen im Hyperschall	2
1.3 Literaturbetrachtung	4
1.4 Zielsetzung und Voraussetzungen	5
1.4.1 Ziel der vorliegenden Untersuchung	5
1.4.2 Voraussetzungen und Randbedingungen	6
2 Modellierung	7
2.1 Verwendete Koordinatensysteme	7
2.1.1 Inertialsystem	7
2.1.2 Geodätisches Koordinatensystem	7
2.1.3 Flugzeugfestes Koordinatensystem	7
2.1.4 Aerodynamisches Koordinatensystem	8
2.1.5 Führungskordinatensystem	8
2.2 Erdmodell	8
2.3 Differentialgleichungen	9
2.3.1 Kraftgleichungen	9
2.3.2 Momentengleichungen	9
2.3.3 Radiusvektor, Längen- und Breitengrad	10
2.3.4 Lagewinkel	10
2.4 Zweistufiges Fluggerät	11
2.4.1 Konfiguration	11
2.4.2 Schwerpunktabstände	12
2.4.3 Trägheitsmomente	12
2.4.4 Aerodynamik	13
2.4.5 Neutralpunktlage	16
2.4.6 Basiskonzept der Flugregelung	17
2.5 Triebwerksmodell	23

2.5.1	Konzeption des Antriebmodells	23
2.5.2	Von der Leistungssynthese zum Antriebsmodell	24
2.5.3	Regelung des Triebwerks	26
2.6	Flugmechanische Beschränkungen	27
2.6.1	Flugmachzahl	27
2.6.2	Anstellwinkel	28
2.6.3	Staudruck	28
2.6.4	Lastfaktoren	28
2.6.5	Schiebewinkel	29
2.6.6	Hängewinkel	30
2.6.7	Ruderauslenkungen	30
2.6.8	Rudergeschwindigkeiten	30
2.6.9	Brennstoffmassenströme	31
2.6.10	Temperaturen	31
2.6.11	Drücke	31
2.7	Integration von Triebwerk und Fluggerät	31
2.7.1	Bookkeeping	31
2.7.2	Bezugspunkt Triebwerk	32
2.7.3	Nickmomentengleichung	33
2.7.4	Seitenbewegung	34
2.7.5	Rollmomentengleichung	35
2.7.6	Giermomentengleichung	36
2.8	Triebwerksstörungen	36
2.8.1	Leistungsabfall in der Treibstoffzufuhr	36
2.8.2	Verlöschen der Brennkammer	37
2.8.3	Störung des Einlaufstoßsystems	39
2.8.4	Brennkammerschwingungen	41
3	Flugdynamik des unregelten Flugzeugs	43
3.1	Literatur	43
3.2	Einflußparameter	43
3.3	Auswahl eines Referenzzustandes	44
3.4	Symmetrische Bewegungsformen	45
3.4.1	Einfluß der Art der Triebwerksstörung	46
3.4.2	Einfluß der Lage der Triebwerke am Flugzeug	47
3.4.3	Einfluß der Anzahl der gestörten Triebwerke	48
3.4.4	Einfluß der Stördauer	50
3.4.5	Einfluß der Intensität der Störung	51
3.4.6	Einfluß des zeitlichen Verlaufs der Störung	52

3.4.7	Einfluß des Flugzustands	53
3.4.8	Einfluß der Schwerpunktlage in x-Achsenrichtung	55
3.4.9	Einfluß der Schwerpunktlage in z-Achsenrichtung	56
3.4.10	Einfluß der Resttreibstoffmasse	57
3.4.11	Allgemeingültigkeit der Ergebnisse	58
3.4.12	Zusammenfassung	63
3.5	Unsymmetrische Bewegungsformen	66
3.5.1	Einfluß der Art der Triebwerksstörung	66
3.5.2	Einfluß von Anzahl und Lage der gestörten Triebwerke	68
3.5.3	Einfluß der Stördauer	69
3.5.4	Einfluß der Intensität der Störung	70
3.5.5	Einfluß des zeitlichen Verlaufs der Störung	70
3.5.6	Einfluß des Flugzustands	71
3.5.7	Einfluß des Anfangshängewinkels beim Kurvenflug	72
3.5.8	Einfluß der Schwerpunktlage in x-Achsenrichtung	73
3.5.9	Einfluß der Schwerpunktlage in z-Achsenrichtung	73
3.5.10	Einfluß der Resttreibstoffmasse	75
3.5.11	Allgemeingültigkeit der Ergebnisse	76
3.5.12	Zusammenfassung	77
4	Untersuchungen mit Flugregelung	81
4.1	Grenzwerte und ihre Bedeutung für die Fliegbarkeit	81
4.2	Auswahl der Untersuchungen	82
4.2.1	Art der untersuchten Triebwerksstörungen	82
4.2.2	Anzahl und Lage der Triebwerke am Fluggerät	82
4.3	Voraussetzungen für eine Vergleichbarkeit	83
4.3.1	Wirksamkeit der Flugregelung	83
4.4	Symm. Bewegungsformen mit Flugregelung	85
4.4.1	Einfluß der Art der Triebwerksstörung	85
4.4.2	Maßnahmen zur Verbesserung des Lastfaktorproblems	87
4.4.3	Verlöschen der Brennkammer	87
4.4.4	inlet unstart	90
4.4.5	Allgemeingültigkeit der Ergebnisse	93
4.4.6	Zusammenfassung	94
4.5	Unsymm. Bewegungsformen mit Flugregelung	96
4.5.1	Einfluß der Art der Triebwerksstörung	96
4.5.2	Verlöschen der Brennkammer	96
4.5.3	inlet unstart	101
4.5.4	Allgemeingültigkeit der Ergebnisse	104

4.5.5 Zusammenfassung	104
5 Zusammenfassung	107
5.1 Problematik	107
5.2 Längsbewegung	107
5.3 Seitenbewegung	108
5.4 Ausblick	110
Literaturverzeichnis	111
A Konfiguration	119
A.1 Schwerpunktabstände	119
A.1.1 Oberstufe	119
A.1.2 Unterstufe	119
A.1.3 Gesamtkonfiguration	119
A.2 Trägheitsmomente	121
B Erdmodell	123
B.1 Gravitationsmodell	123
B.2 Abplattung	124
B.3 Transformationsmatrix Führungskoordinatensystem	124
Index	125