

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung iv

Abstract vi

Formelzeichen und Abkürzungen viii

Ebenenbezeichnung im Triebwerk xvii

Abbildungsverzeichnis xviii

1 Einführung 1

1.1 Allgemeine Einführung 1

1.2 Wellenbruchmethodik 3

1.2.1 Wellenbruchszenario 5

1.2.2 Flugbedingung 7

1.2.3 Reaktion des Regelungssystems 8

1.3 Bestehende Wellenbruchmodelle 8

1.4 Aufgabenstellung 11

2 Verdichtersystemmodelle 13

2.1 Verdichtersystemmodelle - 'anliegende Strömung' 13

2.2 Verdichtersystemmodelle - abgelöste Strömung 14

2.3 Diskussion der Modelle 16

3 Modellbildung 18

3.1 Wellenbruchmodell 18

3.2 Verdichtersystemmodell 19

3.2.1 1-dimensional, stufenweiser Ansatz 19

3.2.2 Numerische Lösungsmethode 21

3.2.3 Verdichterquellterme: F_X und W_A 25

3.2.4 Brennkammerquellterm: Q_B 26

3.2.5 Druckverlustquellterm: F_D 28

3.2.6 Wärmetauschquellterm: Q_W 28

3.2.7	Zapfluftquellterme: M_Z und H_Z	29
3.3	Extrapolation der Verdichter kennfelder	29
3.3.1	Extrapolation der Stufenkennfelder: 'Rückwärtsströmung'	29
3.3.2	Extrapolation der Stufenkennfelder: 'rotierende Ablösung'	32
3.4	Turbinenmodell	34
3.4.1	Verlustdrehmomente	35
3.4.2	Spitzenspaltänderung	40
4	Validierung	43
4.1	Validierung der numerischen Lösungsmethode	43
4.2	Validierung der Verdichter quellterme	45
4.2.1	Stationärer 3-Stufen Axialverdichter	45
4.2.2	Instationärer 3-Stufen Verdichter	48
4.2.3	Stationärer 10-Stufen Axialverdichter	51
4.3	Validierung der Extrapolationsmethoden	55
4.4	Validierung der Quellterme des Verdichtersystems	58
4.4.1	Stationäre Betriebslinie	60
4.4.2	Instationäre Betriebslinie	62
4.4.3	Instationäre Betriebslinie bei 'abgelöster Strömung'	65
4.5	Validierung des Turbinenmodells	71
5	Anwendung des Modells	75
5.1	Modellbildung	75
5.2	Wellenbruchszenarien	76
5.3	Simulationsergebnisse	77
5.4	Bewertung der Simulationsergebnisse	78
6	Zusammenfassung und Ausblick	82
6.1	Zusammenfassung	82
6.2	Ausblick	84
	Literaturverzeichnis	85

Anhang	93
6.3 Kennfelder und Stufenkennfelder des 10-Stufen Axialverdichters	93
Lebenslauf	100