

# Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	iv
Abstract	vi
Formelzeichen und Abkürzungen	viii
Ebenenbezeichnung im Triebwerk	xvii
Abbildungsverzeichnis	xviii
<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
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
<b>2 Verdichtersystemmodelle</b>	<b>13</b>
2.1 Verdichtersystemmodelle - 'anliegende Strömung' . . . . .	13
2.2 Verdichtersystemmodelle - abgelöste Strömung . . . . .	14
2.3 Diskussion der Modelle . . . . .	16
<b>3 Modellbildung</b>	<b>18</b>
3.1 Wellenbruchmodell . . . . .	18
3.2 Verdichtersystemmodell . . . . .	19
3.2.1 1-dimensionaler, 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 Verdichterkennfelder . . . . .	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
<b>4 Validierung</b> . . . . .	<b>43</b>
4.1 Validierung der numerischen Lösungsmethode . . . . .	43
4.2 Validierung der Verdichterquellterme . . . . .	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
<b>5 Anwendung des Modells</b> . . . . .	<b>75</b>
5.1 Modellbildung . . . . .	75
5.2 Wellenbruchszenarien . . . . .	76
5.3 Simulationsergebnisse . . . . .	77
5.4 Bewertung der Simulationsergebnisse . . . . .	78
<b>6 Zusammenfassung und Ausblick</b> . . . . .	<b>82</b>
6.1 Zusammenfassung . . . . .	82
6.2 Ausblick . . . . .	84
<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	<b>85</b>

<b>Anhang</b>	<b>93</b>
6.3 Kennfelder und Stufenkennfelder des 10-Stufen Axialverdichters . . . . .	93
<b>Lebenslauf</b>	<b>100</b>