

Symbolverzeichnis	XII
1 Einführung	1
1.1 Motivation.....	1
2 Technische Grundlagen der Abgasturboaufladung	3
2.1 Abgasturboaufladung der Verbrennungskraftmaschine.....	3
2.2 Thermodynamische Grundlagen des Abgasturboladers.....	5
2.2.1 Allgemeine reduzierte Strömungskennzahlen	5
2.2.2 Verdichter	7
2.2.3 Turbine	8
2.3 Zweiflutige Turbine.....	11
2.4 Turbinenkennfelddarstellung	13
3 Wissenschaftlicher Kenntnisstand zu zweiflutigen Turbinen	15
3.1 Strömungsverhalten zweiflutiger Turbinen	15
3.2 Turbinenkennfeldinter- und -extrapolation	17
3.3 Modellierung des Strömungsverhaltens zweiflutiger Turbinen.....	19
4 Zielsetzung und Untersuchungsmethodik	23
4.1 Ziel der Arbeit	23
4.2 Untersuchungsmethodik	25
5 Experimentelle Untersuchungen	27
5.1 Versuchsträger	27
5.2 Versuchsanlage	29
5.3 Klassische Turbinenkennfeldmessung	31
5.3.1 Gleich- und Einzelbeaufschlagung	32
5.3.2 Ungleichbeaufschlagung bei konstantem Strangdruckverhältnis.....	37
5.4 Strömungsähnlichkeit bei Turbinenkennfeldvermessungen.....	42
5.4.1 Ungleichbeaufschlagung bei konstantem Machzahlverhältnis.....	47
5.4.2 Ermittlung der Reibungsverluste	51
5.4.3 Temperaturungleichbeaufschlagung	55
5.4.4 Druck- und Temperaturungleichbeaufschlagung.....	59
5.5 Strömungsprofilmessungen	62
5.5.1 Messprinzip und Versuchsaufbau	63
5.5.2 Untersuchung der Geschwindigkeitsprofile	69

5.5.3	Untersuchung der Strömungsähnlichkeit.....	77
6	Dreidimensionale numerische Untersuchung.....	82
6.1	Methodik und Strömungsmodell.....	82
6.2	Betrachtung der Turbine unter stationären Randbedingungen	84
6.2.1	Validierung des numerischen Verfahrens mittels Integralkennwerte	84
6.2.2	Validierung des numerischen Verfahrens mittels detaillierter Strömungsprofilmessungen.....	86
6.2.3	Gleich- bzw. Einzelbeaufschlagung.....	90
6.2.4	Druck-Ungleichbeaufschlagung.....	95
6.2.5	Temperatur-Ungleichbeaufschlagung	101
6.2.6	Konstantes Druckverhältnis einer Turbinenflut.....	106
6.2.7	Rückströmung	109
6.3	Betrachtung der Turbine unter motornahen Randbedingungen.....	111
6.3.1	Turbinenmodellierung und Randbedingungen	111
6.3.2	Numerische Ergebnisse der instationären Turbinenbetrachtung	113
7	Turbinenmodellierung in der Motorprozesssimulation	118
7.1	Zweiflutige Turbinenmodellierung	118
7.1.1	Identifikation des Strömungszustandes der zweiflutigen Turbine.....	119
7.1.2	Turbinendrehzahlmodellierung.....	122
7.1.3	Flussdiagramm der zweiflutigen Turbinenmodellierung	122
7.2	Zweiflutige Turbine unter Motorrandbedingungen	124
7.2.1	Detaillierte Untersuchung des Turbinenverhaltens.....	124
7.2.2	Vergleich der Ergebnisse zur 3-dimensionalen Simulation	130
7.2.3	Turbinenverhalten bei unterschiedlichen Motordrehzahlen	134
7.3	Betriebspunktorientierte Optimierung zweiflutiger Turbinen.....	137
7.4	Randkennfeldbasierte Turbinenmodellierung.....	139
7.4.1	Durchsatzparametermodellierung	139
7.4.2	Turbinenwirkungsgradmodellierung.....	141
7.4.3	Modellierungsgüte.....	142
8	Diskussion und Ausblick	146
	Abbildungsverzeichnis	152
	Tabellenverzeichnis.....	160
	Literaturverzeichnis.....	162
	Anhang.....	172
	Weiterführende Untersuchung und Optimierung.....	172
	Vertauschte Flutenanordnung	172

<i>Numerische Betrachtung</i>	173
<i>Experimentelle Betrachtung</i>	176
Untersuchung der Einzelbeaufschlagung - Teilstromturbine.....	177
<i>Numerische Betrachtung</i>	178
<i>Experimentelle Betrachtung</i>	182
Zusätzliche Informationen und Auswertungen	184
Lebenslauf.....	191