

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	X
1 Einleitung	1
2 Motivation und Zielsetzung	4
3 Stand der Technik	7
3.1 Aerodynamischen Verluste im Laufrad des Verdichters	7
3.1.1 Anordnung jedes Verlustes	8
3.1.2 Modellierung der einzelnen Verluste	10
3.2 CFD-basiertes Optimierungsverfahren	22
3.2.1 Erstellen des parametrischen Modells.....	24
3.2.2 Stochastische Verteilungsmethoden	24
3.2.3 Sensitivitätsanalyse und Approximationsmodell	25
3.2.4 Optimierung	29
3.2.5 Robustheitsanalyse.....	34
3.3 1D-Motorprozesssimulation	36
3.3.1 1D-numerische Simulation der Rohrströmung.....	36
3.3.2 Wichtige Module in GT-Power.....	37
3.4 Finite-Elemente-Methode (FEM)	39
3.4.1 Lineare FEM	39
3.4.2 Nichtlineare FEM	41
4 Simulationsvorbereitung und Preprocessing	44
4.1 CFD-Modellierung des vorhanden Verdichters.....	44
4.1.1 Simulationsobjekt.....	44
4.1.2 Validierung der Simulationsergebnisse	46
4.2 FEM-Modellierung des untersuchten Laufrades	49
4.3 Strategie zur Optimierung des Verdichters.....	51
4.3.1 Optimierungsprozess	51
4.3.2 Optimierungsziel	55
4.3.3 Komplettes Modell zur Optimierung des Laufrades	55
5 3D-Untersuchung der Verlustmechanismen	57
5.1 Strömungsanalyse am Laufrad	57
5.2 Quantitative Berechnung einzeln Verlustes.....	60

5.2.1	Inzidenzverlust.....	61
5.2.2	Sekundärverlust.....	63
5.2.3	Spaltverlust.....	64
5.2.4	Rezirkulationsverlust.....	65
5.2.5	Grenzschichtverlust	65
5.2.6	Verlust hinter dem Laufrad.....	66
5.3	Einflüsse verschiedener Parameter auf die Verlustverteilung.....	67
5.3.1	Unterschiedliche Winkel der Eintrittskante	67
5.3.2	Unterschiedliche Winkel der Austrittskante	70
5.4	Vor- und Nachteile der verwendeten Methode zur Bestimmung des aerodynamischen Verlustes	72
6	Optimierung des Verdichters	74
6.1	Festigkeitsanalyse in Abhängigkeit von Fliehkraft sowie Temperatur- und Druckverteilung	74
6.2	Sensitivitätsanalyse	75
6.3	Optimierung des Laufrades.....	78
6.4	Vergleich zwischen Basis- und optimiertem Laufraddesign.....	81
6.4.1	Geometrischer Vergleich.....	81
6.4.2	Aerodynamische Verluste	85
7	1D-Untersuchung des optimierten Verdichters bezogen auf den Motorprozess...88	
7.1	Modellierung des Verbrennungsmotors mittels GT-Power	88
7.2	Durchführung der 1D-Motorprozesssimulation	90
7.2.1	Schritt 1: Statische Simulation zur Berechnung der Größe für jedes Regelungssystem	90
7.2.2	Schritt 2: Ersetzen des Regelungssystems durch XYZ-Map	91
7.2.3	Schritt 3: Transiente Simulation bei niedrigen und hohen Drehzahlen sowie im NEFZ-Fahrzyklus	91
7.3	Vergleich der Motorperformance mit unterschiedlichen Verdichtern.....	93
7.3.1	Lastsprung bei niedriger Motordrehzahl	93
7.3.2	Lastsprung bei hoher Motordrehzahl.....	95
7.3.3	Betriebspunktwechsel im NEFZ	97
8	Fazit und Ausblick.....	99
	Literaturverzeichnis.....	102
	Anhang	107