

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	II
Inhaltsverzeichnis	III
Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XII
Nomenklatur	XIII
1 Einleitung	1
2 Motivation	3
3 Grundlagen	5
3.1 Dieselmotor.....	5
3.2 Abgasturbolader.....	8
3.3 Thermodynamische Kennfelder.....	10
4 Stand der Technik	12
4.1 Technologiestand Dieselmotor.....	12
4.1.1 Aufladung.....	13
4.1.2 CO ₂ -Gesetzgebung für PKW - Fahrzyklen.....	14
4.2 Aktuelle Simulationsmethoden des Motorprozesses.....	17
4.2.1 Die 1D-Motorprozesssimulation.....	18
4.2.1.1 Verbrennungsmodelle in GT Power.....	18
4.2.1.2 Wärmetransfermodelle in GT Power.....	20
4.2.1.3 Abgasturbolader-Kennfelder in GT Power.....	21
4.2.2 Methoden der Verlustteilung.....	22
5 Zielsetzung	24
6 Auswahl und Diskussion der Mess- und Simulationsmethoden	26
6.1 Heißgas- und Motorprüfstand.....	26
6.1.1 Heißgasprüfstand.....	26
6.1.2 Motorprüfstand.....	28

6.2 Simulation in GT Power.....	30
6.3 Verlustteilung in TIGER und GT Power.....	31
6.3.1 Verlustteilung in TIGER.....	31
6.3.2 Verlustteilung in GT Power.....	32
6.4 Ausgewählte Mess- und Simulationsmethoden.....	32
7 Messungen am Heißgasprüfstand.....	34
7.1 Versuchsaufbau und Messtechnik Heißgasprüfstand.....	34
7.2 Versuchsträger Heißgasprüfstand.....	35
7.3 Versuchsdurchführung.....	37
7.3.1 Referenzpunktmessung.....	38
7.3.2 Verdichterkennfeld.....	39
7.3.3 Turbinenkennfeldmessung mit konstantem Druckverhältnis.....	40
7.3.4 VTG-Kennfelder.....	41
7.4 Berechnungsmethoden.....	42
7.4.1 Referenzwirkungsgrad des Abgasturboladers.....	42
7.4.2 PiT-Methode.....	43
7.4.3 u/c_0 -Methode.....	49
7.4.4 n_{red} -Methode.....	51
7.5 Fehleranalysen Heißgasprüfstand.....	52
7.6 Ergebnisse Heißgasmessmethodik.....	57
8 Messungen am Motorprüfstand.....	61
8.1 Versuchsaufbau und Messtechnik Motorprüfstand.....	61
8.2 Versuchsträger Motorprüfstand.....	63
8.3 Konfigurationen der Applikation.....	64
8.4 Versuchsdurchführung.....	66
8.4.1 AGR-Haken.....	66
8.4.2 Lastsprünge.....	68
8.4.3 Verbrauchskennfelder.....	69
8.5 Fehleranalysen Motorprüfstand.....	70
8.6 Ergebnisse Motormessmethodik.....	72
9 Motorprozesssimulationen mit GT Power.....	79
9.1 Aufbau und Regelung GT Power Modell.....	79
9.1.1 Ladeluftkühler.....	81
9.1.2 Abgasrückführrate.....	81

9.1.3 Ladedruck.....	82
9.1.4 Effektives Moment.....	83
9.2 Modellierungen des Brennverlaufes.....	84
9.2.1 Feste Brennverläufe.....	85
9.2.2 Prädiktive Brennverläufe.....	87
9.3 Wärmestrommodellierung Abgasturbolader.....	88
9.4 Abgasturbolader Kennfeld- und Temperaturextrapolation.....	91
9.5 Simulationsdurchführung.....	93
9.6 Fehleranalysen GT Power Modell.....	93
9.7 Ergebnisse GT Power Modell.....	100
9.7.1 ATL-Wirkungsgrade.....	101
9.7.2 Kraftstoffverbrauch des Motors.....	103
10 Ergebnisse, Analyse und Interpretation.....	105
10.1 Ergebnisse.....	105
10.1.1 Stationärer Einfluss des ATL-Wirkungsgrades.....	105
10.1.2 Turboladersensitivität (TLS).....	107
10.1.3 Validierung GT Power Modell.....	109
10.2 Analysen.....	111
10.2.1 Verlustteilung.....	112
10.2.2 Einfluss des Abgasturboladers.....	115
10.2.2.1 Ladungswechsel.....	116
10.2.2.2 Wandwärmeströme.....	120
10.2.2.3 Abgasenthalpie.....	122
10.2.2.4 Reibung.....	125
10.3 Interpretation: Wirkkreis des Einfluss ATL Wirkungsgrades auf CO ₂	126
11 Kraftstoffverbrauch im Fahrzyklus.....	129
11.1 Berechnung des Kraftstoffverbrauchs.....	129
11.1.1 Gewichtung der Betriebspunkte.....	129
11.1.2 Lastkollektiv.....	131
11.1.3 Matlab-Tool.....	132
11.1.4 Zusammenfassung Bestimmung Kraftstoffverbrauch.....	132
11.2 Berechnung des ATL-Wirkungsgrades.....	134
11.2.1 Mittlerer Betriebspunkt.....	134
11.2.2 Gewichtung der Betriebspunkte.....	135
11.2.3 Lastkollektiv.....	136

11.2.4 Zusammenfassung Bestimmung ATL-Wirkungsgrad.....	137
11.3 Einfluss des ATL-Wirkungsgrades.....	138
11.3.1 Stationärer Einfluss im Fahrzyklus.....	139
11.3.2 Dynamischer Einfluss im Fahrzyklus.....	142
12 Diskussion der Ergebnisse.....	146
13 Zusammenfassung.....	150
14 Ausblick.....	152
15 Literaturverzeichnis.....	153
16 Anhänge.....	162
A Heißgasprüfstand.....	162
B Motorprüfstand.....	177
C Wärmestrommodellierung in GT Power.....	185
D Turboladersensitivität.....	187
E Lastkollektive und Gewichtung der Fahrzyklen.....	200