

Inhaltsverzeichnis

Geleitwort	v
Vorwort und Danksagung	VII
Abstract	IX
Kurzfassung	XI
Abbildungsverzeichnis	XVII
Formelzeichen und Abkürzungen	XXI
1 Einleitung	1
2 Zielsetzung	3
3 Grundlagen und Stand der Technik	5
3.1 Ottomotorische Gemischbildung und Verbrennung	5
3.1.1 Gemischbildung.....	5
3.1.2 Verbrennung.....	8
3.2 Ladeluftkühlung bei Ottomotoren.....	12
3.2.1 Ladeluftkühlung mittels Wärmeübertrager	13
3.2.2 Ladeluftkühlung ohne Wärmeübertrager.....	16
3.3 Betriebsgrenzen des aufgeladenen Ottomotors.....	20
3.3.1 Verbrennungsanomalien.....	22
3.3.2 Mechanische Belastung.....	27
3.3.3 Thermische Belastung.....	28
3.3.4 Topologie und Kurzbewertung der Maßnahmen zur Einhaltung der Motorbetriebsgrenzen.....	29
3.4 Motorprozess-Simulation und Modellierung der Verbrennung	30
3.4.1 Motorgesamtprozessanalyse	31
3.4.2 Modellierung der Verbrennung	33
4 Versuchsaufbau und Methodik	37
4.1 Versuchsaufbau	37
4.2 Methodik	40
4.2.1 Repräsentativer Zylinderdruckverlauf	41

4.2.2	Zylinderdruckverlaufsanalyse am Motorprüfstand.....	43
4.2.3	Thermodynamische Druckverlaufsanalyse	48
5	Sensitivitätsanalyse von Einflussgrößen auf den Motorbetrieb	51
5.1	Brennverlauf.....	53
5.2	Wandwärmeverluste.....	58
5.3	Indizierter Wirkungsgrad	60
5.4	Maximaler Zylinderdruck	61
5.5	ZylinderspitzenTemperatur.....	63
5.6	Abgastemperatur vor Turbine	65
5.7	Einfluss der Ladelufttemperatur bei unterschiedlicher Last.....	66
5.8	Zusammenfassung.....	69
6	Einfluss der Ladelufttemperatur auf die Verbrennung	71
6.1	Betriebspunkt $n=2000\text{min}^{-1}$ und $p_{m0}=2\text{bar}$	71
6.2	Lastschnitte bei $p_{m0}=6$ und 12 bar	72
6.3	Motorbetriebsgrenzen	79
6.3.1	Klopfgrenze	80
6.3.2	Klopf-, Zylinderdruck- und Abgastemperaturgrenze.....	82
6.3.3	Zylinderdruck- und Abgastemperaturgrenze	83
7	Einfluss der Ladelufttemperatur auf Leistungsdichte und Wirkungsgrad	85
7.1	Anhebung der Last bei thermodynamisch erwünschtem Verbrennungsschwerpunkt und stöchiometrischem Luftverhältnis.....	85
7.2	Anhebung der Last bei variablem Verbrennungsschwerpunkt und stöchiometr. Luftverhältnis.....	87
7.3	Vollast	90
7.3.1	Anhebung der Vollastkurve	90
7.3.2	Motorwirkungsgrad und thermische Turbinenbelastung bei konstanter motorischer Vollast.....	92
7.4	Steigerung des max. Zylinderdrucks und der Nennleistung bis zur Klopfgrenze	97
7.4.1	Mitteldruckniveau an der Vollast	97
7.4.2	Nennleistung	99
7.5	Simulationsstudie zum Grenzpotenzial des Brennverfahrens	103
7.6	Zwischenergebnis	105

8	Potenzial der Ladeluftkühlung mittels Pkw-Klimaanlage	107
8.1	Konzept der Ladeluftkühlung mittels der Pkw-Klimaanlage	108
8.2	Berechnung des Potenzials der Ladeluftkühlung mittels Pkw-Klimaanlage	113
8.2.1	Break-Even-Lastlinie im Motorkennfeld und Wirkungsgradverbesserung bei konstanter Vollast	114
8.2.2	Steigerung von Low-End Torque, Vollastniveau und Nennleistung	115
9	Brennverlaufsvoraussage für aufgeladene Ottomotoren	119
9.1	Empirische Ansätze.....	120
9.1.1	Csallner (1981).....	121
9.1.2	Hockel (1982)	121
9.1.3	Theissen (1989).....	121
9.1.4	Neugebauer (1996)	122
9.1.5	Witt (1999).....	122
9.1.6	Hoppe (2002)	123
9.1.7	Milocco (2007)	123
9.2	Phänomenologische Ansätze	124
9.3	Güte der Brennverlaufsvoraussage von veröffentlichten Ansätzen für den Versuchsträger	125
9.3.1	Referenzkennfelder	125
9.3.2	Vorgabe des Zündzeitpunktes	127
9.3.3	Vorgabe des Verbrennungsschwerpunktes	133
9.3.4	Einfluss der Kalibrierung der phänomenologischen Modelle auf die Güte der Voraussage im Vergleich zum Wiebe-Brennverlauf bei Vorgabe des Verbrennungsschwerpunktes	135
9.4	Formulierung eines eigenen Ansatzes zur Brennverlaufsvoraussage für den Versuchsträger	137
9.4.1	Vorbetrachtung zur Brenndauer.....	139
9.4.2	Modellannahmen, Messdatenbasis und Methodik	141
9.4.3	Formulierung der Umrechnungsvorschrift.....	141
9.4.4	Validierung am Versuchsträger.....	145
9.5	Überprüfung der Übertragbarkeit auf andere Ottomotoren	146
10	Zusammenfassung	149
Literaturverzeichnis		153
Anhang		163