

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	X
Nomenklatur	XI
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Grundlagen der Partikelentstehung	4
2.1 Chemische Bildungsmechanismen	5
2.2 Thermodynamische Randbedingungen	9
3 Motorische Randbedingungen der Partikelentstehung	16
3.1 Ottomotoren mit Benzindirekteinspritzung	16
3.1.1 Betriebsarten	17
3.1.2 Gemischbildungsverfahren	22
3.1.3 Schadstoffemissionen	24
3.2 Partikelzusammensetzung in Ottomotoren mit Direkteinspritzung	26
3.3 Einfluss des Verbrennungsluftverhältnisses	27
3.4 Einfluss des Einspritzsystems	28
3.5 Einfluss der Einspritzparameter	32
3.6 Einfluss der Zündungsparameter	34
3.7 Einfluss der Ladungsbewegung	35
3.8 Einfluss des Motorbetriebspunktes	36
3.9 Einfluss der Motortemperatur	36
3.10 Vergleich Ottomotor - Dieselmotor	37
4 Versuchsaufbau und Messtechnik	40
4.1 Aggregate für thermodynamische und optische Untersuchungen	40
4.2 Konventionelle Messtechnik	42
4.3 Sondermesstechnik	45
4.3.1 Faseroptische Zündkerze	45
4.3.2 Lichtleiterzündkerze	45
4.3.3 Laserinduzierte Inkandescenz (LII)	46
4.3.4 Endoskopische Hochgeschwindigkeits-Visualisierung	49

5 Partikelentstehung im kalten Motorbetrieb	52
5.1 Katalysatorheizbetrieb	53
5.1.1 Untersuchungen am Einzylinderaggregat	54
5.1.2 Untersuchungen am Transparentaggregat	58
5.1.3 Untersuchung von Mehrfacheinspritzungen	61
5.2 Motorwarmlauf	63
5.3 Fazit	65
6 Partikelbildung im Schichtladebetrieb	66
6.1 Untersuchungen am Vollmotor	67
6.1.1 Einfluss der Einspritzparameter	67
6.1.2 Wirksamkeit der Einspritzparameter und Einfluss des Betriebspunktes	75
6.1.3 Einfluss der Abgasrückführrate	77
6.2 Untersuchungen mit LII-Messtechnik am Transparentaggregat	81
6.2.1 Statistische Untersuchung der Zusammenhänge von Rußstrahlung und Indiziergrößen	86
6.2.2 Örtliche Analyse der Rußstrahlung	94
6.2.3 Vergleich der örtlichen Analyse mit Simulationsergebnissen	97
6.2.4 Fazit der LII-Messungen	99
6.3 Untersuchungen mit Hochgeschwindigkeits-Visualisierung am Vollmotor . .	100
6.3.1 Analyse von auffälligen Arbeitsspielen	104
6.3.2 Statistische Untersuchung der Zusammenhänge von Rußeigenleuchten und Indiziergrößen	108
6.3.3 Einfluss von AGR und Einspritzparametern auf das Rußeigenleuchten	111
6.3.4 Örtliche Analyse des Rußeigenleuchtens	113
6.3.5 Vergleich der Hochgeschwindigkeits-Visualisierung mit VisioFEM . .	114
6.3.6 Fazit der Hochgeschwindigkeits-Visualisierung	115
6.4 Fazit der Partikelbildung im Schichtladebetrieb	117
7 Zusammenfassung und Ausblick	121
A Anhang	124
Literaturverzeichnis	131
Lebenslauf	143