

Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Herausgeber	iii
Vorwort des Autors	v
Abstract	vii
Nomenklatur	xi
1 Einleitung, Zielsetzung, Struktur der Arbeit und Vorarbeiten	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Struktur der Arbeit	4
1.4 Vorarbeiten	8
2 Ausgewählte Grundlagen zur Untersuchung des transienten Motorbetriebs	11
2.1 Definition, Klassifizierung und Strategien zur Veränderung des transienten Motorbetriebs	11
2.2 Ottomotor mit Direkteinspritzung, Abgasturboaufladung und variablem Ventiltrieb	13
2.2.1 Ladungswechsel und Gemischbildung	14
2.2.2 Verbrennung, Schadstoffentstehung und -reduktion	21
2.3 Verbrennungsmotor im hybriden Antriebsstrang	27
2.4 Entwicklungsmethodik zur Untersuchung des transienten Motorbetriebs	29
3 Interdisziplinäre Entwicklungsumgebung und Analysemethoden	33
3.1 Engine-in-the-Loop Prüfstand	33
3.2 Experimenteller Versuchsträger	34
3.3 Sondermesstechnik und Analysemethoden	37
3.3.1 Druck- und Temperaturmesstechnik	37
3.3.2 Abgasanalyse zur Ermittlung der gasförmigen Rohemissionen und der Partikelemissionen	38
3.3.3 Messtechniken und Verfahren zur Ermittlung des Luftverhältnisses	40
3.3.4 Optische Spray- und Verbrennungsdiagnostik – Konstruktive Veränderungen am Versuchsträger, Messverfahren und Analysemethoden	43
3.4 Schematischer Versuchsaufbau	56
4 Experimentelle Untersuchungsergebnisse zum transienten Motorbetrieb	59
4.1 Versuchsmatrix	60
4.2 Virtueller Fahrversuch – Engine-in-the-Loop Transient Zyklus (ET-Zyklus)	62

4.3	Untersuchungen elementarer transienter Prozesse am Beispiel der Lastaufschaltung	64
4.3.1	Entstehung der gasförmigen Rohemissionen während der Lastaufschaltung	65
4.3.2	Entstehung von Partikelrohemissionen während der Lastaufschaltung	72
4.3.3	Veränderungen der Kraftstoffsprayausbreitung und -verdampfung während der Lastaufschaltung	94
4.3.4	Entwicklung der Gastemperatur im Brennraum während der Lastaufschaltung	100
4.3.5	Entwicklung des Luftverhältnisses während der Lastaufschaltung	110
4.4	Untersuchungen zur Beeinflussung des transienten Emissionsverhaltens durch Synergie aus Verbrennungskraftmaschine und Elektrotraktion in einem virtuellen Hybridfahrzeug	132
4.4.1	Dynamische Lastpunktverschiebung zur Realisierung einer Momentenverlaufsformung in transienten Fahrmanövern	133
4.4.2	Prädiktiver Applikationseingriff am Verbrennungsmotor im hybriden Antriebsstrang zur Veränderung der Kurzzeitedynamik	148
4.5	Modellierung und Untersuchung einer Cycle-to-Cycle-Regelung des Einspritzbeginns zum echtzeitfähigen Monitoring der Rußpartikelemissionen in dynamischen Fahrmanövern	168
4.5.1	Einsatz der Lichtwellenleitertechnologie zum Monitoring transienter Betriebszustände	170
4.5.2	Aufbau der Sensoreinheit und Funktionsprinzip des Regelkreises zur Cycle-to-Cycle-Regelung des Einspritzbeginns	178
5	Zusammenfassung	191
Literaturverzeichnis		210