

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort der Herausgeber</b>	<b>iii</b>
<b>Vorwort des Autors</b>	<b>v</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Nomenklatur</b>	<b>xi</b>
<b>1 Einleitung, Zielsetzung, Struktur der Arbeit und Vorarbeiten</b>	<b>1</b>
1.1 Einleitung . . . . .	1
1.2 Zielsetzung . . . . .	3
1.3 Struktur der Arbeit . . . . .	4
1.4 Vorarbeiten . . . . .	8
<b>2 Ausgewählte Grundlagen zur Untersuchung des transienten Motorbetriebs</b>	<b>11</b>
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
<b>3 Interdisziplinäre Entwicklungsumgebung und Analysemethoden</b>	<b>33</b>
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
<b>4 Experimentelle Untersuchungsergebnisse zum transienten Motorbetrieb</b>	<b>59</b>
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 Partikelrohmissionen 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 Kurzzeitdynamik . . . . .	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
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>191</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>210</b>