

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Motivation für die Anwendung von homogenen Brennverfahren	3
2.1	Steuergrößen für homogene Brennverfahren	3
2.1.1	Zündverzug	5
2.1.2	Reaktionsmechanismen	6
2.1.3	Einflussgrößen auf den Zündverzug	8
2.2	Sensorik zur Verbrennungsregelung	12
2.3	Schadstoffentstehung	13
3	Zweistoffbrennverfahren	19
3.1	Untersuchtes Zweistoffbrennverfahren	22
4	Versuchsträger und Entwicklungsumgebung	25
4.1	Prüfstands Aufbau	27
4.2	Herausforderung Mehrzylindermotor	28
4.3	Druckverlaufsanalyse	30
4.3.1	Zylinderdruckauswertung ECU	32
4.3.2	Steuergeräte Funktions-Entwicklungsumgebung (Rapid Prototyping ECU) . .	34
5	Verbrennungssteuergrößen E5/Dieselbetrieb	35
5.1	Sensitivitätsanalyse der Verbrennungssteuergrößen und Störgrößen	35
5.1.1	Einfluss des Ansteuerbeginns der Diesel-Piloteinspritzung	37
5.1.2	Einfluss des energetischen Anteils des zündunwilligen Kraftstoffes E5	41
5.2	Ladungsverdünnung	45
5.2.1	Einfluss des Luft-Kraftstoffverhältnisses	45
5.2.2	Einfluss der externen AGR-Rate	50
5.2.3	Einfluss der Ladungstemperatur	54
6	Ausgewählte Grundlagen zur modellbasierten Applikation	59
6.1	Versuchsplanung und unterschiedliche Messverfahren	59
6.2	Modellierung nichtlinearer Mehrgrößensysteme	63
6.2.1	Polynommodelle und Regressionsanalyse	64
6.2.2	Künstliche neuronale Netze (KNN)	65
6.2.3	Bewertung und Optimierung von Modellen	65
6.2.4	Anwendungsbeispiele modellbasierter Applikationen für homogene Brennverfahren	68
6.3	Modellierung des Verbrennungsschwerpunkts für das Zweistoffbrennverfahren	70
6.3.1	Versuchsplanerstellung	70
6.3.2	Lokale Modellstruktur	71

6.3.3	globale Modellstruktur	75
6.3.4	Allgemeiner Aufbau einer Vorsteuerung	77
6.4	Verbrennungsregelung	78
6.4.1	PID-Energieregler gekoppelt mit Schwerpunktregler	79
6.4.2	χ -Vorsteuerung	79
6.4.3	Vorsteuerung der Gaspfadklappen für Transientbetrieb	82
6.4.4	Motorregler im Betrieb	82
7	Zweistoffbetrieb mit einem Primärkraftstoff mit erhöhtem Ethanolanteil	91
7.1	Allgemeine Zusammenhänge bei der Verwendung von ethanolhaltigen Kraftstoffen . .	91
7.2	Einfluss der Steuergrößen auf die Verbrennung bei E85/Diesel	96
7.2.1	Einfluss des Ansteuerbeginns der Diesel-Piloteinspritzung	97
7.2.2	Einfluss des energetischen Anteils E85	100
7.2.3	Ladungsverdünnung	104
7.2.4	Einfluss des Luft-Kraftstoffverhältnisses	104
7.2.5	Einfluss der AGR-Rate	108
7.3	Vergleich des Zweistoffbetriebs E5/Diesel mit E85/Diesel	112
7.3.1	Gegenüberstellung von E5 und E85 bei gleichem Last- und Verbrennungsschwerpunkt	112
7.3.2	Vergleich der Verbrennung mit beiden Primärkraftstoffen	115
7.3.3	Vergleich der Emissionen mit beiden Primärkraftstoffen	117
7.4	Ergebnisse der Untersuchungen des Motorreglers im Transientbetrieb	118
8	Abgasnachbehandlung	127
8.1	Dieseloxidationskatalysator	127
8.1.1	DOC-Konvertierung im C1-Zyklus	130
8.2	Untersuchung der Partikelemissionen mit EEPS	131
8.2.1	Partikelmesstechnik	131
8.2.2	Versuchsergebnisse	132
9	Zusammenfassung und Ausblick	137