

Wissenschaftliche Reihe
Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart

RESEARCH

Christian Auerbach

Zylinderdruckbasierte Mehrgrößenregelung des Dieselmotors mit teihomogener Verbrennung



 Springer Vieweg

The Springer Vieweg logo features a stylized chess knight icon to the left of the text 'Springer Vieweg'.

Wissenschaftliche Reihe Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart

Herausgegeben von

M. Bargende, Stuttgart, Deutschland

H.-C. Reuss, Stuttgart, Deutschland

J. Wiedemann, Stuttgart, Deutschland

Das Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (IVK) an der Universität Stuttgart erforscht, entwickelt, appliziert und erprobt, in enger Zusammenarbeit mit der Industrie, Elemente bzw. Technologien aus dem Bereich moderner Fahrzeugkonzepte. Das Institut gliedert sich in die drei Bereiche Kraftfahrwesen, Fahrzeugantriebe und Kraftfahrzeug-Mechatronik. Aufgabe dieser Bereiche ist die Ausarbeitung des Themengebietes im Prüfstandsbetrieb, in Theorie und Simulation.

Schwerpunkte des Kraftfahrwesens sind hierbei die Aerodynamik, Akustik (NVH), Fahrdynamik und Fahrermodellierung, Leichtbau, Sicherheit, Kraftübertragung sowie Energie und Thermomanagement – auch in Verbindung mit hybriden und batterieelektrischen Fahrzeugkonzepten.

Der Bereich Fahrzeugantriebe widmet sich den Themen Brennverfahrensentwicklung einschließlich Regelungs- und Steuerungskonzeptionen bei zugleich minimierten Emissionen, komplexe Abgasnachbehandlung, Aufladesysteme und -strategien, Hybridsysteme und Betriebsstrategien sowie mechanisch-akustischen Fragestellungen.

Themen der Kraftfahrzeug-Mechatronik sind die Antriebsstrangregelung/Hybride, Elektromobilität, Bordnetz und Energiemanagement, Funktions- und Softwareentwicklung sowie Test und Diagnose.

Die Erfüllung dieser Aufgaben wird prüfstandsseitig neben vielem anderen unterstützt durch 19 Motorenprüfstände, zwei Rollenprüfstände, einen 1:1-Fahrsimulator, einen Antriebsstrangprüfstand, einen Thermowindkanal sowie einen 1:1-Aeroakustikwindkanal.

Die wissenschaftliche Reihe „Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart“ präsentiert über die am Institut entstandenen Promotionen die hervorragenden Arbeitsergebnisse der Forschungstätigkeiten am IVK.

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. Michael Bargende
Lehrstuhl Fahrzeugantriebe,
Institut für Verbrennungsmotoren und
Kraftfahrwesen, Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Jochen Wiedemann
Lehrstuhl Kraftfahrwesen,
Institut für Verbrennungsmotoren und
Kraftfahrwesen, Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Prof. Dr.-Ing. Hans-Christian Reuss
Lehrstuhl Kraftfahrzeugmechatronik,
Institut für Verbrennungsmotoren und
Kraftfahrwesen, Universität Stuttgart
Stuttgart, Deutschland

Christian Auerbach

Zylinderdruckbasierte Mehrgrößenregelung des Dieselmotors mit teilhomogener Verbrennung

 Springer Vieweg

Christian Auerbach
Stuttgart, Deutschland

Zugl.: Dissertation Universität Stuttgart, 2016

D93

Wissenschaftliche Reihe Fahrzeugtechnik Universität Stuttgart
ISBN 978-3-658-17244-2 ISBN 978-3-658-17245-9 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-658-17245-9

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH 2017

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist Teil von Springer Nature

Die eingetragene Gesellschaft ist Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH

Die Anschrift der Gesellschaft ist: Abraham-Lincoln-Str. 46, 65189 Wiesbaden, Germany

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen der Universität Stuttgart unter der Leitung von Herrn Prof. Dr.-Ing. M. Bargende.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. M. Bargende für die wissenschaftliche und persönliche Betreuung dieser Arbeit sowie die Übernahme des Hauptreferates.

Herrn Prof. em. Dr.-Ing. habil. G. Hohenberg danke ich herzlich für das entgegengebrachte Interesse an der Arbeit und für die Übernahme des Koreferates.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinem Projektpartner Philipp Skarke für die sehr gute Zusammenarbeit. Ich wünsche ihm für seine weitere Laufbahn alles Gute.

Außerdem bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern des Institutes für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen (IVK) sowie des Forschungsinstitutes für Kraftfahrzeuge und Fahrzeugmotoren Stuttgart (FKFS), besonders bei Hans-Jürgen Berner, der mich während meiner Arbeit unterstützt hat.

Zuletzt möchte ich mich bei meiner Familie und meiner Freundin bedanken, die mich während dieser interessanten, aber auch anstrengenden Zeit immer unterstützt haben.

Stuttgart

Christian Auerbach

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVII
Symbolverzeichnis	XXI
Kurzfassung	XXV
Abstract	XXVII
1 Einleitung	1
2 Stand der Technik	3
2.1 Dieselmotorische Grundlagen	3
2.1.1 Einspritzung und Gemischbildung	3
2.1.2 Aufladung	5
2.1.3 Schadstoffentstehung	7
2.1.4 Abgasrückführung	13
2.2 Dieselmotorische Verbrennung	15
2.2.1 Selbstzündung	15
2.2.2 Konventionelle Dieselerverbrennung	18
2.2.3 Homogene Dieselerverbrennung	21
2.3 Verbrennungsregelung	23
2.3.1 Konventionelle Dieselerverbrennung	25
2.3.2 Homogene und teilhomogene Dieselerverbrennung	26
2.4 Serienfahrzeuge und Prototypen mit alternativer Verbrennung	29
3 Simulation und Entwicklungswerkzeuge	31
3.1 Druckverlaufsanalyse	31
3.2 Strömungs- und Verbrennungsmodell	36
3.3 Model-in-the-Loop-Simulation (MiL)	40
3.4 Softwareentwicklungsprozess	42
4 Versuchsmotor und Prüfstands Aufbau	45
4.1 Versuchsaufbau und Messtechnik	47
4.2 Erweiterung des Luftpfades	49
4.3 Motorsteuerung	52
4.4 Echtzeitindiziersystem	54

5 Thermodynamische Systemanalyse	61
5.1 Übersicht der thermodynamischen Einflussgrößen	62
5.2 Variation von Luftpfadparametern	64
5.2.1 Saugrohrtemperatur	65
5.2.2 Ladedruck	69
5.2.3 Sauerstoffkonzentration im Saugrohr	72
5.2.4 Vergleich von Niederdruck- und Hochdruckabgasrückführung	75
5.3 Variation von Kraftstoffpfadparametern	79
5.3.1 Raildruck	79
5.3.2 Ansteuerdauer	82
5.3.3 Ansteuerbeginn	85
5.4 Mehrdimensionale Parametervariationen	88
5.4.1 Sauerstoffkonzentrations- und Ladedruckvariation	89
5.4.2 Sauerstoffkonzentrations- und Brennbeginnvariation	92
5.5 Klassifizierung der teilhomogenen Verbrennung	95
6 Umsetzung der Funktionsstruktur	101
6.1 Luftpfadregelung	102
6.2 Kraftstoffpfadregelung	110
6.2.1 Raildruckregelung	111
6.2.2 Kraftstoffmassenmodell	113
6.2.3 Einspritzmassenregelung	116
6.2.4 Druckgradientenregelung	120
6.2.5 Mehrgrößenregelsystem	130
6.3 Betriebsartenwechsel	132
7 Ergebnisse	139
7.1 Neuer Europäischer Fahrzyklus	139
7.2 World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle	147
8 Schlussfolgerung und Ausblick	155
Literaturverzeichnis	159
Anhang	169

Abbildungsverzeichnis

2.1	Schema der Kraftstoffstrahlausbreitung im Brennraum	4
2.2	Prinzip der polyzyklischen Rußpartikelbildung	12
2.3	Schematische Darstellung der Vorgänge bei einer Mehrstufenzündung	17
2.4	Einspritz- und Brennverlauf der konventionellen dieselmotorischen Verbrennung	19
2.5	Injektoransteuerung und Brennverlauf bei der teilhomogenen Dieselverbrennung	22
2.6	Mögliche Regelgrößen der (teil-)homogenen Dieselverbrennung	27
3.1	Energie- und Massenströme beim thermodynamischen System „Brennraum“	32
3.2	Brennverlauf und normierter Summenbrennverlauf bei einer teilhomogenen Verbrennung	35
3.3	Schematische Darstellung der Diskretisierung	36
3.4	Prinzip von Druckverlaufsanalyse und Arbeitsprozessrechnung	38
3.5	Vergleich der Brennverläufe von Simulation und Messung . . .	39
3.6	Schematischer Aufbau der Model-in-the-Loop-Simulation . .	40
3.7	Phasen des Softwareentwicklungsprozesses im V-Modell . . .	42
3.8	Übersicht über die Toolkette bei der Softwaregenerierung . . .	43
4.1	Schematische Darstellung des Luftpfades beim Versuchsmotor	46
4.2	Übersicht der Messgeräte zur Emissionsmessung	48
4.3	Schema des Luftpfades mit ND-AGR-Strecke	50
4.4	Messung der Sauerstoffkonzentration nach einem ND-AGR-Ventilsprung	51
4.5	Kommunikation mit dem Seriensteuergerät am Prüfstand . . .	52
4.6	Integration der Rapid-Prototyping-Plattform am Motorenprüfstand	54
4.7	Veranschaulichung der Messkette für die Echtzeitindizierung .	55
4.8	Berechnungsalgorithmus des teilhomogenen Brennbeginns . .	58
4.9	Berechnungen des Echtzeitindiziersystems während eines Arbeitsspiels	59
5.1	Bereich der teilhomogenen Verbrennung im Motorkennfeld . .	61

5.2	Übersicht der Randbedingungen des thermodynamischen Systems „Zylinder“	63
5.3	Temperatureinfluss auf die teilhomogene Verbrennung	65
5.4	Brennverläufe und Ansteuerdauer bei einer Variation der Saugrohrtemperatur	67
5.5	Auswirkungen der Saugrohrtemperaturvariation auf die Abgasemissionen	68
5.6	Ladedruckeinfluss auf die teilhomogene Dieselerverbrennung	69
5.7	Brennverläufe und Ansteuerdauer bei einer Ladedruckvariation	71
5.8	Ladedruckeinfluss auf die Rohemissionen der teilhomogenen Verbrennung	72
5.9	Sauerstoffeinfluss auf die teilhomogene Verbrennung	73
5.10	Brennverläufe bei einer Variation der Sauerstoffkonzentration	74
5.11	Einfluss der Sauerstoffkonzentration auf die Emissionen	75
5.12	Aufteilung von $p_{mi,HD}$ und $p_{mi,HD}$ bei der HD-/ND-AGR-Variation	76
5.13	Vergleich des Einflusses von Hochdruck- und Niederdruck-Abgasrückführung auf die teilhomogene Verbrennung	77
5.14	Vergleich der Brennraten einer HD-/ND-AGR-Variation	78
5.15	Auswirkung des Raildrucks auf die teilhomogene Verbrennung	80
5.16	Einfluss des Raildrucks auf den Brennverlauf der teilhomogenen Verbrennung	81
5.17	Auswirkungen der Raildruckvariation auf die Emissionen der teilhomogenen Verbrennung	81
5.18	Variation der Ansteuerdauer bei $n = 1400 \text{ min}^{-1}$ Abschnitt 1	82
5.19	Variation der Ansteuerdauer bei $n = 1400 \text{ min}^{-1}$ Abschnitt 2	83
5.20	Brennverläufe bei einer Variation der Ansteuerdauer	84
5.21	Auswirkungen bei der Ansteuerdauervariation auf die Emissionen	84
5.22	Übersicht der Messergebnisse der Ansteuerbeginnvariation	85
5.23	Variation des Ansteuerbeginns bei $n = 1400 \text{ min}^{-1}$	87
5.24	Variation der Ansteuerdauer bei $n = 1400 \text{ min}^{-1}$	88
5.25	Auswirkungen auf Zündverzug und max. Druckgradienten bei gleichzeitiger Variation von Sauerstoffgehalt und Ladedruck	89
5.26	Emissionen der teilhomogenen Verbrennung bei einer Sauerstoff- und Ladedruckvariation	90
5.27	Brennbeginn, max. Druckgradienten und Ansteuerdauer bei einer Sauerstoff- und Ladedruckvariation	92
5.28	Variation von teilhomogenem Brennbeginn und Sauerstoffgehalt bei $n = 1000 \text{ min}^{-1}$ und $p_{mi} = 2 \text{ bar}$	93

5.29	Emissionen bei der Ansteuerdauer- und Sauerstoffkonzentrationsvariatio	94
5.30	Aufteilung und Rate des zurückgeführten Abgases im Kennfeldbereich der teilhomogenen Verbrennung	96
5.31	Sollwertkennfelder der teilhomogenen Verbrennung für Saugrohrsauerstoffgehalt und Ladedruck	97
5.32	Auswirkungen auf den indizierten Mitteldruck bei einer Variation des teilhomogenen Brennbeginns	98
5.33	Vorsteuerwerte für Ansteuerdauer und Ansteuerwinkel bei der teilhomogenen Verbrennung	99
5.34	Prüfstandsmessung der Emissionen im Kennfeldbereich der teilhomogenen Verbrennung	100
6.1	Grundlegender Aufbau der Funktionssoftware	101
6.2	Prinzipskizze der Hochdruck-AGR-Strecke	103
6.3	Anordnung und Anwendung der Lambdasonden am Versuchsträger	105
6.4	Prinzip der modellbasierten Vorsteuerung des Ladedrucks . . .	107
6.5	Funktionsnachweis der Luftpfadregelung	109
6.6	Ausschnitt der Raildruckregelung aus dem Funktionsmodell .	111
6.7	Funktionsnachweis der Raildruckregelung mittels transienter Prüfstandsmessung	112
6.8	Anforderungen an das Kraftstoffmassenmodell	113
6.9	Unterscheidung der Einspritzmuster beim Kraftstoffmassenmodell	114
6.10	Verwendung des Kraftstoffmassenmodells in der Funktionsstruktur	116
6.11	Lastregelung mit simpler kennfeldbasierter Vorsteuerung . . .	117
6.12	Lastregelung mit erweiterter modellbasierter Vorsteuerung . . .	118
6.13	Vergleich der Zylinderdruckverläufe mit und ohne Einspritzmassenregelung	119
6.14	Wechselwirkung zwischen teilhomogenem Brennbeginn und dem maximalen Druckgradienten	121
6.15	Vereinfachte Darstellung der Motorschutzregelung im Funktionsmodell	122
6.16	Korrelation des Ansteuerbeginns mit der Abweichung des Sauerstoffgehaltes im Saugrohr	124
6.17	Vereinfachtes Funktionsprinzip des mathematischen Vorsteuermodells	127

6.18	Darstellung der Kostenfunktion J in Abhängigkeit von zwei Gewichtungsfaktoren	128
6.19	Vergleich der dynamischen Vorsteuerungen während eines Lastsprungs bei $n = 1200 \text{ min}^{-1}$	129
6.20	Wechselwirkung zwischen den Regelkreisen der Verbrennungsregelung	131
6.21	Schematische Darstellung der Abläufe während eines Wechsels vom konventionellen in das teilhomogene Brennverfahren	134
6.22	Schematische Darstellung der Abläufe während eines Wechsels vom teilhomogenen in das konventionelle Brennverfahren	137
6.23	Vergleich eines Betriebsartenwechsels mit und ohne Kraftstoffmassenmodell	138
7.1	Geschwindigkeitsprofil des Neuen Europäischen Fahrzyklus	139
7.2	MiL-Simulationsergebnisse im NEFZ erster Teil	140
7.3	MiL-Simulationsergebnisse im NEFZ zweiter Teil	141
7.4	Drehzahl- und Lastprofil am Motorenprüfstand in einem Teilabschnitt des NEFZ	142
7.5	Messergebnisse der Luftpfadregelung in einem Teilabschnitt des NEFZ	142
7.6	Messergebnisse der Kraftstoffpfadregelung in einem Teilabschnitt des NEFZ	143
7.7	Messergebnisse der Emissionen im Teilabschnitt des NEFZ	146
7.8	Geschwindigkeitsprofil des „World Harmonized Transient Cycle“	147
7.9	MiL-Simulationsergebnisse im kritischen Abschnitt des WLTC	148
7.10	MiL-Simulationsergebnisse des Kraftstoffpfades im WLTC	149
7.11	Messergebnisse der Luftpfadregelung im „World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle“	150
7.12	Messergebnisse der Kraftstoffpfadregelung im „World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle“	151
7.13	Last- und Drehzahlverlauf der Messung im „World Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle“	152
7.14	Messergebnisse der Emissionen im Teilabschnitt des WLTC	153
B.1	Drehzahl- und Lastprofil des NEFZ-Grund-Stadtfahrzyklus	171
B.2	Messergebnisse im Grund-Stadtfahrzyklus des NEFZ	172
B.3	Messergebnisse der Emissionen im Grund-Stadtfahrzyklus des NEFZ	173

C.1	Last- und Drehzahlprofil im „World Harmonized Transient Cycle“	174
C.2	Messergebnisse im WLTC	175
C.3	Fortsetzung der Messergebnisse im WLTC	176
C.4	Messergebnisse der Emissionen im „Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle“	177
C.5	Fortsetzung der Emissionsmessergebnisse im „World Harmonized Transient Cycle“	178

Tabellenverzeichnis

2.1	Mögliche Regelgrößen für Verbrennungsregelungen beim konventionellen Dieselmotorenverfahren	25
2.2	Mögliche Regelgrößen für eine Verbrennungsregelung bei der teil- und vollhomogenen Dieselmotorenverbrennung	28
2.3	Fahrzeugprototypen mit alternativem Brennmotorenverfahren	30
4.1	Kenndaten des Versuchsträgers am Prüfstand	45
4.2	Übersicht der wichtigsten Aktuatoren des Versuchsmotors	47
4.3	Vergleich der Leistungsdaten von Forschungs- und Seriensteuergerät	53
4.4	Auflistung der Indizierkennwerte des Echtzeitindiziersystems	56
6.1	Übersicht der Hauptkomponenten der Luftpfadregelung	102
6.2	Fallunterscheidung bei der Motorschutzregelung	122
6.3	Übersicht der Reglerparameter des Kraftstoffpfades	132
6.4	Vergleich der brennmotorenverfahrenspezifischen Sollwerte	133
C.1	Vergleich von NEFZ und WLTC	174

Abkürzungsverzeichnis

1D	Eindimensional
3D	Dreidimensional
adapt.	Adaptiv
AGD	Abgasegendruckdrossel
AGN	Abgasnachbehandlung
AGR	Abgasrückführung
AMA	Abgasmessanlage
ASD	Ansteuerdauer
ASP	Arbeitsspiel
ATL	Abgasturbolader
BA	Betriebsart
BB	Brennbeginn
BROM	Boot ROM
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
C ₂ H ₂	Ethin
C _m H _n	Kohlenwasserstoff
CAN	Controller Area Network
CFD	Computational Fluid Dynamics
CH ₂ O	Formaldehyd
CLD	Chemilumineszenzdetektor
CO	Kohlenstoffmonoxid
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
CRS	Common-Rail-System
DCACHE	Data Cache
DFLASH	Data Flash Memory
DHE	Einspritzdauer der Haupteinspritzung
DK	Drosselklappe
DOC	Diesel Oxidation Catalyst
DoE	Design of Experiment
DPF	Dieselpartikelfilter
DRV	Druckregelventil

DVA	Druckverlaufsanalyse
DVE	Dauer der Voreinspritzung
ECC	Error Correction Code
EDC	Electronic Diesel Control
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
EKAS	Einlasskanalabschaltung
ESB	Einspritzbeginn
ESD	Einspritzdauer
ESM	Einspritzmuster
ETK	Emulatortastkopf
FG	Führungsgröße
FID	Flammenionisationsdetektor
FKFS	Forschungsinstitut für Kraftfahrzeuge und Fahrzeugmotoren Stuttgart
FM	Feature Mapping
FVV	Forschungsvereinigung Verbrennungskraftmaschinen e. V.
Gl.	Gleichung
H	Wasserstoffradikal
H ₂	Wasserstoff
H ₂ O	Wasser(-dampf)
HC	Kohlenwasserstoff
HCCI	Homogeneous Charge Compression Ignition
HCLI	Homogeneous Charge Late Injection
HCN	Blausäure
HD	Hochdruck
HDV	Hochdruck-AGR-Ventil
HFM	Heißfilm-Luftmassenmesser
HPLI	Highly Premixed Late Injection
ICACHE	Instruction Cache
ICCT	International Council on Clean Transportation
IKW	Indizierkennwert
ind.	Indiziert
IVK	Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen
KF	Kennfeld

konst.	Konstant
KR	Kraftstoffpfad
KV	Konventionell
LDRAM	Local Data RAM
LIN	Local Interconnect Network
LLK	Ladeluftkühler
LU	Luftpfad
Lufi	Luftfilter
LW	Ladungswechsel
max.	Maximal
MiL	Model-in-the-Loop
mod.bas.	Modellbasiert
MSS	Micro-Soot-Sensor
N	Elementarer Stickstoff
N ₂ O	Distickstoffmonoxid (Lachgas)
ND	Niederdruck
NDV	Niederdruck-AGR-Ventil
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxid
NTC	Negative Temperature Coefficient
O	Elementarer Sauerstoff
O ₂	Sauerstoff
OH	Hydroxyl-Radikal
OT	Oberer Totpunkt
OVRAM	Overlay Memory
PFLASH	Program Flash Memory
pHCCI	Partly Homogeneous Charge Compression Ignition
Pkw	Personenkraftwagen
PSG	Pressure Sensor Glow Plug
PWG	Pedalwertgeber
QDM	Quasidimensionales Modell

R	Alkylradikal
RAM	Random Access Memory
RDE	Real Driving Emissions
RO ₂	Alkylperoxid
SCR	Selective Catalytic Reduction
SG	Stellgröße
SG	Systemgrenze
SIM	Simulation
SISO	Single Input Single Output
SMZ	Strommesszange
sog.	Sogenannte
SPRAM	Scratch-Pad RAM
SWP	Schwerpunktlage
SZ	Schwärzungszahl
TH	Teilhomogen
TV	Tastverhältnis
UT	Unterer Totpunkt
vgl.	Vergleiche
VTG	Variable Turbinengeometrie
WHE	Einspritzwinkel der Haupteinspritzung
WLTC	Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Cycle
ZME	Zumesseinheit
ZOT	Zünd-OT
ZV	Zündverzug
ZZP	Zündzeitpunkt

Symbolverzeichnis

Griechische Buchstaben

α	Fahrpedalstellung	%
α	Lernrate	-
α	Wärmeübergangskoeffizient	W/m ² K
β	Mittlere Konzentration	-
Δ	Delta/Differenz	-
Δt	Zeitschrittweite	s
Δx	Diskretisierungslänge	m
η	Wirkungsgrad	-
Γ	Parameter Kühlereigenschaften	1/K ^{0,5}
κ	Adiabatenexponent	-
λ_l	Liefergrad	-
λ_v	Verbrennungsluftverhältnis	-
μ	Empirischer Exponent des Kraftstoffmassenmodells	-
ω	Dynamischer Ansteuerbeginnkorrekturfaktor	-
φ	Kurbelwellenwinkel	°KW
ρ	Dichte	kg/m ³
σ	Empirischer Faktor der Betriebsartenumschaltung	-
τ	Zeitintervall	s
θ	Gewichtungsfaktor	-
ξ_f	Reibungsbeiwert	-
ζ	Drosselbeiwert	-

Indizes

a	Auslass
AGR	Abgasrückführung
ATL	Abgasturbolader
B	Brennstoff
D	Düse
dyn	Dynamisch
e	Einlass
e	Effektiv
G	Gas
h	Heiz
h	Hub

i	Komponente
ist	Messwert
KM	Kühlmittel
korr	Korrektur, korrigiert
Krst	Kraftstoff
L	Luft
l	Leckage
LW	Ladungswechsel
M	Motor
max	Maximal
me	Mittel, effektiv
mech	Mechanisch
mi	Mittel, indiziert
norm	Normiert
nV	Nach Verdichter
Rail	Common-Rail
ref	Referenz
soll	Sollwert
SR	Saugrohr
T	Turbine
TH	Teilhomogen
tot	Totzeit
Turb	Turbine
TV	Tastverhältnis
V	Verdichter
Verd	Verdichter
vst	Vorsteuerung
W	Wand
Z, Zyl	Zylinder
ZV	Zündverzug
Öl	Schmieröl

Lateinische Buchstaben

A	Fläche	m^2
a	Flanke des Einspritzverlaufes	g/s^2
a	Abstimmungsfaktor	-
b	Abstimmungsfaktor	-
c	Schallgeschwindigkeit	m/s
c_p	Spezifische Wärmekapazität (isobar)	$J/kg\ K$
c_v	Spezifische Wärmekapazität (isochor)	-