

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	2
Summary	3
Zusammenfassung	6
Inhaltsverzeichnis	10
Nomenklatur	13
Lateinische Symbole	13
Griechische Symbole	16
Indizes	17
Abkürzungen	18
1. Einleitung und Motivation	19
2. Grundlagen der Wirkungsgradoptimierung beim Ottomotor	24
2.1 Methode der Verlustteilung	24
2.2 Einteilung und Systematik	27
2.3 Wirkungsgradsteigerung spezifischer Kennfeldpunkte	28
2.3.1 Entdrosselung durch Restgas	28
2.3.2 Entdrosselung durch variablen Ventiltrieb	29
2.3.3 Entdrosselung über Schicht-/Magerbetrieb	31
2.3.4 Erhöhung der Ladungstemperatur	32
2.3.5 Homogene ottomotorische Selbstzündung	32
2.3.6 Erhöhung des Verdichtungsverhältnisses	32
2.3.7 Verbesserung des Verbrennungsablaufs	33
2.3.8 Reduktion der Reibung	34
2.4 Wirkungsgradsteigerung durch Lastpunktverschiebung	34
2.4.1 Downsizing	35
2.4.2 Downspeeding	36
2.4.3 Wechselwirkungen: „Downsizing“ – „Downspeeding“	37
2.5 Ottomotorische Verbrauchskonzepte in der Volllast	38
2.5.1 Erhöhung der Verbrennungsgeschwindigkeit	39
2.5.2 Reduzierung des Anfettungsbedarfs	39
2.5.3 Optimierung des Verdichtungsverhältnisses	40
2.5.4 Nutzung einer positiven Ladungswechselschleife durch das Aufladesystem	41

2.6	Zusammenfassung ottomotorischer Verbrauchskonzepte und Bewertung	41
3.	Grundlagen der Simulation des Ottomotors	43
3.1	Längsdynamikmodell des Fahrzeugs	44
3.2	Strömungsmodell des Verbrennungsmotors	45
3.3	Modellierung des transienten Motormoments.....	47
3.4	Modellierung der Verbrennung.....	50
3.4.1	Verbrennungsmodell für die homogene ottomotorische Verbrennung.....	52
3.4.2	Verbrennungsmodell für die geschichtete ottomotorische Verbrennung.....	63
3.4.3	Simulation von Klopferscheinungen beim homogenen Ottomotor.....	74
3.5	Simulation der Motorreibung	89
3.6	Grenzen der Simulation.....	90
3.6.1	Strömungsmodell	90
3.6.2	Turboladermodellierung.....	91
3.6.3	Verbrennungsmodell	92
3.6.4	Wandwärmemodell im Brennraum	94
3.6.5	Randbedingungen der Simulation	94
3.6.6	Auswirkungen der Simulationsgrenzen auf diese Arbeit.....	95
4.	Analyse und Darstellung der verwendeten Fahrzyklen.....	97
4.1	Grundlagen	97
4.2	Der neue europäische Fahrzyklus (NEFZ).....	98
4.3	CADC URBAN (ARTEMIS).....	99
4.4	CADC ROAD (ARTEMIS)	101
4.5	CADC MOTORWAY (ARTEMIS).....	102
4.6	US06.....	104
4.7	FKFS	105
4.8	Zusammenfassung Fahrzyklen	107
5.	Stationäre Simulationen	110
5.1	Stationäre Simulationen des Referenzmotors	110
5.1.1	Entdrosselung durch externe AGR.....	114
5.1.2	Kombinierter Mager- und Schichtbetrieb	117
5.1.3	Optimierung des Hub zu Bohrungsverhältnisses	120
5.1.4	Optimierung des Verdichtungsverhältnisses	132
5.1.5	Stöchiometrisches Motorkonzept ohne Beschleunigungsanfettung mit erhöhter Abgasgrenztemperatur	139
5.2	Stationäre Simulationen eines virtuellen, einfach aufgeladenen BDE-Downsizing- Ottomotors mit 1.6l Hubvolumen	140
5.2.1	Simulative Optimierung der Steuerzeiten in der Teillast	142

5.2.2	Simulative Optimierung des Aufladesystems und der Steuerzeiten in der Volllast	143
5.2.3	Stationärer Vergleich mit festen Steuerzeiten	156
5.2.4	Applikation eines kombinierten Mager-/Schichtbetriebs.....	158
5.3	Stationäre Simulationen eines virtuellen zweifach aufgeladenen 3-Zylinder BDE-Downsizing-Ottomotors mit 1.2l Hubvolumen.....	161
5.3.1	Vergleich mit Einfachaufladung	168
5.3.2	Stationärer Vergleich mit festen Steuerzeiten	172
5.3.3	Applikation eines kombinierten Mager-/Schichtbetriebs.....	175
5.4	Quervergleich der Motorkonzepte	176
5.5	Verbrauchshochrechnungen der simulierten Motorkonzepte im NEFZ und in Realfahrzyklen	181
5.5.1	NEFZ.....	183
5.5.2	US06.....	187
5.5.3	ARTEMIS Urban	188
5.5.4	ARTEMIS Road.....	189
5.5.5	ARTEMIS Motorway.....	189
5.5.6	FKFS	190
5.5.7	Zyklusübergreifender Vergleich	191
5.5.8	Einfluss der Beschleunigungsanfertung und Abgasgrenztemperatur.....	193
6.	Transiente Simulationen.....	195
6.1	Grundlagen.....	195
6.2	Transienter Vergleich zwischen Saugmotor und Turbomotor	196
6.3	Einfluss von variablen Steuerzeiten auf einen Beschleunigungsvorgang mit Luftspülung („Scavenging“)	208
6.4	Transiente Simulation der Nachoxidation.....	212
6.4.1	Transienter Lastsprung mit Nachoxidation bei konstanter Motordrehzahl.....	212
6.4.2	Transienter Lastsprung mit Nachoxidation während einer Fahrzeugbeschleunigung.....	214
6.4.3	Zusammenfassung: Transiente Simulation der Nachoxidation.....	221
6.5	Vergleich der transienten Beschleunigungsfähigkeit aller betrachteten Motorkonzepte	222
6.6	Vergleich des virtuellen 1.2l Downsizingkonzepts mit Einfach- und Zweifachaufladung.....	231
6.7	Transiente Simulation des NEFZ mit Verbrennung und Gasdynamik	234
6.8	Transiente Simulation des US06 mit Verbrennung und Gasdynamik	241
7.	Ausblick	247
	Literatur	248