

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Aufgabenstellung.....	3
2	Stand der Technik	5
2.1	Otto-Magerbrennverfahren	5
2.2	Vorkammerzündverfahren	7
3	Magerbrennverfahren für Hybridantriebsstränge.....	14
4	Methodik.....	17
4.1	Simulationsmethoden.....	17
4.2	Versuchsträger.....	17
4.3	Versuchsdurchführung und Auswertung.....	20
5	Auslegung des Vorkammerzündverfahrens	22
5.1	Thermodynamische Auslegung der Vorkammergeometrie	22
5.2	Aktive Vorkammer mit Gasdirekteinblasung	26
5.3	Aktive Vorkammer mit Benzindirekteinspritzung.....	28
6	Untersuchungen am Einzylinderforschungsmotor.....	30
6.1	Merkmale eines Vorkammerzündverfahrens für Extrem-Mager-Brennverfahren.....	30
6.1.1	Brennverlauf.....	31
6.1.2	Druckschwingungen im Brennraum.....	37
6.1.3	Betriebsgrenzen.....	40
6.1.4	Sensitivität der In-Zylinder-Ladungsbewegung.....	42
6.2	Gasdirekteinblasung für eine aktive Vorkammer.....	46
6.2.1	Einfluss des Einblasezeitpunkt.....	46
6.2.2	Einfluss des Vorkammerkraftstoffversorgungsdrucks	48
6.2.3	Einfluss des Vorkammerkraftstoffmassenstroms	49
6.2.4	Vergleich verschiedener Vorkammerüberströmöffnungen	63
6.2.5	Vergleich verschiedener gasförmiger Kraftstoffe	69
6.2.6	Motorbetriebs-Kennfelder.....	73
6.3	Ottokraftstoff-Direkteinspritzung für eine aktive Vorkammer	77
6.3.1	Einfluss des Einspritzzeitpunktes	77
6.3.2	Einfluss des Vorkammerkraftstoffmassenstroms	79
6.3.3	Motorbetriebskennfelder.....	83
6.4	Potentiale zur Wirkungsgradsteigerung und Emissionsreduzierung des betrachteten Extrem-Mager-Brennverfahrens mit Vorkammerzündung.....	86

6.4.1	Verdichtungssteigerung.....	86
6.4.2	Frühes Einlassventilschließen.....	90
6.5	Zusammenfassende Erkenntnisse aus den Prüfstandsuntersuchungen.....	94
7	Übertragung der Erkenntnisse auf eine PKW-Hybrid-Anwendung.....	97
7.1	Betriebsstrategien.....	97
7.2	Fahrzyklussimulationen.....	100
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	104
9	Literaturverzeichnis.....	107
10	Anhang.....	113
10.1	Abkürzungen und Formelzeichen.....	113
10.2	Stand der Technik.....	116
10.2.1	Vorkammerzündverfahren.....	117
10.3	Methodik.....	118
10.3.1	0D-Simulationsmodell.....	118
10.3.2	3D-Strömungssimulation.....	118
10.3.3	Prüfstands Aufbau.....	118
10.3.4	Messtechnik für optische In-Zylinder Verbrennungsaufnahmen.....	120
10.4	Auslegung des Vorkammerzündverfahrens.....	121
10.4.1	Thermodynamische Auslegung der Vorkammergeometrie.....	121
10.5	Merkmale eines Vorkammerzündverfahrens für Extrem-Mager-Brennverfahren.....	122
10.5.1	Aktive Vorkammer mit Gasdirekteinblasung.....	127
10.6	Potentiale zur Wirkungsgradsteigerung und Emissionsreduzierung des betrachteten Extrem-Mager-Brennverfahrens mit Vorkammerzündung.....	128
10.6.1	Zentrale Anordnung des direkteinspritzenden Injektors.....	128
10.7	Zyklussimulationen.....	130
10.7.1	Erstellung der Motorkennfelder für Simulationszwecke.....	130