

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	vii
1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Stand der Technik	3
2.1 Selbstzündung	3
2.1.1 Reaktionskinetik	3
2.1.2 Reaktionsmechanismen	6
2.2 Verbrennungionenstrom	7
2.3 Homogen kompressionsgezündete Verbrennung	8
2.3.1 Grundlegende Zusammenhänge	9
2.3.2 Kontrollmöglichkeiten	12
2.3.3 Zündfunkenunterstützung	16
2.4 Oberflächenzündung	19
2.4.1 Analytische Ansätze	19
2.4.2 Grundlegende Untersuchungen	21
2.4.3 Motorische Untersuchungen	23
3 Methoden	27
3.1 Versuchsträger und Prüfstands Aufbau	27
3.2 Zündsysteme	28
3.2.1 Oberflächenzündung	29
3.2.2 Funkenzündung	31
3.3 Messtechnik	31
3.3.1 Zeitbasierte Daten	31
3.3.2 Abgas- und Erdgasanalyse	32
3.3.3 Indiziersystem	32
3.4 Analysemethoden	33
3.4.1 Zylinderdrucksignal	33
3.4.2 Ionenstromsignal	35
3.4.3 Abgasanalyse	35
3.5 Simulationsmodelle	36
3.5.1 Null- und eindimensionale Modelle	36
3.5.2 Dreidimensionale Modelle	37
4 Numerische Voruntersuchungen	41
4.1 Einstufige Zündung	41
4.2 Zweistufige Zündung	44
4.3 Verbrennungsdiagramm	47
5 Ergebnisse	51
5.1 Verbrennungsablauf	51
5.1.1 Charakteristik des Heizverlaufs	51
5.1.2 Interpretation des Heizverlaufs	53
5.1.3 3D Simulationsergebnisse	56

5.2	Entflammung	60
5.2.1	Charakteristik des Ionenstromsignals	61
5.2.2	Interpretation des Ionenstromsignals	62
5.2.3	3D Simulationsergebnisse	67
5.3	Selbstzündungsbedingungen	71
5.4	Betriebsverhalten	75
5.4.1	Betriebsbereich	75
5.4.2	Wirkungsgrad	77
5.4.3	Emissionen	78
5.5	Vergleich mit Zündfunkenunterstützung	81
5.5.1	Kontrollmöglichkeiten	81
5.5.2	Stärke der Zündunterstützung	84
5.5.3	Numerische Analyse der Neigung zu Flammenlöschen	85
5.5.4	Zyklische Schwankungen	89
5.6	Wasserstoff und Wasserstoff-Erdgas-Gemische	93
5.7	Diskussion und Bewertung des Brennverfahrens	97
6	Zusammenfassung	101
A	Anhang	103
A.1	Zündelement-Messstellen	103
A.2	Zusammenfassung der Versuchsbedingungen	103
A.3	Einstufige Zündung mit variierter Gaszusammensetzung	104
A.4	Ergänzungen zum Temperaturverlauf bei zweistufiger Zündung	105
A.5	Reduzierter Reaktionsmechanismus	106
A.6	Übersicht der simulierten Zylinderdruckverläufe	106
A.7	Zeitliche Anteile einzelner Verbrennungsphasen	107
A.8	Phänomen der instabilen Schwerpunktlage	108
A.9	Ergänzungen zu Emissionen und Verbrennungstemperatur	109
A.10	Lastsprung	110
	Literaturverzeichnis	113
	Abbildungsverzeichnis	133
	Tabellenverzeichnis	137
	Publikationen	139