

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	VII
Nomenklatur	XI
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung	2
2 Stand der Technik und ausgewählte Grundlagen	3
2.1 Wasserstoff als Kraftstoff	3
2.1.1 Stoffeigenschaften	3
2.1.2 Herstellungsarten von Wasserstoff	4
2.1.3 Verfügbarkeit und Infrastruktur	5
2.2 Der Wasserstoff-Verbrennungsmotor	6
2.2.1 Speicherung von H_2 im Fahrzeug	6
2.2.2 Aktuelle Fahrzeuge	7
2.2.3 Vergleich Verbrennungsmotor und Brennstoffzelle	8
2.3 Gemischbildungsverfahren für Wasserstoffmotoren	9
2.3.1 Äußere Gemischbildung - Saugrohreinblasung	10
2.3.2 Innere Gemischbildung - Direkteinblasung	11
2.3.3 Ladungsbewegung	11
2.3.4 Der Coandă-Effekt	12
2.4 Wasserstoff im Ottomotor	12
2.4.1 Zündung	13
2.4.2 Verbrennung	14
2.4.3 Irreguläre Verbrennung	20
2.5 Emissionsbildung im Wasserstoffmotor	23
2.5.1 Stickoxidbildung	23
2.5.2 Thermisches NO	24
2.5.3 NO über N_2O -Mechanismus	26
2.5.4 NO über NNH	27
2.5.5 NO_2 Bildung	27
3 Experimenteller Aufbau und Methodik	29
3.1 Versuchsträger	29
3.1.1 Einblasesystem	30
3.1.2 Zündsystem	33
3.1.3 Ventilsteuerzeiten	34
3.2 Messaufbau und -systeme	34
3.2.1 Stickoxidmessung	36
3.2.2 Schnelle Stickoxidmessung	36
3.3 Berechnungsgrundlagen	38
3.3.1 Lambdabestimmung	38

3.3.2	Druckverlaufsanalyse	39
3.3.3	Mittlere Gastemperatur im Zylinder	41
3.3.4	Korrelationskoeffizienten	41
3.3.5	Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion der Normalverteilung	41
3.4	1D-Simulationsmodell	42
4	Versuchsplanung	45
4.1	Variation der motorischen Parameter	45
4.2	Variation der Hardwarekomponenten	47
5	Untersuchungsergebnisse	49
5.1	Variation der motorischen Parameter	49
5.1.1	Variation des Einblasezeitpunktes	49
5.1.2	Variation des Abgasgegendrucks	53
5.1.3	Variation des Einblasedrucks	57
5.1.4	Variation des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses und der Verbrennungsschwer- punktlage	64
5.1.5	Variation der Drehzahl	77
5.1.6	Variation des indizierten Mitteldrucks	79
5.1.7	Detailanalyse bei 18 bar indiziertem Mitteldruck	85
5.2	Variation der Hardwarekomponenten	92
5.2.1	Vergleich DE-Injektoren	92
5.2.2	Vergleich Zündkerzen	96
6	Zusammenfassung und Ausblick	99
6.1	Zusammenfassung	99
6.2	Ausblick	101
	Abbildungsverzeichnis	103
	Tabellenverzeichnis	109
	Literatur	111
	Publikationsliste	123