

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Aufgabenstellung	4
3.	Grundlagen des Dieselmotors	6
3.1	Stand der Technik	6
3.2	Einspritzsystem	7
3.3	Geometrie der Einspritzdüse	9
3.4	Dieselmotorische Verbrennung	11
3.4.1	Strahlausbreitung und Gemischbildung	11
3.4.2	Zündung	12
3.4.3	Verbrennung	13
3.5	Abgasemissionen	14
3.5.1	Stickoxide NO _x	16
3.5.2	Partikel- und Rußbildung	16
3.5.3	Kohlenstoffdioxid CO ₂	19
3.6	Reduzierung der Abgasemissionen	20
3.6.1	Außermotorische Maßnahmen	20
3.6.2	Innermotorische Maßnahmen	20
3.6.3	Abgasgesetzgebung	22
4.	Alternative Kraftstoffe	24
4.1	Übersicht	24
4.2	Rapsölkraftstoff	26
5.	Motorenbetrieb mit Rapsölkraftstoff	32
5.1	Herausforderungen	32
5.2	Lösungsansatz	33
5.2.1	Einspritzsystem	34
5.2.2	Motorbetriebsparameter	34
5.3	Umsetzung	35
6.	Messtechnik und Analysemethoden	36
6.1	Optische Methoden zur Analyse des Einspritzstrahls	36
6.1.1	Mie-Streulicht	36
6.1.2	Mie-Streulicht mit Laserlichtschnitt	37
6.1.3	Auswerteroutine	38
6.2	Analysemethoden und -techniken am Verbrennungsmotor	38
6.2.1	Thermodynamische Analyse	39
6.2.2	Gasförmige Abgaskomponenten	39
6.2.3	Smokemeter	40
6.2.4	Partikelgrößenverteilung	40
6.2.5	Erweiterte Zweifarbenmethode	41
7.	Optische Untersuchung der Strahlausbreitung	44
7.1	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	44
7.2	Düsenserie I	46
7.3	Einfluss unterschiedlicher Parameter auf die Strahlausbreitung	47
7.3.1	Einfluss des Kraftstoffs	47
7.3.2	Schwankungen und Aufenthaltswahrscheinlichkeit	50
7.3.3	Einfluss des Kammerdrucks	52
7.3.4	Einfluss des Einspritzdrucks	53
7.3.5	Einfluss der Kammer- und Kraftstofftemperatur	54
7.3.6	Einfluss des Spritzlochdurchmessers	56
7.3.7	Einfluss der Konizität des Spritzlochs	58
7.4	Änderungsmaßnahmen an der Düsengeometrie	59
7.5	Düsenserie II	60
7.6	Optische Überprüfung der neuen Düsenparameter	61

7.6.1	Vergleich Düsenreihe I und II	61
7.6.2	Verrundungsgrad	63
7.6.3	Durchmesservariation	64
7.7	Düsenauswahl für die motorischen Untersuchungen	65
8.	Einfluss der Düsengeometrie auf die motorische Verbrennung	67
8.1	Düsenreihe I	67
8.1.1	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	68
8.1.2	Einfluss des Kraftstoffs auf die limitierten Emissionen	69
8.1.3	Einfluss des Kraftstoffs auf weitere motorische Parameter	72
8.1.4	Einfluss der Düsengeometrie auf die limitierten Abgasbestandteile	73
8.1.5	Einfluss der Düsengeometrie auf weitere motorische Parameter	76
8.1.6	Einfluss von Düsengeometrie und Einspritzzeitpunkt	77
8.1.7	Visuelle und optische Begutachtung der gebrauchten Düsen	79
8.1.8	Schlussfolgerung Düsengeometrie I	81
8.2	Optimierte Düsenreihe II	83
8.2.1	Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung	83
8.2.2	Einfluss von Abgasrückführrate und Einspritzdruck	85
8.2.3	Einfluss der Motorsteuerungsparameter im Leerlauf	95
8.2.4	Ergebnis optimierte Motorbetriebsparameter	96
8.2.5	Einfluss von Spritzlochdurchmesser und Verrundungsgrad	99
8.2.6	Visuelle Begutachtung der gebrauchten Düsen	103
8.2.7	Ergebnis Düsenreihe II	104
8.3	Zusammenfassung Motorversuche mit optimierten Düsen und Parametern	105
9.	Optische Untersuchung von Rußbildung und -oxidation im Brennraum	107
9.1	Konstruktive Ausführung	107
9.2	Interpretation der erhaltenen Messdaten	108
9.3	Einfluss des Kraftstoffs	109
9.4	Einfluss motorischer Stellparameter	111
9.5	Einfluss von Spritzlochdurchmesser und Verrundungsgrad	115
9.6	Rußbildung und -oxidation im Leerlauf	119
9.7	Ergebnis Zweifarbenmethode	120
10.	Untersuchung der Partikelgrößenverteilung im Abgas	122
10.1	Messaufbau	122
10.2	Einfluss des Kraftstoffs	123
10.3	Einfluss der motorischen Stellparameter	125
10.4	Einfluss der Düsengeometrie	130
10.5	Ergebnis Partikelgrößenverteilung	134
11.	Zusammenfassung	136
12.	Anhang	140
12.1	Wichtige Daten der Motorenprüfstände	140
12.2	Messtechnik	141
12.3	Technische Zeichnungen	142
12.4	Zusätzliche Messwerte und Ergebnisse	145
13.	Verzeichnisse	149
13.1	Abkürzungen und Formelzeichen	149
13.2	Abbildungsverzeichnis	151
13.3	Tabellenverzeichnis	154
13.4	Literaturverzeichnis	155