

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Vorwort</b> .....	<b>II</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>III</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>IV</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>V</b>
<b>Nomenklatur</b> .....	<b>VIII</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>XI</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>XVII</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik</b> .....	<b>3</b>
2.1 Einspritzsystem in Dieselmotoren .....	3
2.1.1 Common Rail System .....	4
2.1.2 Injektoren .....	5
2.1.3 Injektordüse .....	6
2.2 Düseninnenströmung in Dieselinjektoren .....	8
2.2.1 Kavitation in Dieseleinspritzdüsen .....	9
2.2.2 Druckverluste der Düseninnenströmung .....	10
2.2.3 Turbulenz .....	12
2.2.4 Durchfluss .....	13
2.3 Strahlzerfall .....	14
2.3.1 Klassifikation von Zerfallsbereichen .....	14
2.3.2 Kennzahlen .....	15
2.3.3 Strömungsinterner Einfluss auf den Strahlzerfall .....	17
2.3.4 Einfluss des Umgebungsgases auf den Strahlzerfall .....	19
2.3.5 Erfassung des Kraftstoffsprays .....	21
2.4 Einfluss der Düsengeometrie auf die Innenströmung und die Strahlausbreitung ...	22
2.4.1 Durchmesser des Spritzloches .....	22
2.4.2 Lochlänge .....	24
2.4.3 Konizität und Verrundung .....	25
2.5 Gemischbildung im dieselmotorischen Brennverfahren .....	26
2.5.1 Einspritzdruck .....	26
2.5.2 Ladungsbewegung .....	28
2.5.3 Strahl-Wandinteraktion .....	29
<b>3 Simulation der dieselmotorischen Einspritzung</b> .....	<b>33</b>
3.1 Erhaltungsgleichungen .....	33

3.2	Turbulenzmodellierung.....	34
3.3	Düseninnenströmung .....	36
3.3.1	Mehrphasenströmung .....	36
3.3.2	Kavitationsbehandlung .....	37
3.4	Spraysimulation .....	38
3.4.1	Erhaltungsgleichungen für Partikel .....	40
3.4.2	Turbulenzbehandlung .....	42
3.4.3	Modellierung des Strahlzerfalls.....	42
3.4.4	Partikel-Wand-Interaktion.....	45
<b>4</b>	<b>Forschungsstand und Zielsetzung .....</b>	<b>49</b>
4.1	Forschungsstand innovativer Düsenlochkonfigurationen .....	49
4.2	Zielsetzung.....	52
<b>5</b>	<b>Methodik und numerische Modelle.....</b>	<b>55</b>
5.1	Düsenlochkonfigurationen.....	55
5.2	Experimentelle Untersuchungen.....	56
5.2.1	Massenstrombestimmung .....	56
5.2.2	Sprayuntersuchung .....	59
5.2.3	Strahl/Wandinteraktion.....	63
5.3	Betriebspunkte .....	66
5.4	Modellaufbau Düseninnenströmung.....	67
5.4.1	Netz und Randbedingungen.....	68
5.4.2	Nadelbewegung .....	70
5.4.3	Netzunabhängigkeit .....	71
5.4.4	Stoffdaten .....	73
5.4.5	Kavitationsmodell.....	74
5.4.6	Sensitivitäten einzelner Parameter.....	75
5.5	Modellaufbau zur Untersuchung der Gemischbildung.....	76
5.5.1	Kopplung Innenströmung mit Spraysimulation .....	77
5.5.2	Simulation des freien Sprays .....	78
5.5.3	Simulation des Sprays mit Wandinteraktion .....	80
5.5.4	Auswertung der Strahl/Wandinteraktion .....	84
5.5.5	Simulation des verdampfenden Sprays mit bewegten Kolben .....	86
<b>6</b>	<b>Voruntersuchung und Validierung .....</b>	<b>88</b>
6.1	Massenstrom und Validierung der Düseninnenströmung.....	88
6.2	Analyse und Validierung des freien Sprays.....	91
6.3	Analyse und Validierung der Strahl/Wandinteraktion .....	95

<b>7</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion</b> .....	<b>102</b>
7.1	Innenströmung .....	102
7.1.1	Erhöhung der Spritzlochzahl .....	102
7.1.2	Innovative Düsenlochkonzepte.....	112
7.1.3	Variation der Höhenlage.....	120
7.1.4	Vergleich der Symmetriebedingungen .....	122
7.1.5	Zusammenfassung .....	129
7.2	Gemischbildung im Brennraum.....	132
7.2.1	Gemischbildung bei mittlerer Last (BP1).....	132
7.2.2	Gemischbildung bei hoher Last (BP2) .....	141
7.2.3	Variation der Ansteuerdauer und des Einspritzdrucks .....	149
7.2.4	Vergleich der Symmetriebedingungen .....	156
7.2.5	Zusammenfassung .....	159
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	<b>161</b>
<b>9</b>	<b>Anhang</b> .....	<b>165</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>168</b>