



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	2
1.2	Über 100 Jahre wasserhaltige Kraftstoffe . . . . .	3
1.3	Zielstellung – Ein möglicher Abschluss und Neubeginn . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>7</b>
2.1	Emulsionen . . . . .	7
2.2	Tenside . . . . .	8
2.3	Phasenverhalten . . . . .	10
2.3.1	Binäre Mischungen . . . . .	10
2.3.2	Phasenprisma und ternäre Systeme . . . . .	12
2.3.3	$T$ - $\gamma$ -Schnitt . . . . .	15
2.3.4	Einfluss technischer Tenside . . . . .	19
2.3.5	Additive . . . . .	20
2.3.6	Einfluss von Druck . . . . .	20
2.4	Amphiphiler Film . . . . .	21
2.5	Grenzflächenspannung . . . . .	24
2.6	Mehrkomponenten Systeme . . . . .	25
2.7	Nanoemulsionen . . . . .	27
2.8	Dynamische Lichtstreuung . . . . .	29
2.9	Stopped-Flow . . . . .	31
2.10	Kraftstoffe . . . . .	32
2.10.1	Dieselmotor . . . . .	33
2.10.2	Grüne Alternativen zum Dieselmotor . . . . .	34
2.11	Innermotorische Verbrennung im Dieselmotor . . . . .	36
2.11.1	Kreisprozesse . . . . .	37
2.11.2	Verbrennungsluftverhältnis . . . . .	39
2.11.3	Wirkungsgrad . . . . .	40
2.11.4	Heiz- und Brennwert . . . . .	41
2.11.5	Gemischbildung und Einspritzung . . . . .	41
2.11.6	Verbrennungsprozesse und Schadstoffreduktion . . . . .	42
2.11.7	Maßnahmen zur Schadstoffreduktion . . . . .	46



<b>3</b>	<b>Experimentelle Methoden</b>	<b>49</b>
3.1	Untersuchung des Phasenverhaltens . . . . .	49
3.2	Dichtemessung . . . . .	50
3.3	Dynamische Lichtstreuung . . . . .	51
3.4	Stopped-Flow-Messungen . . . . .	52
3.5	Abgasuntersuchungen . . . . .	53
3.5.1	Modifikationen im Testfahrzeug . . . . .	54
3.5.2	Testzyklus und Prüfphasen . . . . .	56
3.5.3	Rollenprüfstand des TÜV und Testfahrt . . . . .	57
3.6	Rasterelektronenmikroskopie . . . . .	59
3.7	Transmissionselektronenmikroskopie . . . . .	60
3.8	Verwendete Chemikalien . . . . .	61
<b>4</b>	<b>Wasserhaltige Kraftstoffformulierungen im Dieselmotor</b>	<b>65</b>
4.1	Bisherige Entwicklung von Kraftstoffmikroemulsionen . . . . .	65
4.2	Nanoemulsionen – Der noch bessere Kraftstoff? . . . . .	73
4.3	Systemoptimierung – Es geht auch einfacher . . . . .	74
4.3.1	Einfluss der Tenside auf Dieselkraftstoff . . . . .	76
4.3.2	GtL als saubere Alternative zum Diesel . . . . .	82
4.4	Der lange Weg zur Nanoemulsion . . . . .	88
4.4.1	Der Anfang des Wegs zur Nanoemulsion . . . . .	88
4.4.2	Weitere Schritte zur Nanoemulsion . . . . .	91
4.4.3	Von <i>n</i> -Alkanen zu Kraftstoffen . . . . .	96
4.4.4	Stabilitätstests . . . . .	99
4.4.5	Bildungskinetik . . . . .	109
<b>5</b>	<b>Wer verbrennt am saubersten?</b>	<b>113</b>
5.1	Gasphasenuntersuchung . . . . .	115
5.1.1	Kraftstoffverbrauch . . . . .	115
5.1.2	Kohlenstoffmonooxid und -dioxidemissionen (CO und CO <sub>2</sub> ) . . . . .	124
5.1.3	Kohlenwasserstoffemissionen (HC) . . . . .	142
5.1.4	Stickoxidemissionen (NO <sub>x</sub> ) . . . . .	151
5.2	Partikelphase . . . . .	160
5.2.1	Gravimetrische Analyse . . . . .	160
5.2.2	Partikelgrößenverteilung und -anzahl . . . . .	162
5.2.3	Extraktionsverhalten . . . . .	167
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>169</b>



<b>7</b>	<b>Weiterführende Untersuchungen und Konzepte</b>	<b>173</b>
7.1	Potentielle Weiterentwicklung von Kraftstoffemulsionen . . . . .	173
7.1.1	Untersuchung synthetischer Kraftstoffe . . . . .	173
7.1.2	Qualität und Quantität der eingesetzten Tenside . . . . .	174
7.1.3	Emulsionstypen . . . . .	174
7.2	Zukünftige Konzepte für wasserhaltige Kraftstoffe . . . . .	175
7.2.1	Weiterentwicklung des <i>Krambschen</i> Systems . . . . .	176
7.2.2	On-Injector-Verfahren . . . . .	177
7.2.3	Verteiler-Einspritzpumpe mit „Wasser-Commonrail“ . . . . .	178
7.2.4	Wasserbereitstellung . . . . .	179
7.3	Anwendungsbereiche . . . . .	180
<b>8</b>	<b>Ausblick – Nanoemulsionen als Treibstoff der Zukunft</b>	<b>183</b>
	<b>Anhang A REM- und TEM-Aufnahmen</b>	<b>v</b>
	<b>Anhang B Messprotokolle</b>	<b>ix</b>
	<b>Anhang C Kraftstoffverbräuche</b>	<b>xxiii</b>
	<b>Anhang D Verzeichnisse</b>	<b>xxvii</b>
D.1	Abbildungsverzeichnis . . . . .	xxvii
D.2	Abkürzungs- und Symbolverzeichnis . . . . .	xxxiv
D.3	Tabellenverzeichnis . . . . .	xxxix
D.4	Literaturverzeichnis . . . . .	xli