

Inhalt

1	Kurzfassung	14
2	Motivation	14
2.1	Exposition 2015	14
3	Zielsetzung	23
4	Dieselmkraftstoffforschung: Theorie, Material und Methoden	24
4.1	Kraftstoffanalytik	24
4.1.1	Mischbarkeit und COSMO	26
4.1.2	Dichte und kinematische Viskosität	27
4.1.3	Kältestabilität (CFPP-Wert, Cloudpoint und Kältewechseltest)	28
4.1.4	Wassergehalt, Wasserlöslichkeit und Wasseraufnahmeverhalten	29
4.1.5	Siedeverhalten (atmosphärisch und SimDist)	29
4.1.6	Flammpunkt	31
4.1.7	Dampfdruckverhalten	31
4.1.8	Zündwilligkeit: Cetanzahl und Cetanindex	32
4.1.9	Zündtemperatur	34
4.1.10	Materialtest (Kunststoff)	34
4.1.11	Sonstige Parameter gemäß DIN EN 590	35
4.2	Kraftstoffkomponenten	37
4.2.1	Dieselmkraftstoff (fossil)	38
4.2.2	Additive	40
4.2.3	Fettsäuremethylester (FAME)	41
4.2.4	HVO	45
4.2.5	Fischer-Tropsch-Kraftstoffe (XtL)	46
4.2.6	Alkohole und n-Alkane (Literaturstudie)	49
4.2.7	Citratester: Triethylcitrat und Tributylcitrat	60
4.3	Kraftstoffalterung (spezielle Kraftstoffanalytik)	63
4.3.1	Alterung ungesättigter Fettsäuremethylester (Literaturstudie)	64
4.3.2	Parameter und Verfahren mit Bezug zur Oxidationsstabilität	78
4.3.3	Alterung im Einspritzprüfstand (Methodenentwicklung)	79

4.3.4	Alterung im Batch-Reaktor (Methodenentwicklung).....	82
4.3.5	Nachweis der Alterung mit UV/Vis-Spektroskopie (Methodenentwicklung) ...	85
4.3.6	Präzipitat-Test (optisch und spektroskopisch)	86
4.3.7	Präzipitat-Test (gravimetrisch) (Methodenentwicklung)	87
4.3.8	Lagerstabilität (UV)	88
4.4	Motoren und Betrieb	88
4.4.1	Dieselmotorische Verbrennung.....	88
4.4.2	Farymann-Einzylindermotor (Farymann 18 W)	89
4.4.3	Euro III (Daimler OM 906 LA).....	91
4.4.4	Euro IV (Daimler OM 904 LA)	92
4.5	Emissionsanalytik	94
4.5.1	Kohlenstoffmonoxid (CO)	97
4.5.2	Stickoxide (NO _x)	97
4.5.3	Kohlenwasserstoffe (HC).....	99
4.5.4	Partikel- und Teilchenmasse (PM/TM).....	100
4.5.5	Partikelgrößenverteilung	103
4.5.6	Ammoniak schlupf (NH ₃)	104
4.5.7	Carbonyle (Aldehyde und Ketone)	105
4.5.8	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK).....	106
4.5.9	Mutagenität (Bakterieller Rückmutationstest, Ames-Test).....	110
5	Ergebnisse und Diskussion	113
5.1	Einleitung.....	113
5.2	Kraftstoffanalytik	115
5.2.1	Mischbarkeit.....	117
5.2.1.1	<i>Citratester: Triethylcitrat (TEC) und Tributylcitrat (TBC).....</i>	<i>117</i>
5.2.1.2	<i>Langkettige Fettalkohole: 1-Dodecanol, Cetyl-, Stearyl- und Oleylalkohol.....</i>	<i>117</i>
5.2.1.3	<i>Zusammenfassung.....</i>	<i>119</i>
5.2.2	Kältefestigkeit (CFPP-Wert, Cloudpoint, Kältewechseltest).....	119
5.2.2.1	<i>Langkettige Fettalkohole in binären Blends (Tiefstemperaturlagerung).....</i>	<i>119</i>
5.2.2.2	<i>Alkohole und Alkane in ternären Blends (CFPP-Wert)</i>	<i>121</i>
5.2.2.3	<i>Fließverbesserer in RME und binären Blends bei Kältewechsel</i>	<i>124</i>

5.2.2.4	Zusammenfassung.....	127
5.2.3	Wasseraufnahmeverhalten	127
5.2.3.1	FAME-Kraftstoffe und binäre Blends.....	128
5.2.3.2	Alkohole und Alkane in ternären Blends.....	130
5.2.3.3	Zusammenfassung.....	132
5.2.4	Siedeverhalten (atmosphärische Destillation).....	132
5.2.4.1	FAME-Kraftstoffe.....	133
5.2.4.2	Einfluss von RME und Alkoholen auf den Siedeverlauf.....	134
5.2.4.3	Zusammenfassung.....	136
5.2.5	Flammpunkt	136
5.2.5.1	Reinkraftstoffe und Kraftstoffkomponenten.....	137
5.2.5.2	Alkohole und Alkane in ternären Blends.....	137
5.2.5.3	Zusammenfassung.....	140
5.2.6	Dampfdruckverhalten.....	140
5.2.6.1	Alkohole in binären und ternären Blends.....	141
5.2.6.2	Zusammenfassung.....	143
5.2.7	Zündtemperatur	144
5.2.7.1	Reinkraftstoffe und ternäre Blends mit Alkoholen und Alkanen.....	144
5.2.7.2	Zusammenfassung.....	146
5.2.8	Materialuntersuchung (Kunststoff)	146
5.2.8.1	Ausgewählte Alkohole in ternären Blends.....	147
5.2.8.2	Zusammenfassung.....	150
5.2.9	Zusammenfassung.....	150
5.3	Kraftstoffalterung (spezielle Kraftstoffanalytik).....	153
5.3.1	Präzipitatbildung und Lösungsvermittlereffizienz von Alkoholen und TBC ..	153
5.3.1.1	COSMO-Oberflächen und Sigma-Profile von TBC und 1-Octanol	153
5.3.1.2	Lösungsvermittlereffizienz von ausgewählten Alkoholen und TBC.....	156
5.3.1.3	Einfluss der Kraftstoffpolarität auf das Präzipitatzbildungsmaximum.....	160
5.3.1.4	Auswirkung veränderter Alterungsparameter	162
5.3.1.5	Charakteristische Zeitabhängigkeit der Präzipitatbildung	163
5.3.1.6	Zusammenfassung.....	165
5.3.2	Alterung im Einspritzprüfstand	166
5.3.2.1	Ausgewählte Kraftstoffe mit und ohne Oxidationsstabilisator	166
5.3.2.2	Einfluss der Betriebsmoden bei RME-20 und RME-100	170
5.3.2.3	Zusammenfassung.....	173
5.3.3	Alterung im Batch-Reaktor (UV/Vis-Spektroskopie).....	173

5.3.3.1	<i>Einfluss von 1-Decanol auf einen RME-10-Blend mit n-Hexadecan</i>	175
5.3.3.2	<i>RME-100 (Schutzgasatmosphäre) und Carotinoidabbau</i>	179
5.3.3.3	<i>Einfluss von 1-Decanol auf einen RME-10-Blend mit DK</i>	183
5.3.3.4	<i>Zusammenfassung</i>	186
5.3.4	Lagerstabilität (Lichtbox-UV)	186
5.3.4.1	<i>Ausgewählte FAME-Kraftstoffe und binäre Blends mit DK</i>	186
5.3.4.2	<i>Zusammenfassung</i>	190
5.3.5	Zusammenfassung	190
5.4	Emissionsanalytik am Einzylindermotor (limitierte)	192
5.4.1	Cetanzahl-Betrachtung der Kraftstoffkomponentenauswahl	195
5.4.2	Kettenlänge und Verzweigung: Alkane in ternären Blends	197
5.4.3	HVO und GtL in ternären Blends	201
5.4.4	KME, RME und LME in ternären Blends mit HVO und DK	205
5.4.5	1-Octanol als Kraftstoffkomponente in binären Blends	207
5.4.6	1-Octanol und TBC: Multikomponentenblends mit RME, HVO und DK	210
5.4.7	1-Decanol und Oleylalkohol in ternären Blends	213
5.4.8	Zusammenfassung	217
5.5	Emissionsanalytik am Einzylindermotor (nicht limitierte)	217
5.5.1	Carbonyl: 1-Decanol und Oleylalkohol in ternären Blends	218
5.5.2	PAK: 1-Decanol und Oleylalkohol in ternären Blends	219
5.5.3	Zusammenfassung	223
5.6	Kraftstoffdesign und -analytik von REG50	223
5.6.1	Kraftstoffanalytik von REG50 gemäß DIN EN 590	225
5.6.2	Siedeverhalten	227
5.6.3	Wasseraufnahmeverhalten	228
5.6.4	Zündtemperatur	229
5.6.5	Alterung im Einspritzprüfstand und Lagerstabilität (Lichtbox-UV)	230
5.6.6	Zusammenfassung	232
5.7	REG50 am Nutzfahrzeugmotor (limitierte Emissionen)	233
5.7.1	Limitierte Emissionen (CO, NO _x , HC, PM)	235
5.7.2	Zusammenfassung	238
5.8	REG50 am Nutzfahrzeugmotor (nicht limitierte Emissionen)	239

5.8.1	Ammoniak-Emissionen.....	240
5.8.2	Partikelgrößenverteilung	240
5.8.3	Carbonyl-Emissionen	241
5.8.4	PAK-Emissionen	243
5.8.5	Mutagenität (Ames-Test)	245
5.8.6	Zusammenfassung	248
6	Zusammenfassung.....	250
7	Ausblick.....	259
8	Anhang	263
8.1	Literaturverzeichnis	263
8.2	Abkürzungsverzeichnis	280
8.3	Kraftstoffanalysen	283
8.4	Kraftstoffanalytik (technische Details).....	287
8.5	Motorbetriebsdaten (technische Details und Prüfzyklen).....	288