



Kevin Schaper (Autor)

# **Entwicklung von Multikomponentenblends für Dieselmotoren mit hohem regenerativen Anteil bei Verwendung von 1-Alkoholen und Tributylcitrat nach Maßgabe der Dieselmotorenstoffnorm DIN EN 590**



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/7496>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# Inhalt

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>Motivation</b> .....	<b>14</b>
<b>2.1</b>	<b>Exposition 2015</b> .....	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Zielsetzung</b> .....	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Dieselmotortreibstoffforschung: Theorie, Material und Methoden</b> .....	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Kraftstoffanalytik</b> .....	<b>24</b>
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
<b>4.2</b>	<b>Kraftstoffkomponenten</b> .....	<b>37</b>
4.2.1	Dieselmotortreibstoff (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
<b>4.3</b>	<b>Kraftstoffalterung (spezielle Kraftstoffanalytik)</b> .....	<b>63</b>
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
<b>4.4</b>	<b>Motoren und Betrieb .....</b>	<b>88</b>
4.4.1	Dieselmotorische Verbrennung.....	88
4.4.2	Farymann-Einzyliermotor (Farymann 18 W) .....	89
4.4.3	Euro III (Daimler OM 906 LA).....	91
4.4.4	Euro IV (Daimler OM 904 LA) .....	92
<b>4.5</b>	<b>Emissionsanalytik .....</b>	<b>94</b>
4.5.1	Kohlenstoffmonoxid (CO) .....	97
4.5.2	Stickoxide (NO <sub>x</sub> ) .....	97
4.5.3	Kohlenwasserstoffe (HC).....	99
4.5.4	Partikel- und Teilchenmasse (PM/TM).....	100
4.5.5	Partikelgrößenverteilung .....	103
4.5.6	Ammoniakslupf (NH <sub>3</sub> ) .....	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
<b>5</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion.....</b>	<b>113</b>
<b>5.1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>113</b>
<b>5.2</b>	<b>Kraftstoffanalytik .....</b>	<b>115</b>
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 (Tieftemperaturlagerung).....</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
<b>5.3</b>	<b>Kraftstoffalterung (spezielle Kraftstoffanalytik).....</b>	<b>153</b>
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 Präzipitabildungsmaximum.....	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
<b>5.4</b>	<b>Emissionsanalytik am Einzylindermotor (limitierte).....</b>	<b>192</b>
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
<b>5.5</b>	<b>Emissionsanalytik am Einzylindermotor (nicht limitierte) .....</b>	<b>217</b>
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
<b>5.6</b>	<b>Kraftstoffdesign und -analytik von REG50 .....</b>	<b>223</b>
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
<b>5.7</b>	<b>REG50 am Nutzfahrzeugmotor (limitierte Emissionen) .....</b>	<b>233</b>
5.7.1	Limitierte Emissionen (CO, NO <sub>x</sub> , HC, PM) .....	235
5.7.2	Zusammenfassung .....	238
<b>5.8</b>	<b>REG50 am Nutzfahrzeugmotor (nicht limitierte Emissionen) .....</b>	<b>239</b>



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
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>250</b>
<b>7</b>	<b>Ausblick.....</b>	<b>259</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>263</b>
<b>8.1</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>263</b>
<b>8.2</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>280</b>
<b>8.3</b>	<b>Kraftstoffanalysen .....</b>	<b>283</b>
<b>8.4</b>	<b>Kraftstoffanalytik (technische Details).....</b>	<b>287</b>
<b>8.5</b>	<b>Motorbetriebsdaten (technische Details und Prüfzyklen) .....</b>	<b>288</b>