Inhaltsverzeichnis

Vorveröffentlichungen der Dissertation……..... I

Danksagung…… V

0 Zusammenfassung…….. 1

1 Einleitung…….....…. 13

2 Aufgabenstellung……..…..... .. 23

3 Dieselmotorische Verbrennung – Kraftstoffe und Emissionen……..... 26

3.1 Gesetzlich limitierte Abgasparameter……..... 30

3.1.1 Stickoxide……..... 30

3.1.1.1 Stickstoffmonoxid (NO)…..……..... 30

3.1.1.2 Stickstoffdioxid (NO_2)……..... 31

3.1.2 Kohlenstoffmonoxid……..... 31

3.1.3 Kohlenwasserstoffe (HC)……..... 32

3.2 Entstehung von PAK, Nitro-PAK und Ruß……..... 33

3.2.1 Grundlagen der PAK……..... 33

3.2.2 Grundlagen der Nitro-PAK……... 36

3.2.3 Bildungsmechanismen…….. 40

3.3 Gesundheitswirkungen…….. 56

3.3.1 PAK……..... 56

3.3.2 Nitro-PAK……. 66

3.4 Dieselkraftstoffe und ihre Eigenschaften…….. 69

3.4.1 Biogene und synthetische Dieselkraftstoffe……..... 70

3.4.2 Pflanzenöle…… 71

3.4.3 Fettsäuremethylester……. 74

3.4.4 Synthetische Kraftstoffe……... 79

3.5 Auswirkungen einzelner Kraftstoffeigenschaften……..... 81

3.5.1 Iodzahl……..... 86

3.5.2 Oxidationsstabilität……... 86

3.5.3 Cetanzahl…….. 95

3.5.4 Kaltfließverhalten……. 96

3.5.5 Viskosität und Dichte…… 96

3.5.6 Sauerstoffgehalt…… 97

3.5.6.1 Exkurs: Untersuchungen und Simulationen der Verbrennungsvorgänge sauerstoffhaltiger Kraftstoffe……... 99

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

3.5.7 Aromatengehalt……..... 106
3.5.8 Gehalt an Schwefel und Phosphor…… 109
3.5.9 Thermische Stabilität und Verbrennung biogener Kraftstoffe……. 110
3.5.10 Einfluss von Test- und Probenahmebedingungen…… 120
3.5.11 Einfluss von Abgasnachbehandlungssystemen…… 122
3.5.12 Rußoxidation……. 126
3.5.13 Ruß und NO_x……. 128
4 Experimenteller Aufbau……. 137
4.1 Motoren und Motortestbedingungen……. 137
4.1.1 Motor OM 906 LA…… 137
4.1.2 Motor D0836 LFL 51……... 137
4.1.3 Umrüstsatz……..... 138
4.1.4 Motortestbedingungen…….. 139
4.1.5 Ablauf der Prüfstandsmessungen…….. 141
4.2 Analysenmethoden und Messgeräte…….. 143
4.2.1 Gesetzlich limitierte Abgasparameter……... 143
4.2.1.1 Stickoxide (NO_x) ……. 143
4.2.1.2 Kohlenmonoxid (CO)…….. 144
4.2.1.3 Kohlenwasserstoffe (HC)……. 144
4.2.1.4 Partikelmasse (PM)……..... 144
4.3 Probenahme für PAK und Nitro-PAK……... 146
4.4 Probenahme und Aufarbeitung für die Mutagenität im Ames-Test…….. 148
4.4.1 Mutagenitätsuntersuchung (Bakterieller Rückmutationstest, Ames-Test)…… 148
4.4.2 Akzeptanzkriterien und statistische Analyse……..... 150
5 Kraftstoffe……..... 151
6 Grundlagen der verwendeten Analysenverfahren…….. 155
6.1 Bestimmung von PAK-Emissionen……..... 155
6.2 Bestimmung von Nitro-PAK-Emissionen……. 156
7 Darstellung der analytischen Verfahren……. 160
7.1 PAK (Partikulat)……... 160
7.1.1 Probenvorbereitung……..... 160
7.1.1.1 Extraktionsverfahren……..... 160
7.1.1.2 Interne Standardisierung…….. 163
7.1.1.3 Aufarbeitung…… 165

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

7.1.2 Messung……... 166
7.1.2.1 Analyten……... 166
7.1.2.2 Aufbau des chromatographischen Systems…….. 168
7.1.2.3 Auswahl der Eluenten, Gradientenprogramm…….. 173
7.1.2.4 Anreicherung über DACC…… 175
7.1.2.5 Schaltzeiten, Wellenlängenpaare, PMT…….. 176
7.1.2.6 Kalibrierung und Bestimmungsgrenzen……..... 177
7.1.3 Auswertung und Statistik…….. 179
7.1.4 Blindwerte und Wiederfindungsraten……... 180
7.2 PAK (Kondensat)……. 182
7.2.1 Probenvorbereitung (Extraktion und Aufarbeitung)…… 182
7.2.2 Messung…… 183
7.2.3 Blindwerte und Wiederfindungsraten……... 184
7.3 Nitro-PAK (Partikulat)……..... 186
7.3.1 Probenvorbereitung……... 186
7.3.1.1 Extraktionsverfahren…… 186
7.3.1.2 Interne Standardisierung…….. 186
7.3.1.3 Aufarbeitung…… 187
7.3.2 Messung…… 189
7.3.2.1 Analyten……... 189
7.3.2.2 Aufbau des chromatographischen Systems……..... 191
7.3.2.3 Auswahl der Eluenten, Gradientenprogramm…….. 193
7.3.2.4 Schaltzeiten, Wellenlängenpaare, PMT……... 194
7.3.2.5 Kalibrierung und Bestimmungsgrenzen……... 195
7.3.3 Auswertung und Statistik……..... 196
7.3.4 Blindwerte und Wiederfindungsraten……... 196
8 Ergebnisse und Diskussion……..... 197
8.1 Variation der Pflanzenölsorte……..... 197
8.1.1 Limitierte Emissionen……... 198
8.1.2 PAK…….. 201
8.1.3 Mutagenität……... 206
8.1.4 Diskussion……. 210
8.2 Blends aus Petrodieselkraftstoff und Rapsöl……. 216
8.2.1 Limitierte Emissionen……... 216
8.2.2 PAK…….. 219

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

8.2.3 Mutagenität……... 221
8.2.4 Diskussion…… 224
8.3 Dotiertes Rapsöl……... 225
8.3.1 Limitierte Emissionen……... 226
8.3.2 PAK……..... 227
8.3.3 Mutagenität……... 228
8.4 Vergleich von Petrodieselkraftstoff und Rapsöl im ESC und ETC……... 229
8.4.1 Limitierte Emissionen……... 229
8.4.2 PAK……..... 230
8.4.3 Mutagenität…….. 232
8.5 Einflüsse von Probenahme und Motorölwechsel bei Betrieb mit Pflanzenölen…….. 233
8.5.1 Limitierte Emissionen……... 234
8.5.2 PAK…….. 236
8.5.3 Mutagenität…….. 238
8.6 Einfluss des Filtermaterials……... 241
8.6.1 PAK…….. 241
8.6.2 Mutagenität……. 241
8.7 Einfluss eines Umrüstsatzes auf den Betrieb mit Rapsöl……..... 242
8.7.1 Limitierte Emissionen……... 242
8.7.2 PAK…….. 243
8.7.3 Mutagenität……... 245
8.8 Variation des Fettsäuremusters verschiedener FSME-Kraftstoffe……... 245
8.8.1 Limitierte Emissionen……... 246
8.8.2 PAK…….. 248
8.8.3 Mutagenität……... 250
8.8.4 Diskussion…… 251
8.9 Blends aus Petrodieselkraftstoff und verschiedenen FSME…….. 254
8.9.1 Blends aus DK und PME…….. 254
8.9.1.1 Limitierte Emissionen…….. 254
8.9.1.2 PAK…….. 255
8.9.1.3 Mutagenität…….. 257
8.9.2 Blends aus DK und SME…….. 259
8.9.2.1 Limitierte Emissionen…….. 259
8.9.2.2 PAK……..... 261

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

8.9.2.3 Mutagenität…….. 262
8.9.3 Blends aus DK und RME…….. 263
8.9.3.1 Limitierte Emissionen…….. 264
8.9.3.2 PAK…….. 267
8.9.3.3 Mutagenität…….. 268
8.10 Roher/destillierter LME……. 269
8.10.1 Limitierte Emissionen……... 270
8.10.2 PAK…….. 271
8.10.3 Mutagenität……... 273
8.11 (Additivierte) B7-Blends……... 274
8.11.1 Limitierte Emissionen……... 275
8.11.2 PAK…….. 276
8.11.3 Mutagenität……... 278
8.12 B20-Blends……..... 279
8.12.1 Limitierte Emissionen……... 280
8.12.2 PAK…….. 282
8.12.3 Mutagenität…….. 284
8.13 Gealterter RME mit Ethanol und *n*-Butanol als Additive……. 284
8.13.1 Limitierte Emissionen……... 285
8.13.2 PAK…….. 288
8.13.3 Mutagenität……... 290
8.14 Einfluss des Kraftstofffilters…….. 291
8.14.1 Limitierte Emissionen……... 292
8.14.2 PAK…….. 295
8.14.3 Mutagenität……... 296
8.15 Messreihe HVO/JME…… 297
8.15.1 Limitierte Emissionen……... 298
8.15.2 PAK…….. 299
8.15.3 Mutagenität……... 300
8.16 Nitro-PAK……. 301
9 Design künftiger Dieselkraftstoffe unter besonderer Berücksichtigung der Kraftstoffstruktur…… 307
10 Glossar……..... 316
10.1 Abkürzungsverzeichnis……..... 316
10.2 Formelzeichen und Einheiten…… 319

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.

11 Literatur…….. 320
A Anhang……... 360
A.1 Kraftstoffanalysen……. 360
A.2 Lösemittel, Chemikalien, Materialien und Geräte……. 371
A.2.1 Lösemittel……. 371
A.2.2 Chemikalien…….. 371
A.2.3 Materialien zur Probenahme und Aufarbeitung (PAK und Nitro-PAK)……... 372
A.2.4 Geräte und Zubehör…….. 372
A.3 Kalibrierungen……... 374

Dieses Werk ist copyrightgeschützt und darf in keiner Form vervielfältigt werden noch an Dritte weitergegeben werden.
Es gilt nur für den persönlichen Gebrauch.