



## Berichte aus dem TFZ

# Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren

beim Lehr-, Versuchs-  
und Fachzentrum  
für Ökologischen Landbau  
und Tierhaltung Kringell





**Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren  
beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum  
für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell**





# **Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fach- zentrum für Ökologischen Land- bau und Tierhaltung Kringell**

Dr. Klaus Thuneke  
Thomas Gassner  
Peter Emberger  
Dr. Edgar Remmele

**Titel:** Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-,  
Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung  
Kringell

**Autoren:** Dr. Klaus Thuneke, Thomas Gassner, Peter Emberger, Dr. Edgar Remmele

**Projektleiter:** Dr. Edgar Remmele

**Bearbeiter:** Dr. Klaus Thuneke, Thomas Gassner, Peter Emberger, Thomas Kießlinger,  
Anne Uhl, Rita Haas, Dr. Edgar Remmele

**in Kooperation mit:** Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), LVFZ Kringell

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert (Forschungsvorhaben N/05/05). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.

© 2009  
Technologie- und Förderzentrum (TFZ)  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe, Straubing

Alle Rechte vorbehalten.  
Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Herausgebers in irgendeiner Form reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt, verbreitet oder archiviert werden.

**ISSN:** 1614-1008

**Hrsg.:** Technologie- und Förderzentrum (TFZ)  
im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe  
Schulgasse 18, 94315 Straubing

**E-Mail:** [poststelle@tfz.bayern.de](mailto:poststelle@tfz.bayern.de)  
**Internet:** [www.tfz.bayern.de](http://www.tfz.bayern.de)

**Redaktion:** Dr. Klaus Thuneke, Thomas Gassner, Peter Emberger, Dr. Edgar Remmele  
**Verlag:** Eigenverlag, Straubing  
**Erscheinungsort:** Straubing  
**Erscheinungsjahr:** 2009  
**Gestaltung:** Dr. Klaus Thuneke

**Fotonachweis:** Dr. Klaus Thuneke, Thomas Gassner, Thomas Kießlinger, Peter Emberger

## **Vorwort**

Wir bedanken uns beim Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, München, für die Finanzierung des Vorhabens. Dank gilt insbesondere dem Leiter des Referats M 5, Herrn MR Dr. Rupert Schäfer für die gute Zusammenarbeit und das entgegengebrachte Vertrauen.

Großer Dank gebührt dem Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung (LVFZ) Kringell der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) für die Bereitstellung der Traktoren und die aktive Unterstützung des Vorhabens. Ein ganz herzliches Dankeschön geht an Herrn Wolfgang Löw für die hervorragende Zusammenarbeit. Durch sein tatkräftiges und fachkundiges Mitwirken trug er maßgeblich zum Gelingen dieses Vorhabens bei.

Bedanken möchten wir uns auch bei den Umrüstern der untersuchten Traktoren, Herrn Hausmann von der Firma Hausmann, sowie Herrn Dr. Gruber und Herrn Innerhofer von der Firma Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie (VWP) sowie bei Herrn Marco Franz von Same Deutz-Fahr für die große Hilfe bei verschiedenen Fragestellungen.

Des Weiteren möchten wir Herrn Schindler von BayWa Mineralöle und Herrn Braunecker von der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH für die Unterstützung und die Durchführung der Motorölanalysen danken.

Dank gebührt auch den Fachwerkstätten vor Ort in Straubing und Kringell, insbesondere der BayWa in Straubing, der Firma Dorn Landtechnik GmbH in Straubing, dem Boschdienst Bründl in Straubing sowie der Firma Faltner GmbH in Büchlberg und der BayWa in Waldkirchen.

Die Autoren



## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>		<b>7</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>		<b>9</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>		<b>15</b>
<b>Anhangsverzeichnis .....</b>		<b>17</b>
<b>1 Einleitung.....</b>		<b>21</b>
<b>2 Zielstellung .....</b>		<b>23</b>
<b>3 Stand des Wissens .....</b>		<b>25</b>
<b>3.1 Stand der Technik pflanzenöлтаuglicher Traktoren .....</b>		<b>25</b>
3.1.1 Umrüstung.....		25
3.1.2 Seriengefertigte pflanzenöлтаugliche Traktoren .....		26
3.1.3 Weitere technische Entwicklung.....		30
<b>3.2 Bisherige Untersuchungen und Erfahrungen.....</b>		<b>32</b>
3.2.1 Flottenversuche zum Betriebs- und Emissionsverhalten .....		33
<b>4 Material und Methodik .....</b>		<b>37</b>
<b>4.1 Traktoren.....</b>		<b>37</b>
4.1.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....		37
4.1.2 Fendt Farmer Vario 412 .....		38
<b>4.2 Betriebsdatenerfassung.....</b>		<b>38</b>
4.2.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....		39
4.2.2 Fendt Farmer Vario 412 .....		41
<b>4.3 Betriebsstoffe .....</b>		<b>43</b>
4.3.1 Rapsölkraftstoff.....		43
4.3.2 Dieselmotorkraftstoff.....		45
4.3.3 Motorenöl.....		47
<b>4.4 Prüfstand.....</b>		<b>48</b>
4.4.1 Aufbau.....		48
4.4.2 Erfassung der Randbedingungen.....		50
4.4.3 Bestimmung von Motorleistung, Motordrehzahl und Kraftstoffverbrauch .....		52
4.4.4 Gasanalyse.....		54
4.4.5 Partikelmassebestimmung.....		55
<b>4.5 Durchführung der Emissionsmessungen .....</b>		<b>56</b>
4.5.1 Vorbereitung der Traktoren und des Prüfstands .....		56
4.5.2 NRSC-Prüfzyklus.....		57
<b>4.6 Auswertung.....</b>		<b>58</b>

<b>5</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>63</b>
<b>5.1</b>	<b>Ereignisse während des Untersuchungszeitraums .....</b>	<b>63</b>
<b>5.2</b>	<b>Traktorarbeiten während des Praxiseinsatzes .....</b>	<b>65</b>
<b>5.3</b>	<b>Kontinuierlich erfasste Betriebsdaten.....</b>	<b>66</b>
5.3.1	Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	66
5.3.2	Fendt Farmer Vario 412 .....	73
<b>5.4</b>	<b>Motorölqualität .....</b>	<b>75</b>
5.4.1	Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	76
5.4.2	Fendt Farmer Vario 412 .....	79
<b>5.5</b>	<b>Betriebssicherheit und Motorbefundung.....</b>	<b>82</b>
5.5.1	Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	82
5.5.2	Fendt Farmer Vario 412 .....	88
<b>5.6</b>	<b>Leistung und Drehmoment .....</b>	<b>91</b>
5.6.1	Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	91
5.6.2	Fendt Farmer Vario 412 .....	94
<b>5.7</b>	<b>Spezifischer Kraftstoffverbrauch .....</b>	<b>96</b>
5.7.1	Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	96
5.7.2	Fendt Farmer Vario 412 .....	98
<b>5.8</b>	<b>Limitierte Abgaskomponenten .....</b>	<b>100</b>
5.8.1	Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	100
5.8.2	Fendt Farmer Vario 412 .....	106
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....</b>	<b>113</b>
	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>119</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>122</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	DEUTZ Natural Fuel Engine® (TCD 2012 L06 - 2/4 V, 6 l Hubraum, 129/152 kW) (Foto: Deutz AG [25]).....	26
Abbildung 2:	Kraftstoffsystem des DEUTZ Natural Fuel Engine® (Foto: Deutz AG [25]) .....	27
Abbildung 3:	Zusatztank für Dieselmotorkraftstoff (1) (Foto: AGCO Fendt GmbH [13]) .....	28
Abbildung 4:	Schaubild der Betriebsdatenerfassung des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160.....	40
Abbildung 5:	Einbaupositionen der Abgastemperatursensoren und des Motoröltemperatursensors am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	40
Abbildung 6:	Schaubild der Betriebsdatenerfassung des Fendt Farmer Vario 412.....	42
Abbildung 7:	Messstelle zur Erfassung der Kraftstofftemperatur beim Fendt Farmer Vario 412.....	42
Abbildung 8:	Abgaskrümmer des Fendt Farmer Vario 412 mit Temperatursensoren zur Erfassung der Abgastemperaturen an den einzelnen Zylindern .....	43
Abbildung 9:	Aufbau des Emissionsprüfstands am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) .....	49
Abbildung 10:	Aufbau zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs mittels Wägung des Versuchskraftstoffbehälters.....	54
Abbildung 11:	Lage der Prüfphasen im Leistungs-/Drehmomentdiagramm .....	58
Abbildung 12:	Datum und Betriebsstunden von Emissionsmessungen, Ölwechseln und sonstigen Ereignissen während des Untersuchungszeitraums mit dem Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	63
Abbildung 13:	Datum und Betriebsstunden von Emissionsmessungen, Ölwechseln und sonstigen Ereignissen während des Untersuchungszeitraums mit dem Fendt Farmer Vario 412 .....	64
Abbildung 14:	Anteil der Arbeiten mit dem Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 am LVFZ Kringell bezogen auf die Gesamtbetriebsstunden im Beobachtungszeitraum .....	65
Abbildung 15:	Anteil der Arbeiten mit dem Fendt Farmer Vario 412 am LVFZ Kringell bezogen auf die Gesamtbetriebsstunden im Beobachtungszeitraum.....	66
Abbildung 16:	Häufigkeitsverteilung der Motorlast während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 1085 Bh .....	67
Abbildung 17:	Häufigkeitsverteilung der Betriebspunkte im Motorkennfeld nahe den Prüfphasen des 8-Phasen Zyklus gemäß EU–Nonroad -Richtlinie 97/68/EG während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 900 Bh .....	68
Abbildung 18:	Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 500 Bh .....	69
Abbildung 19:	Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur im Tank während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 605 Bh .....	70
Abbildung 20:	Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur an der Einspritzleitung während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 600 Bh .....	70

---

Abbildung 21:	Häufigkeitsverteilung des Kraftstoffverbrauchs während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 1.085 Bh.....	71
Abbildung 22:	Häufigkeitsverteilung der Umgebungstemperatur während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 600 Bh.....	72
Abbildung 23:	Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1095 Bh.....	73
Abbildung 24:	Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur im Tank während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1.130 Bh.....	74
Abbildung 25:	Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur an der Einspritzleitung während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1125 Bh.....	74
Abbildung 26:	Häufigkeitsverteilung der Umgebungstemperatur während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1130 Bh.....	75
Abbildung 27:	Gehalte an Kraftstoff und Ruß von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen.....	76
Abbildung 28:	Kraftstoffgehalt im Motoröl in Abhängigkeit von den Motorölbetriebsstunden des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Motorölfüllungen.....	77
Abbildung 29:	Kinematische Viskosität von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen (grau hinterlegte Bereiche entsprechen der Viskositätsklasse des Frischöls).....	78
Abbildung 30:	Additivelementgehalte Ca, Zn, P, Mg von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen.....	78
Abbildung 31:	Gehalte an Kraftstoff und Ruß von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen.....	79
Abbildung 32:	Kraftstoffgehalt im Motoröl in Abhängigkeit von den Motorölbetriebsstunden des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Motorölfüllungen.....	80
Abbildung 33:	Kinematische Viskosität von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen (grau hinterlegte Bereiche entsprechen der Viskositätsklasse des Frischöls).....	81
Abbildung 34:	Abgastemperaturen an einzelnen Zylindern sowie Leistungs- und Drehmomentverlauf beim Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei einer Störung.....	82
Abbildung 35:	Einspritzdüsen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 nach 868 Bh; Bild links: Einspritzdüse aus Zylinder 5, Bild rechts: Einspritzdüse aus Zylinder 6.....	83
Abbildung 36:	Sprühbild der Einspritzdüse des fünften Zylinders des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 beim Abdrücken der Düsen.....	84

---

Abbildung 37:	Einspritzdüsen­spitzen Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 am 29.04.2008 bei 1.771 Bh .....	85
Abbildung 38:	Turbinenrad des Abgas­turbo­laders im Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 .....	87
Abbildung 39:	Bild links: Zylinderbuchse mit Honriefen, Feuersteg und Ventilteller im Zylinder 1, Bild rechts: Draufsicht auf Einlassventil mit Ventilsitz im Zylinder 2 von schräg oben des Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 .....	87
Abbildung 40:	Einspritzdüsen des Fendt Farmer Vario 412 nach 2653 Bh mit Rapsöl­kraftstoff .....	88
Abbildung 41:	Einspritzdüsen­spitzen des Fendt Farmer Vario 412 am 08.04.2008 bei 3315 Bh .....	89
Abbildung 42:	Turbinenrad des Abgas­turbo­laders im Fendt Farmer Vario 412 bei 3315 Bh .....	90
Abbildung 43:	Bild links: Kolbenboden und Zylinderlaufbuchse mit Honriefen, Bild rechts: Aufsicht von schräg oben auf Auslassventilteller im Zylinder 3 des Fendt Farmer Vario 412 .....	90
Abbildung 44:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 22.03.2006 und am 19.04.2006 .....	91
Abbildung 45:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 07.03.2007 und am 26./27.03.2007 .....	92
Abbildung 46:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 23./24./25.05.2007 .....	93
Abbildung 47:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 05./06.12.2007 .....	93
Abbildung 48:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 20.04.2007 .....	94
Abbildung 49:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 30.03.2007 und 02.04.2007 .....	95
Abbildung 50:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 04./05.04.2007 .....	95
Abbildung 51:	Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 11./12.12.2007 .....	96
Abbildung 52:	Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Deutz-Fahr Agrot­ron TTV 1160 bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit) .....	97

---

Abbildung 53:	Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit) .....	98
Abbildung 54:	Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Fendt Farmer Vario bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit) .....	99
Abbildung 55:	Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Fendt Farmer Vario bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit) .....	100
Abbildung 56:	CO-Emissionen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen.....	102
Abbildung 57:	NO <sub>x</sub> -Emissionen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen.....	102
Abbildung 58:	HC-Emissionen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen.....	103
Abbildung 59:	Partikelmasse-Emissionen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen.....	103
Abbildung 60:	CO-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 1.064 und 1.073 Bh .....	104
Abbildung 61:	NO <sub>x</sub> -Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 1.064 und 1.073 Bh .....	105
Abbildung 62:	HC-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 1.064 und 1.073 Bh .....	105
Abbildung 63:	Partikel-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 1.064 und 1.073 Bh .....	106
Abbildung 64:	CO-Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen .....	107
Abbildung 65:	NO <sub>x</sub> -Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen .....	108
Abbildung 66:	HC-Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen .....	108
Abbildung 67:	Partikelmasse-Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen .....	109
Abbildung 68:	CO-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bh .....	110

---

Abbildung 69: NO <sub>x</sub> -Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bh .....	110
Abbildung 70: HC-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bh .....	111
Abbildung 71: Partikel-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bh .....	111



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	EU–Nonroad -Richtlinie 97/68/EG (zul. Geändert durch 2004/26/EG) für mobile Maschinen und Geräte – Dieselmotoren (Quelle: VDMA [32]).....	31
Tabelle 2:	Technische Daten des Traktors Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160.....	37
Tabelle 3:	Technische Daten des Traktors Fendt Farmer Vario 412.....	38
Tabelle 4:	Erfasste Messgrößen, Messstellen und Messgrößenaufnehmer der Betriebsdatenerfassung am Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 .....	39
Tabelle 5:	Erfasste Messgrößen, Messstellen und Messgrößenaufnehmer der Betriebsdatenerfassung am Fendt Farmer Vario 412 .....	41
Tabelle 6:	Anforderungen der DIN V 51605 und Qualität des für die Emissionsmessungen und während des Betriebs verwendeten Rapsölkraftstoffs .....	44
Tabelle 7:	Ergebnisse der Elementaranalyse des für die Emissionsmessungen verwendeten Rapsölkraftstoffs .....	45
Tabelle 8:	Ergebnisse des Elementscreenings mittels ICP-OES des für die Emissionsmessungen verwendeten Rapsölkraftstoffs .....	45
Tabelle 9:	Anforderungen der DIN EN 590 und Qualität des für die Emissionsmessungen verwendeten Dieselmotorkraftstoffs.....	46
Tabelle 10:	Ergebnisse der Elementaranalyse des für die Emissionsmessungen verwendeten Dieselmotorkraftstoffs .....	47
Tabelle 11:	Ergebnisse des Elementscreenings mittels ICP-OES des für die Emissionsmessungen verwendeten Dieselmotorkraftstoffs.....	47
Tabelle 12:	Frischölkennwerte des Motoröls Fuchs Plantomot 5W-40 .....	48
Tabelle 13:	Erfasste Messgrößen mit Messstellen und Messgrößenaufnehmer am Abgasprüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ).....	50
Tabelle 14:	Abweichungen zum Typprüfungsverfahren nach Richtlinie 97/68/EG .....	53
Tabelle 15:	Technische Daten der Messgeräte zur Analyse der gasförmigen Abgasbestandteile.....	55
Tabelle 16:	Übersicht zu den acht Prüfphasen nach Richtlinie 97/68/EG [6].....	58
Tabelle 17:	Zuordnungskriterien der erfassten Betriebszustände zu den Betriebspunkten 1 bis 8 nach Richtlinie 97/68/EG .....	68
Tabelle 18:	Laboranalyse der Ablagerungen an den Einspritzdüsenstippen des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 .....	86



## Anhangsverzeichnis

Anhang 1:	Häufigkeitsverteilung der Motordrehzahl während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1.160 über ca. 1.085 Bh.....	122
Anhang 2:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 1 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.005 Bh ...	122
Anhang 3:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 2 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.015 Bh ...	123
Anhang 4:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 3 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 960 Bh .....	123
Anhang 5:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 4 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.015 Bh ...	124
Anhang 6:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 5 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 565 Bh .....	124
Anhang 7:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 6 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 570 Bh .....	125
Anhang 8:	Häufigkeitsverteilung der Kühlwassertemperatur des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 990 Bh.....	125
Anhang 9:	Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.085 Bh.....	126
Anhang 10:	Häufigkeit des Betriebs der beiden Stufen der Düsenheizung des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.070 Bh.....	126
Anhang 11:	Häufigkeitsverteilung der Motordrehzahl während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1.500 Bh.....	127
Anhang 12:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 1 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.090 Bh.....	127
Anhang 13:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 2 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.215 Bh.....	128
Anhang 14:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 3 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.220 Bh.....	128
Anhang 15:	Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 4 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.175 Bh.....	129
Anhang 16:	Häufigkeitsverteilung der Kühlwassertemperatur des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.130 Bh .....	129
Anhang 17:	Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.300 Bh .....	130
Anhang 18:	Ergebnisse der Motorölanalysen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 aus dem Jahr 2006 .....	131

---

Anhang 19:	Ergebnisse der Motorölanalysen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 aus dem Jahr 2007 .....	132
Anhang 20:	Total Base Number (TBN) von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen .....	133
Anhang 21:	Gehalte an Verschleißelementen Fe, Pb und Cu von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen .....	133
Anhang 22:	Ergebnisse der Motorölanalysen des Fendt Farmer Vario 412 aus dem Jahr 2006.....	134
Anhang 23:	Ergebnisse der Motorölanalysen des Fendt Farmer Vario 412 aus dem Jahr 2007.....	135
Anhang 24:	Total Base Number (TBN) von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen.....	136
Anhang 25:	Gehalte an Verschleißelementen Fe und Pb von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen .....	136
Anhang 26:	Gehalte an Additivelementen Ca, Zn, P und Mg von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen .....	137
Anhang 27:	Emissionskonzentrationen wiederkehrender Messungen am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 .....	138
Anhang 28:	Emissionskonzentrationen wiederkehrender Messungen am Fendt Farmer Vario 412.....	138
Anhang 29:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 22.03.06 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 vor der Umrüstung mit Dieselkraftstoff bei 245 Bh.....	139
Anhang 30:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 19.04.06 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 nach der Umrüstung mit Dieselkraftstoff bei 269 Bh .....	140
Anhang 31:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 19.04.06 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 nach der Umrüstung mit Rapsölkraftstoff bei 263 Bh.....	141
Anhang 32:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 07.03.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff bei 863 Bh .....	142
Anhang 33:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 26.03.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselkraftstoff bei 874 Bh .....	144
Anhang 34:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 27.03.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff bei 879 Bh .....	146

---

Anhang 35:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff (Wiederholung 1) bei 1.054 Bh.....	148
Anhang 36:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff (Wiederholung 2) bei 1.054 Bh.....	150
Anhang 37:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff (Wiederholung 3) bei 1.054 Bh.....	152
Anhang 38:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 24.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselkraftstoff (DkZy-1) bei 1.064 Bh.....	154
Anhang 39:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 24.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselkraftstoff (DkZy-2) bei 1.064 Bh.....	156
Anhang 40:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff (RkZy-1) bei 1.073 Bh .....	158
Anhang 41:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff (RkZy-2) bei 1.073 Bh .....	160
Anhang 42:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessungen am 24/25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Leerlauf) bei 1.064 Bh bzw. 1.073 Bh .....	162
Anhang 43:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 05.12.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff bei 1.520 Bh .....	164
Anhang 44:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 06.12.07 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselkraftstoff bei 1.525 Bh .....	166
Anhang 45:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 20.04.06 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieselkraftstoff bei 1.940 Bh.....	168
Anhang 46:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 20.04.06 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff bei 1945 Bh.....	169
Anhang 47:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 30.03.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff bei 2.645 Bh.....	170
Anhang 48:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 02.04.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieselkraftstoff bei 2.650 Bh.....	171

Anhang 49:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 04.04.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieselkraftstoff (Wiederholung 1) bei 2.654 Bh .....	172
Anhang 50:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 04.04.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieselkraftstoff (Wiederholung 2) bei 2.654 Bh .....	173
Anhang 51:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 05.04.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff (Wiederholung 1) bei 2.662 Bh .....	174
Anhang 52:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 05.04.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff (Wiederholung 2) bei 2.662 Bh .....	175
Anhang 53:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 11.12.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff bei 3.224 Bh .....	176
Anhang 54:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 12.12.07 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieselkraftstoff bei 3.230 Bh .....	177

## 1 Einleitung

Die Nutzung von Rapsölkraftstoff für den Betrieb von pflanzenöлтаuglichen Traktoren kann einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz durch Einsparung von CO<sub>2</sub>-Emissionen leisten. Darüber hinaus bietet die Nutzung von Rapsölkraftstoff weitere Vorteile hinsichtlich des Boden- und Gewässerschutzes, der Erhöhung der Versorgungssicherheit und Steigerung der Wertschöpfung in der Landwirtschaft durch heimische Kraftstoffherzeugung. Aufgrund der Energiesteuerbefreiung von Rapsölkraftstoff im Bereich der Landwirtschaft bietet sich in vielen Fällen auch die Möglichkeit der Kraftstoffkosteneinsparung im Vergleich zur Nutzung von fossilem Diesellokraftstoff.

Voraussetzung für den zuverlässigen Betrieb eines pflanzenöлтаuglichen Dieselmotors mit Rapsölkraftstoff ist ein hochwertiger Kraftstoff, der die Anforderungen der Vornorm DIN V 51605 erfüllt. Rapsölkraftstofftaugliche Traktoren, die direkt von Landmaschinenherstellern angeboten werden, befinden sich derzeit in der Markteinführung. Bislang wurden Serien-Dieselmotoren in Traktoren auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff nachträglich angepasst. Derartige Umrüstungen werden in Deutschland von etwa 20 Unternehmen angeboten.

Bisherige Erfahrungen deuten darauf hin, dass rapsöлтаugliche Traktoren hinsichtlich Leistung und Verbrauch, aber auch hinsichtlich der Abgasemissionen keine nennenswerten Nachteile (teilweise auch Vorteile) gegenüber diesellobetriebenen Traktoren aufweisen. Allerdings sind einerseits nicht alle Traktor- und Motortypen gleich gut zur Umrüstung geeignet, andererseits weisen nicht alle Umrüstsysteme die notwendige Betriebssicherheit auf.

Aufgrund der verstärkten Nutzung von Rapsölkraftstoff in der Landwirtschaft sind derzeit noch offene Fragestellungen sowohl hinsichtlich der Störanfälligkeit als auch der Emissionen von rapsölkraftstoffbetriebenen Dieselmotoren von großer Bedeutung.

Untersuchungen zur mutagenen Wirkung von Partikel-Emissionen aus rapsölkraftstoffbetriebenen Motoren wurden im Band 14 der Schriftenreihe „Berichte aus dem TFZ“ ausführlich beschrieben.



## 2 Zielstellung

Ziel dieses Untersuchungsvorhabens ist es, am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell zwei rapsölkraftstoffbetriebene Traktoren im Praxisbetrieb über mindestens zwei Jahre zu untersuchen. Dabei sollen

- die Einsatzbedingungen sowie wichtige Betriebsparameter z. B. von Kraftstoff- und Abgas-temperaturen der Traktoren kontinuierlich erfasst,
- die eingesetzte Rapsölkraftstoffqualität entsprechend den Anforderungen der Vornorm DIN V 51605 überprüft,
- die Qualität des Motoröls überwacht,
- Störungen sowie Wartungs- und Reparaturarbeiten dokumentiert,
- Leistung und Kraftstoffverbrauch der rapsölbetriebenen Traktoren wiederkehrend bestimmt,
- die Auswirkung des Rapsölbetriebs auf Verschleiß und Ablagerungsbildung untersucht und
- das Emissionsverhalten der rapsölbetriebenen Traktoren entsprechend der gültigen Prüfanforderungen wiederkehrend ermittelt werden.

Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, Kenntnislücken zu schließen und eine differenzierte Diskussion hinsichtlich der Betriebssicherheit und der Umweltverträglichkeit beim Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren anzuregen.



### **3 Stand des Wissens**

#### **3.1 Stand der Technik pflanzenöлтаuglicher Traktoren**

##### **3.1.1 Umrüstung**

Rapsölkraftstoff unterscheidet sich in wesentlichen Eigenschaften, vor allem hinsichtlich Viskosität, Zündwilligkeit und Siedeverhalten von Dieselkraftstoff. Ein zuverlässiger Einsatz in konventionellen Dieselmotoren ist darum aufgrund z. T. unzureichender Pumpfähigkeit, ungenügender Zerstäubungs- und Verdampfungseigenschaften, unvollständiger Verbrennung und verstärkter Rückstandsbildung nicht dauerhaft möglich. Eine Anpassung der Motorentechnik an die Anforderungen des Pflanzenöls ist erforderlich. Grundsätzlich gibt es zwei technische Varianten der Umrüstung.

Mit dem „Ein-Tank-System“ oder „Ein-Kraftstoff-System“ wird der Motor in allen Betriebszuständen ausschließlich mit Pflanzenöl betrieben. Insbesondere für die kritischen Betriebsphasen (Start, Teillast, Winterbetrieb) bieten die verschiedenen Hersteller unterschiedliche Lösungen an. Dies sind beispielsweise: Kraftstoffvorwärmung, elektrische Motorvorwärmung oder beheizte Einspritzdüsen. Daneben können aber auch eine Reihe weiterer Maßnahmen, wie die Anpassung des Einspritzzeitpunkts und Einspritzdrucks oder eine Änderung der Einspritzdüsen bzw. des Einspritzwinkels erforderlich sein. Das Umrüsten auf ein Ein-Tank-System kostet je nach Motor und Umrüstkonzept meist zwischen ca. 3.000 und 7.000 Euro.

Beim "Zwei-Tank-System" oder „Zwei-Kraftstoff-System“ befindet sich im Haupttank Rapsölkraftstoff, in dem (meist kleineren) Zusatztank Dieselkraftstoff. Der Kraftstoff im Zusatztank wird nur für den Startvorgang und die Warmlaufphase bzw. für ungünstige Betriebszustände (Teillast) benötigt. Nach Erreichen der Betriebstemperatur wird entweder manuell oder automatisch auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff aus dem Haupttank umgestellt. Bei Schwachlastbetrieb und vor dem Abstellen des Motors erfolgt der Betrieb wieder mit Dieselkraftstoff, wodurch das Kraftstoffsystem gespült wird und für den nächsten Startvorgang bereit ist. Die Umschaltung erfolgt auch hier je nach Ausführung manuell oder automatisch, im letzteren Fall meist mit einem Nachlaufen des Motors nach dem Abstellen. Eine Zwei-Tank-System Lösung ist in der Regel kostengünstiger als ein Ein-Tank-System.

Bei allen Umrüstkonzepten ist auch weiterhin ein Betrieb mit Dieselkraftstoff möglich. Derzeit gibt es in Deutschland etwa 20 Umrüster, die landwirtschaftliche Maschinen auf den Betrieb mit Pflanzenölkraftstoff, vorwiegend Rapsölkraftstoff nach DIN V 51605, anpassen. Eine Liste von Umrüstfirmen ist auf den Internetseiten des Technologie- und Förderzentrums verfügbar.

Im Rahmen der KTBL-Arbeitsgruppe „Pflanzenöl als Kraftstoff in landwirtschaftlichen Maschinen“ wird derzeit unter Mitwirkung des Technologie- und Förderzentrums eine Schrift erarbeitet, in welcher der aktuelle Stand der Technik beim Einsatz von Pflanzenölkraftstoff in Traktoren und landwirtschaftlichen Maschinen mit Anwenderhinweisen zusammengestellt wird.

### 3.1.2 Seriengefertigte pflanzenöltaugliche Traktoren

Im Rahmen eines von der Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe e. V. geförderten Projektes arbeiteten die Firmen John Deere und VWP an der Entwicklung eines neuen Serienmotors für Rapsölkraftstoff [14]. Mehrere John Deere Traktoren mit diesem Motor befinden sich derzeit in einem europaweiten Feldtest. Die Firma Deutz entwickelte zusammen mit den Traktorenherstellern Same Deutz-Fahr Deutschland GmbH und AGCO GmbH (Fendt) einen pflanzenöltauglichen Motor, der auf der Agritechnica 2007 vorgestellt wurde. Erste Traktoren, ausgestattet mit diesem Motor, sind seit Jahresmitte 2008 erhältlich.

#### DEUTZ Natural Fuel Engine® [25]

Der Deutz Natural Fuel Engine® ist eine Weiterentwicklung der DEUTZ Motorbaureihen TCD 2012 und TCD 2013 mit DEUTZ Common-Rail® für den Betrieb mit Rapsölkraftstoff durch den Motorhersteller (Abbildung 1). Diese Motoren sind von der Deutz AG für den Einsatz von 100 % Rapsölkraftstoff nach DIN V 51605 und 100 % FAME (Biodiesel) nach DIN EN 14214 freigegeben und besitzen die volle Gewährleistung.



Abbildung 1: DEUTZ Natural Fuel Engine® (TCD 2012 L06 - 2/4 V, 6 l Hubraum, 129/152 kW)  
(Foto: Deutz AG [25])

Das DEUTZ Fuel Management<sup>®</sup> ist voll in das Motormanagement integriert mit kennfeldgesteuerter Kraftstoffregelung (Abbildung 2). Es handelt sich dabei um ein elektronisch gesteuertes Zwei-Tank-System mit automatischer Umschaltung von Diesel- auf Rapsölbetrieb, laut Herstellerangaben ohne spürbare Leistungseinbußen. Der Motorstart und der Niedriglastbetrieb erfolgt mit Dieseldieselkraftstoff. Über die CAN-Bus-Verbindung erkennt das System den Betriebszustand des Motors und stellt den dafür vorgesehenen Kraftstoff bereit. Das System gewährleistet kurze Spülzeiten ohne Vermischung der Kraftstoffe im Dieseltank. Die Rapsöltemperatur wird durch einen Wärmetauscher auf ca. 60 bis 65 °C eingeregelt. Bei jedem Startvorgang und Filterwechsel erfolgt eine automatische Entlüftung.

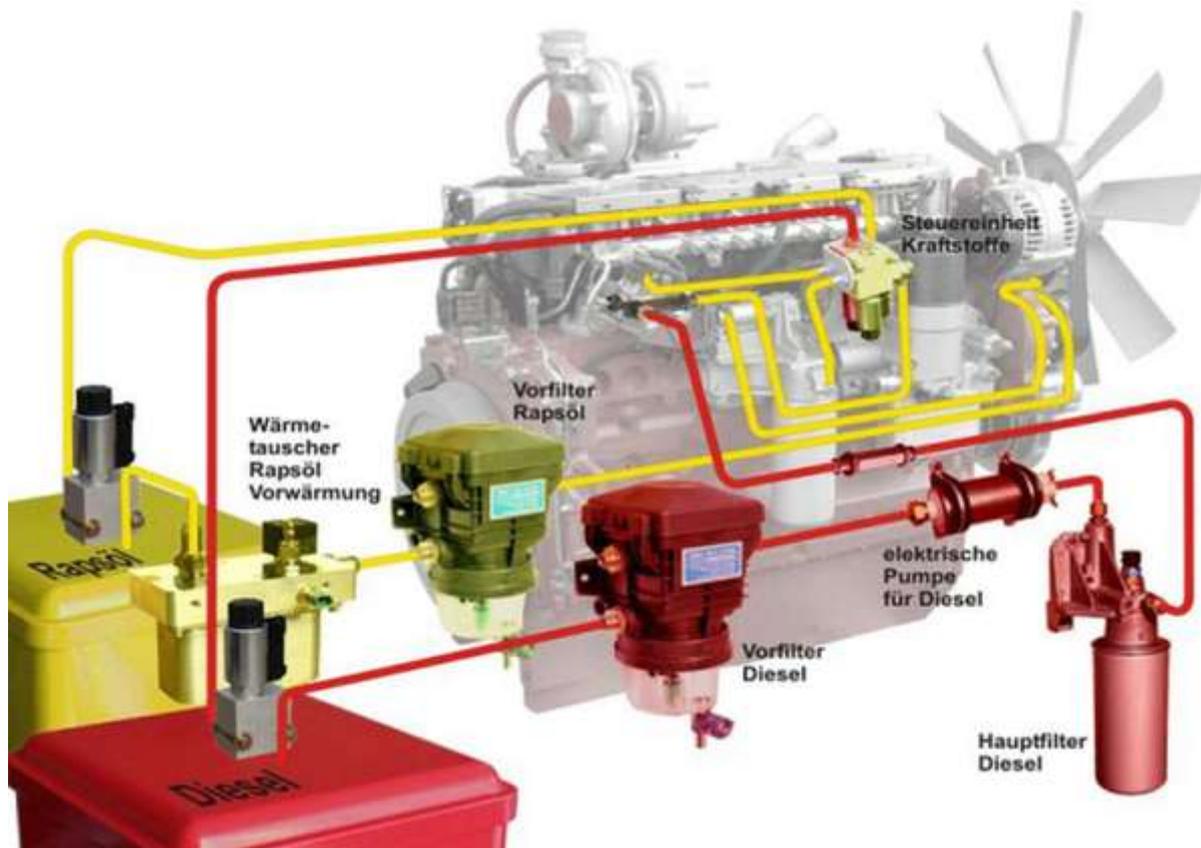


Abbildung 2: Kraftstoffsystem des DEUTZ Natural Fuel Engine<sup>®</sup> (Foto: Deutz AG [25])

#### Deutz-Fahr Natural Power [29]

Der Agrottron Natural Power von Same Deutz-Fahr basiert auf der Agrottron M Baureihe (131 bis 184 PS) und verfügt über das patentierte DEUTZ Fuel Management<sup>®</sup>, bestehend aus einer in die Motorregelung integrierten Kraftstoffregelung und einem Zwei-Tank-System. Der Traktor ist für den Betrieb mit Rapsölkraftstoff nach DIN V 51605 freigegeben, mit dem laut Herstellerangaben auch die Grenzwerte der Stufe III A eingehalten werden.

Die Entwicklung des pflanzenöлтаuglichen Traktors wurde durch Landwirte aus Deutschland, Österreich und Frankreich angestoßen. Als Hauptgründe gibt der Hersteller die erfolgreiche Teil-

nahme am 100-Traktoren-Demonstrationsvorhaben, die Reduzierung der Abhängigkeit vom Erdöl, die steigenden Rohölpreise und dem daraus folgenden Nutzen für den Landwirt an.

Der Agrottron Natural Power besitzt zwei Kraftstofftanks für Diesel- und Rapsölkraftstoff, wobei im größeren Haupttank der Rapsölkraftstoff bevorratet wird. Beim Kaltstart, im Kurzstreckenbetrieb und bei längeren Stillstandzeiten wird auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff verzichtet und herkömmlicher Dieseldieselkraftstoff aus dem Zusatztank eingesetzt. Um der Auswirkungen des Rapsölkraftstoffes auf die Leistungscharakteristik des Motors Rechnung zu tragen, wurde das Einspritzsystem neu berechnet und angepasst.

Der Hersteller gewährleistet die Haltbarkeit und Zuverlässigkeit des Motors und seiner Aggregate mit einer Werksgarantie von 24 Monaten oder 2.000 Betriebsstunden (Bh) sowie die Serviceunterstützung durch den Fachhandel.

#### Fendt 820 Vario <sup>Greentec</sup> [13]

Die Homologation des 820 Vario <sup>Greentec</sup> erfolgt auf Grundlage der Kennwerte im Dieseldieselbetrieb. Im Rapsölbetrieb kann sich die Leistung je nach Betriebspunkt um bis zu 10 Prozent reduzieren. Auf Grund der geringeren Energiedichte des Rapsöls erhöht sich der Kraftstoffverbrauch gegenüber Diesel um 4 bis 5 %. Der Einsatz von RME ist beim 820 Vario <sup>Greentec</sup> nicht möglich.

Das Tankverhältnis mit einem 340 Liter Rapsöltank und einem 100 Liter Dieseltank ist auf eine mittlere bis hohe Auslastung abgestimmt (Abbildung 3). Bei überwiegend niedriger Traktorauslastung muss entsprechend häufiger Diesel nachgetankt werden. Im Armaturenbrett ist in das Füllstandanzeigenfeld sowohl für den Rapsöltank, als auch für den Dieseltank je eine separate Tankanzeige integriert.

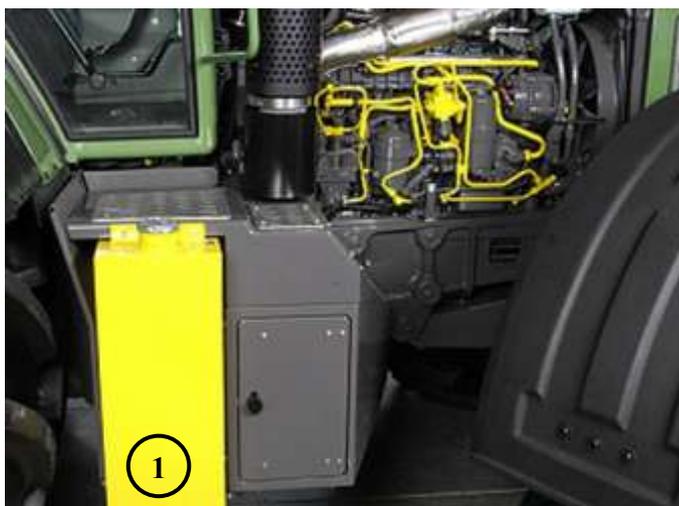


Abbildung 3: Zusatztank für Dieseldieselkraftstoff (1) (Foto: AGCO Fendt GmbH [13])

Der Fahrzeugstart erfolgt grundsätzlich mit Diesel, über den Motorkühlwasserkreislauf wird das Rapsöl aufgeheizt. Während des Fahrzeugbetriebs schaltet die Steuerung automatisch von Diesel- auf Rapsölbetrieb, wenn die Rapsöltemperatur länger als 10 s mehr als 62 °C erreicht und das Motordrehmoment für mehr als 10 s mindestens 250 Nm beträgt sowie das System auf Rapsölbetrieb (Automatikbetrieb) steht. Die Steuerung schaltet automatisch zurück auf Dieselbetrieb, wenn die Temperatur des Rapsöls für mehr als 40 s auf unter 62 °C fällt und das Motordrehmoment 250 Nm für mehr als 40 s unterschreitet oder das System manuell auf Dieselbetrieb geschaltet wird. Vor dem Abstellen des Motors muss manuell auf Dieselbetrieb geschaltet werden. Wenn dies nicht geschieht ertönt ein Warnsignal und es wird ein Fehlercode im Fehlerspeicher abgelegt.

Der Hersteller gibt an, dass weder zusätzliche tägliche Kontrollen notwendig sind noch eine Einschränkung der Lebenserwartung des Motors zu erwarten ist. Er gewährt 12 Monate volle Garantieleistung ohne dass eine Zusatzversicherung abgeschlossen werden muss.

Technische Daten bei Dieselbetrieb laut Herstellerangaben:

- Nennleistung: 140 kW / 190 PS (ECE R24)
- Max. Leistung: 151 kW / 205 PS (ECE R24)
- Max. Drehmoment: 895 Nm
- Drehmomentanstieg: 35 %
- Opt. Kraftstoffverbrauch: 195 g/kWh (bei Dieselbetrieb)
- Ölwechselintervall: 250 h

#### Pflanzenöltraktor von John Deere [9]

Derzeit in der Entwicklungsphase befindet sich ein pflanzenöлтаuglicher Motor der John Deere Werke Mannheim. Gemeinsam mit den Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöltechnologie (VWP) und der Universität Rostock wurde an einer Ein-Tank-System-Lösung unter Berücksichtigung der aktuellen Abgasvorschriften gearbeitet [14]. Maßnahmen zur Anpassung für den Einsatz von Rapsölkraftstoff betreffen unter anderem das Brennverfahren, die Einspritztechnologie und den Kraftstoffkreislauf. Neben konstruktiven Änderungen werden auch Eingriffe in die Motorsteuerung vorgenommen.

Erste Prüfstandversuche am John Deere 6,8 l Common-Rail Motor (4 Ventile) Tier 2<sup>1</sup> zeigen heizwertbedingt eine etwas geringere Leistung mit Rapsölkraftstoff gegenüber Dieselmotoren bei gleichem Verbrauch. Zwar weist der Betrieb mit Rapsölkraftstoff leicht höhere NO<sub>x</sub>-Emissionen auf als im Dieselmotoren, dagegen aber geringere CO-, HC- und Partikel-Emissionen. Sowohl mit Dieselmotoren als auch mit Rapsölkraftstoff konnten die Emissionsanforderungen der Abgasstufe Tier 3<sup>1</sup> erfüllt werden.

Ein größerer europaweiter Feldtest zur Überprüfung der Praxistauglichkeit wird momentan gestartet (<http://2ndvegoil.eu/>).

<sup>1</sup> Die Abgasstufe Tier 2 der EPA Nonroad Vorschrift der USA entspricht in etwa der Abgasstufe II der EU

### 3.1.3 Weitere technische Entwicklung

#### Abgasgesetzgebung

Der Hauptantrieb für die weitere Entwicklung der Motortechnologie für landwirtschaftliche Maschinen ist die Fortschreibung der Abgasgesetzgebung. Für landwirtschaftliche Traktoren gilt die Richtlinie 2000/25/EG, geändert durch Richtlinien 2005/13/EG und 2006/96/EG. Die Grenzwerte sind analog zur Richtlinie 97/68/EG. In Tabelle 1: EU-Nonroad -Richtlinie 97/68/EG (zul. Geändert durch 2004/26/EG) für mobile Maschinen und Geräte – Dieselmotoren (Quelle: VDMA [32]) sind die Grenzwerte für die limitierten Emissionskomponenten je nach Motorleistung mit dem Jahr des Inkrafttretens dargestellt. Um die Anforderungen hinsichtlich der Partikel-Emissionen ab Stufe III B und der NO<sub>x</sub>-Emissionen ab Stufe IV zu erfüllen, sind die Fortentwicklung des Motorsystems sowie nach heutigem Wissen der Einsatz von Abgasnachbehandlungstechnologien, wie Partikelfilter und/oder Entstickungs-katalysatoren erforderlich.

Gemäß der EU-Richtlinie 97/68/EG werden Motoren mit Leistungen über 560 kW nicht reglementiert. Der stationäre Prüfzyklus erfolgt nach der Richtlinie ISO 8178-4 für die Stufen I bis III A, ab der Stufe III B wird für die Partikel-Emissionen ein transienter Prüfzyklus (NRTC) vorgeschrieben. Ab Stufe III A ist die Einhaltung der Grenzwerte über die sinnvolle Lebensdauer nachzuweisen. (Verschlechterungsfaktoren), ab Stufe III B gelten Obergrenzen im Kennfeld (max. 200 % des Zyklusgrenzwertes). Diese werden als NTE-Werte (Not To Exceed) bezeichnet.

Von den meist mittelständisch geprägten Herstellern werden aus Gründen der Wettbewerbsfähigkeit Ausnahmen und Flexibilitätsregelungen bei der Abgasgesetzgebung gefordert [4]. Im Rahmen einer so genannten „Technical Review“ überprüft deshalb die Industrie gemeinsam mit der Europäischen Kommission die technische Umsetzbarkeit der geplanten Abgasstufen für mobile Maschinen und Traktoren. Eine Projektgruppe, in der die Industrieverbände der Motorenhersteller (EUROMOT), der Baumaschinenhersteller (CECE) und der Hersteller von landwirtschaftlichen Maschinen und Traktoren (CEMA) vertreten sind, bereitet derzeit die Technical Review vor. Die Technical Review resultiert nicht zwangsläufig in einer neuen Abgasgesetzgebung, sondern soll mögliche Hürden für die Industrie abbauen. Mit Blick auf die zukünftigen Abgasstufen III B und IV wird überprüft, ob die erforderliche Technologie rechtzeitig zur Verfügung steht, welche zusätzlichen Ausnahmen oder Flexibilitätsregelungen erforderlich sind und ob die Einführungsstermine für bestimmte Maschinenarten (z. B. Schmalspurtraktoren) oder für Maschinen für saisonale Anwendungen verschoben werden. Die europäische Industrie sieht derzeit keine Notwendigkeit für Abgasbestimmungen für Dieselmotoren unter 8 kW, hält aber Anforderungen an das Abgasverhalten von Motoren zwischen 8 kW und 19 kW und über 560 kW für anwendbar, wenn diese mit den Bestimmungen der US-Umweltbehörde (EPA) übereinstimmen. Klärungsbedarf besteht hinsichtlich der Einführung und Durchführung eines Systems zur Überprüfung der Einhaltung der Abgasbestimmungen auch während des Betriebs. Beabsichtigt wird, dass mittels mobiler Messsysteme das Abgasverhalten während des Betriebs zu überprüfen ist. In der Diskussion steht auch die europaweit flächendeckende Verfügbarkeit der Kraftstoffe, die für die zur Erfüllung der Grenzwerte der Stufen III B und IV eingesetzten Technologien erforderlich sind, wie z. B. schwefelarmer Kraftstoff.

Tabelle 1: EU-Nonroad -Richtlinie 97/68/EG (zul. Geändert durch 2004/26/EG) für mobile Maschinen und Geräte – Dieselmotoren (Quelle: VDMA [32])

Leistung P <sub>N</sub> kW	NO <sub>x</sub> g/kWh	HC g/kWh	CO g/kWh	Partikel g/kWh	Datum*
	NO <sub>x</sub> + NMHC				
Stufe I					
37 ≤ P <sub>N</sub> < 75	9,2	1,3	6,5	0,85	Apr 99
75 ≤ P <sub>N</sub> < 130	9,2	1,3	5,0	0,70	1999
130 ≤ P <sub>N</sub> ≤ 560	9,2	1,3	5,0	0,54	1999
Stufe II					
18 ≤ P <sub>N</sub> < 37	8,0	1,5	5,5	0,8	2001
37 ≤ P <sub>N</sub> < 75	7,0	1,3	5,0	0,4	2004
75 ≤ P <sub>N</sub> < 130	6,0	1,0	5,0	0,3	2003
130 ≤ P <sub>N</sub> ≤ 560	6,0	1,0	3,5	0,2	2002
Stufe III A					
19 ≤ P <sub>N</sub> < 37	7,5		5,5	0,6	2007
37 ≤ P <sub>N</sub> < 75	4,7		5,0	0,4	2008
75 ≤ P <sub>N</sub> < 130	4,0		5,0	0,3	2003
130 ≤ P <sub>N</sub> ≤ 560	4,0		3,5	0,2	2006
Stufe III B					
37 ≤ P <sub>N</sub> < 56	4,7		5,0	0,025	2013
56 ≤ P <sub>N</sub> < 75	3,3	0,19	5,0	0,025	2012
75 ≤ P <sub>N</sub> < 130	3,3	0,19	5,0	0,025	2012
130 ≤ P <sub>N</sub> ≤ 560	2,0	0,19	3,5	0,025	2011
Stufe IV					
56 ≤ P <sub>N</sub> < 130	0,4	0,19	5,0	0,025	Okt 2014
130 ≤ P <sub>N</sub> ≤ 560	0,4	0,19	3,5	0,025	2014

\* gilt für das Inverkehrbringen von Motoren; Typengenehmigung jeweils 1 Jahr früher

### Rapsölkraftstoff

Die qualitativen Anforderungen von Rapsölkraftstoff für den Einsatz in pflanzenöлтаuglichen Dieselmotoren sind weitgehend bekannt und seit Juli 2006 in der DIN V 51605 festgelegt [3]. Nur für Rapsölkraftstoff, welcher den Anforderungen der Vornorm genügt, kann nach dem heutigen Stand der Technik von einem störungsfreien und schadstoffarmen Motorenbetrieb ausgegangen werden. Die Festlegung der Rapsölkraftstoffqualität in der Vornorm schafft für Umrüster und Hersteller von pflanzenöлтаuglichen Motoren eine Basis für die technische Weiterentwicklung und Vergabe von Garantien und Gewährleistungen. Die verlässliche Einhaltung der Anforderungen für Rapsölkraftstoff aus dezentralen Anlagen wird durch Einführung von Qualitätssicherungsmaßnahmen umgesetzt [28]. Ein EDV-gestützter Maßnahmenkatalog zur Einführung eines Qualitätsmanagements für dezentrale Ölmühlen wird vom Technologie- und Förderzentrum (TFZ) unter [www.tfz.bayern.de](http://www.tfz.bayern.de) zur Verfügung gestellt.

Mit fortschreitender Entwicklung rapsölkraftstofftauglicher Dieselmotoren und bei vermehrtem Einsatz von Abgasnachbehandlungssystemen wird auch die Reduzierung von Katalysatorgiften sowie ablagerungs- und aschebildender Elemente, wie zum Beispiel Phosphor, Calcium und Magnesium im Rapsölkraftstoff immer wichtiger. Im Falle einer von Seiten der Motorenhersteller und -umrüster geforderten Verschärfung der Anforderungen der DIN V 51605 hinsichtlich eines geringeren Phosphor-, Calcium- und Magnesiumgehalts im Rapsölkraftstoff, wird es mit dem

aktuellen Stand der technischen Ausstattung von dezentralen Ölgewinnungsanlagen häufig nicht mehr möglich sein, normkonforme Kraftstoffqualitäten zu produzieren. Ziel verschiedener Untersuchungsvorhaben und Pilotprojekte ist es deshalb, ausgewählte Verfahren zur Behandlung von Rapsöl mit Zuschlagstoffen, wie zum Beispiel Tonerden, Cellulosen und Silikagel hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Reduzierung der Elementgehalte Phosphor, Calcium und Magnesium im Rapsölkraftstoff bei der dezentralen Pflanzenölgewinnung zu untersuchen. In vielen Fällen konnte die Wirkungsweise bereits nachgewiesen werden. Die Einführung dieser Verfahren in die Praxis erscheint aussichtsreich.

Bei den bisherigen Anstrengungen zur Optimierung der Rapsölkraftstoffqualität wurde das Potenzial einer Qualitätsverbesserung durch Additivierung noch nicht systematisch untersucht. Grundsätzlich ist eine Additivierung von Rapsölkraftstoff mit der Vornorm DIN V 51605 konform, jedoch mit der Einschränkung, dass die Einstufung von Rapsölkraftstoff als „nicht wassergefährdend“ gemäß der „Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe“ (VwVwS) nicht beeinträchtigt wird. Die Anwendung von Oxidationsinhibitoren wird derzeit von der Universität Rostock im Rahmen der von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) finanzierten Vorhaben „Additivierung von Rapsölkraftstoff zur Verbesserung der Oxidationsstabilität – Einflussfaktoren, ökologische Unbedenklichkeit, Applikation“ (FKZ: 22002307) und „Langzeitstudie über den Einsatz von Antioxidantien an Rapsölkraftstoff in der Praxis“ (FKZ: 22023206) überprüft. Das Technologie- und Förderzentrum untersucht derzeit in einem ebenfalls von der FNR finanziertem Vorhaben die Möglichkeiten der Additivierung von Rapsölkraftstoff, mit dem Ziel, die Kraftstoffqualität vor allem hinsichtlich der Parameter Zündwilligkeit, Fließverhalten und Ablagerungsbildung bei der Verbrennung zu verbessern (FKZ: 22004607).

Die Mitglieder des DIN-Unterausschusses 632.2 „Prüfung von Rapsöl als Kraftstoff für pflanzenöltaugliche Motoren“ haben beschlossen, die Vornorm zu einer Norm weiter zu entwickeln. Dazu ist es erforderlich, weitere Erfahrungen mit der Vornorm zu sammeln und Prüfmethode hinsichtlich ihrer Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit bei Rapsölkraftstoff zu untersuchen und ggf. anzupassen. Grundsätzlich stehen neben Rapsöl auch eine Reihe weiterer Pflanzenöle als Kraftstoff zur Verfügung, über deren kraftstoffrelevante Eigenschaften sowie dem Betriebs- und Abgasverhalten im Motor aber bislang noch vergleichsweise wenig bekannt ist. Dennoch besteht gerade in jüngster Zeit großes Interesse beispielsweise Sonnenblumenöl oder Jatrophaöl als Kraftstoff zu nutzen und so die Rohstoffbasis und damit auch die potentiellen Anbauflächen zu erweitern. Im Rahmen der Fortführung der Normungsarbeiten sollen deshalb auch aussichtsreiche Ölpflanzen hinsichtlich ihrer Eignung als Kraftstoff untersucht werden.

### **3.2 Bisherige Untersuchungen und Erfahrungen**

In den letzten Jahren konnten vermehrt Erfahrungen mit umgerüsteten rapsölkraftstofftauglichen Traktoren gesammelt werden. Das „100-Traktoren-Demonstrationsvorhaben“ [11], das kürzlich abgeschlossene „35-Traktoren-Programm“ in Österreich [27] und die „Felderprobung Rapsöl pur“ [5] zeigen, dass die Nutzung von Rapsölkraftstoff in Traktoren in vielen Fällen ohne Schwierigkeiten möglich ist. Wichtig für die erfolgreiche Nutzung sind ein zur Umrüstung geeigneter Trak-

torentyp, ein erfahrener Umrüster und die Verwendung von Rapsölkraftstoff gemäß Vornorm DIN V 51605. Probleme zeigten sich vermehrt bei Maschinen mit überwiegendem Teil- bzw. Schwachlastbetrieb.

### 3.2.1 Flottenversuche zum Betriebs- und Emissionsverhalten

#### 100-Traktoren-Demonstrationsvorhaben [11]

Drei Jahre lang sollten mehr als 100 Traktoren mit speziell angepassten Motoren unter Beweis stellen, dass sie auch beim Einsatz von Rapsölkraftstoff allen Belangen der landwirtschaftlichen Praxis gerecht würden. In dem vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten Projekt wurden Traktoren verschiedener Hersteller und Serien von Umrüstwerkstätten auf Pflanzenöltechnologie umgerüstet und ausschließlich mit diesem Biokraftstoff betrieben. Die wesentlichen Ergebnisse fassen HASSEL et al. (2005) [11] wie folgt zusammen:

*„Über einen Zeitraum von 3 Jahren wurden 107 umgerüstete Traktoren in einem groß angelegten Feldversuch hinsichtlich ihrer Umweltverträglichkeit, Dauerfestigkeit und Betriebsicherheit im Rapsölbetrieb untersucht. In Abhängigkeit des Traktorentyps und des Technologiestandes des Motors kamen unterschiedliche Umrüst- und Anpassungsmaßnahmen am Niederdruckeinspritzsystem, Hochdrucksystem und am Verbrennungsmanagement zum Einsatz.*

*Der Aufwand für die Umrüstung hing wesentlich von der Motorenkonstruktion ab. PLD-Motoren konnten in der Regel erfolgreich umgerüstet und betrieben werden. Bei Motoren mit Verteilereinspritzpumpen war der Umrüstaufwand wesentlich höher und ein längerer störungsfreier Betrieb mit Rapsöl oft nicht realisierbar.*

*63 der 107 Traktoren haben die Projektlaufzeit ohne bzw. mit geringen Störungen absolviert. Schwere und damit kostenintensive Störungen traten bei 44 bzw. mehr als 40 % der teilnehmenden Traktoren auf. Die Betriebsstörungen reichten von Leistungsverlusten, Kaltstartproblemen, fest gehenden Auslassventilen, defekten Einspritzpumpen bis hin zu Brennraumschäden. 15 Traktoren wurden aus technischen Gründen auf Dieselkraftstoffbetrieb zurückgerüstet. Die Mehrzahl der Traktoren erreichte im Rapsölbetrieb mehr als 90 % der Motornennleistung.*

*Die CO- und NO<sub>x</sub>-Emissionen am Nulllast- bzw. Volllastpunkt lagen - zumindest bei Traktoren der Abgaseinstufung I - in der Größenordnung des DK-Betriebes vor der Umrüstung. Hohe Rapsölgehalte im Schmieröl traten bei allen Umrüstkonzepten auf und erforderten eine Halbierung bis Drittelung der Ölwechselintervalle.*

*Insgesamt ist festzustellen, dass es 2 von 7 Umrüstern gelungen ist, bestimmte Traktorentypen erfolgreich und dauerhaft an den Rapsölbetrieb anzupassen. Keiner der 7 Umrüster war jedoch in der Lage, alle Traktorentypen, deren Umrüstung er zu Projektbeginn zugesagt hatte, dauerhaft an den Rapsölbetrieb anzupassen.*

*Das Demonstrationsvorhaben hat außerdem große Defizite hinsichtlich der Rapsölqualität aufgezeigt und die Notwendigkeit der Einführung umfassender Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung deutlich gemacht. Nur auf der Basis einer genormten und gesi-*

*cherten Kraftstoffqualität sind ein störungsfreier Motorenbetrieb, die Durchsetzung von Gewährleistungsansprüchen und die Weiterentwicklung der Rapsöltechnologie möglich. Ein wichtiger Meilenstein war hierbei die Veröffentlichung des Entwurfs der Vornorm für Rapsölkraftstoff DIN V 51605 im Juni 2005.*

*Die Erkenntnisse aus diesem Vorhaben sind unmittelbar nur auf Traktoren übertragbar, die dem technologischen Stand der Abgasnormen EURO I und EURO II entsprechen. Eine breite Markteinführung von Rapsölkraftstoff erfordert umfangreiche Entwicklungsinvestitionen der Traktorenhersteller, um vorhandene Defizite bei einigen Traktorentypen zu beseitigen und die Rapsöltechnologie in Einklang mit den geltenden Abgasvorschriften zu halten. Das Vorhaben hat unter Beweis gestellt, dass der Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft mit den vorhandenen Motorentechnologien bei Einhaltung bestimmter Randbedingungen möglich, zum jetzigen Zeitpunkt jedoch nicht uneingeschränkt empfehlenswert ist.“*

### 35-Traktoren-Programm [27]

Mit dem Projekt „Rapsöl als Treibstoffalternative in der Landwirtschaft“, dem sogenannten „35-Traktoren-Programm“ welches in Österreich von Oktober 2003 bis September 2008 durchgeführt wurde, sollte die Praxistauglichkeit von „Pflanzenöltraktoren“ in einem Flottenversuch mit 35 Traktoren festgestellt werden. Hierzu wurde die Flotte über die gesamte Kette der Pflanzenölnutzung über mehr als drei Jahre wissenschaftlich betreut und dokumentiert. Die Ergebnisse des Projekts werden ausführlich von RATHBAUER et al. (2008) [27] im Endbericht beschrieben:

*„... Im Rahmen des Projekts wurden 38 Dieselmotoren auf den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. 18 Traktoren wurden mit Eintanksystemen und 19 Traktoren und ein Beregnungsaggregat mit Zweitanksystemen ausgestattet. Insgesamt wurden mit diesen Motoren knapp 59.000 Betriebsstunden absolviert. Die minimale Einsatzdauer lag bei 463 Betriebsstunden, die maximale bei 3.141 Betriebsstunden. Der gesamte Kraftstoffeinsatz lag bei rund 630.000 Litern. Der Dieselmotorenanteil betrug bei den Eintanksystemen im Durchschnitt 8 % und bei den Zweitanksystemen 19 %. Der Einsatz der Pflanzenöltraktoren verlief überwiegend positiv. Es gab nur wenige Problemfälle, die eindeutig auf den Pflanzenölbetrieb zurückzuführen waren. In der Relation muss berücksichtigt werden, dass während eines mehrjährigen Beobachtungszeitraumes bei reinem Dieselmotorenbetrieb durchaus auch Störungen wie z. B. an Kraftstoffförderpumpen oder Einspritzdüsen auftreten.*

*Im Zuge der Flottenbetreuung wurden quartalsweise Kraftstoffproben bei den beteiligten Ölmühen, den Lagertanks und Fahrzeugtanks gezogen und untersucht. Über die Projektlaufzeit kam es zu einer deutlichen Verbesserung der Untersuchungsergebnisse bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Oxidationsstabilität. Die Säurezahl-, Wassergehalts- und Phosphorgehaltswerte waren über die Projektlaufzeit relativ stabil. Sie lagen zumeist innerhalb der in der Kraftstoffverordnung für Pflanzenöl geforderten Grenzwerte. Die Einhaltung der in der österreichischen Kraftstoffverordnung fixierten Grenzwerte ist eine stetige Herausforderung, die nur durch qualitätssichernde Maßnahmen entlang der ganzen Produktionskette gewährleistet werden kann.*

*In Zusammenarbeit mit Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH wurden 3 Motorenöle ausgewählt und je nach Anforderung an die Spezifikation in den Traktoren eingesetzt. Die Überwachung ausge-*

wählter Parameter mit einem zeitlich engen Raster hat sich bewährt. Bei den Parametern Viskosität bei 40 und 100°C und Total base number (TBN) gab es nur vereinzelt Überschreitungen der festgelegten Grenzwerte. Die Medianwerte des Rapsölgehalts lagen bei den Motorölwechselproben bei den Eintanksystemen bei 12 % und bei den Zweitanksystemen bei 6 %. Der Medianwert des Russgehaltes war bei den Eintanksystemen mit 0,91 % beinahe doppelt so hoch wie bei den Zweitanksystemen mit 0,47 %. Bei den untersuchten Verschleißelementen gab es nur vereinzelt Überschreitungen der Grenzwerte.

Bei zehn Traktoren wurden Datenlogger aufgebaut um verschiedene Temperaturverläufe und die Anzahl der Starts aufzuzeichnen. Bei den Starts wurde eine Unterscheidung in Kalt- und Warmstarts gemacht. Die wesentlichen Aussagen aus diesen Auswertungen sind die hohe Anzahl an Starts (z. B. rund 2700 Starts bei 1200 Betriebsstunden) und die je nach System hohen Kraftstofftemperaturen im Kraftstofftank.

Im Rahmen des Flottenversuchs wurde bei den Versuchsfahrzeugen eine Leistungs- und Emissionsmessung zu Versuchsbeginn und am Versuchsende (jeweils mit Dieselmotorkraftstoff und mit Rapsöl) durchgeführt. Die Leistungsmessungen zeigten in den einzelnen Fällen zum Teil sehr unterschiedliche Ergebnisse. Eine Änderung der Leistung konnte in erster Linie durch eine Änderung des Kraftstoffverbrauches begründet werden. Beim Vergleich der Leistung am Versuchsende mit den Messungen zu Versuchsbeginn zeigte sich in der Mehrzahl der Fälle eine Leistungsabnahme. Diese unterschritt bei 6 von 20 (bei Diesel) bzw. 9 von 22 (bei Rapsöl) Messungen die 10 %-Marke. Beim Vergleich der Messungen zwischen Dieselmotorkraftstoff und Rapsöl zeigte sich im Mittel über die gesamte Fahrzeugflotte bei den CO-Emissionen ein Absinken um 11 % (Messung zu Versuchsbeginn) bzw. 4 % (Versuchsende). Bei den HC-Emissionen konnte eine Verringerung beim Betrieb mit Rapsöl um 55 % ermittelt werden. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb im Mittel um 14 % (Beginn) bzw. 11 % (Ende) höher als bei Dieselmotorkraftstoffbetrieb. Bei den Partikelemissionen, die lediglich am Versuchsende gemessen wurden, wurde bei Rapsölbetrieb eine signifikante Verringerung um im Durchschnitt 33 % festgestellt.

Bei jenen Fahrzeugen, die am Versuchsende ein signifikant höheres Emissionsniveau aufwiesen, wurde meist auch ein kritischer Zustand bei der abschließenden Motorbegutachtung festgestellt. Ein spezieller Zusammenhang zwischen dem tendenziellen Emissionsverhalten und einer bestimmten Umrüsttechnologie konnte nicht festgestellt werden.

Die zur Anwendung gebrachten Umrüstlösungen lassen sich im Wesentlichen meist auf eine Kraftstoffvorwärmung, fallweise kombiniert mit einer Einrichtung zur Kraftstoffauswahl, reduzieren. Die am Fahrzeug durchgeführten Veränderungen stehen oftmals nicht in Relation mit den Kosten für die Umrüstung. Die Umrüstsysteme waren zum Teil gut durchdacht und effektiv, andererseits ist in einigen Fällen durchaus noch Verbesserungspotential vorhanden. Es sollte verstärkt darauf geachtet werden, Wartungsarbeiten durch ungünstige Montage nicht zu erschweren. Weiters sollte der Sicherheitsaspekt mehr in den Vordergrund rücken. Die Anbringung von Zusatztanks, größeren Systemmodulen und die Leitungsführung sollten keinesfalls die Fahrzeugsicherheit beeinträchtigen. Generell werden beim Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff höhere Anforderungen an die Wartung gestellt.

*Am Ende der Untersuchungsphase wurden bei allen Motoren nach der Messung der Kompression und des Druckverlustes der Zylinderkopf demontiert, die Einspritzdüsen kontrolliert und der Zustand der Motorbauteile Einlass-, Auslassventil, Kolben, Feuersteg und Büchse bewertet. Die Ergebnisse sind detailliert für alle einzelnen Traktoren dargestellt. Die Unterschiede zwischen Eintank- und Zweitanksystemen sind nur geringfügig. Die festgestellten Ablagerungen im Brennraum und bei den Einlassventilen unterstreichen die Forderung der Motorenhersteller nach einer Reduktion der Grenzwerte für die aschebildenden Elemente im Kraftstoff.*

*Als Ergänzung zur Abschlussuntersuchung wurden die Traktorenbesitzer über ihre Erfahrungen befragt. Neunundzwanzig Fragebögen standen für die Auswertung zur Verfügung. Vierundzwanzig Traktorenbesitzer waren mit dem Umrüstsystem sehr zufrieden bzw. zufrieden. Fünfzehn Personen gaben an, dass aufgetretene Mängel ihrer Ansicht nach auf die Umrüstung zurück zu führen sind. ...“*

#### Felderprobung Rapsöl pur [5]

In einem Vorhaben wurden von der DEULA Schleswig-Holstein GmbH in Rendsburg Felduntersuchungen zur Tauglichkeit von Umrüstsystemen für den Einsatz von Rapsölkraftstoff durchgeführt. Das Projekt wurde von der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein, der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen und der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein gefördert. Von September 2005 bis August 2006 wurden bundesweit über 230 Motoren, die in land- und forstwirtschaftlichen Maschinen mit Pflanzenöl im Einsatz waren, untersucht. Diese Studie beschreibt die Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme sowie deren Besonderheiten. Außerdem gibt die Studie Empfehlungen, worauf Landwirte, Werkstätten und Anbieter von Umrüstsystemen achten sollten, damit die Motoren keinen Schaden nehmen und der Betrieb wirtschaftlich durchgeführt werden kann. Dies sind z. B.:

- nur wirtschaftlich sinnvolle Umrüstungen durchführen,
- Einsatzverhältnisse der Maschine berücksichtigen,
- vor der Umrüstung Zustand des Motors beurteilen (Einspritzdüsen, Verbrauch, Kompression),
- Wartungen ernst nehmen, höhere Wartungskosten einkalkulieren (jährliche Kontrolle der Einspritzdüsen, Verkürzung der Ölwechselintervalle, Motorölanalysen, tägliche Motorölkontrolle)
- Pflanzenölqualität (gemäß DIN V 51605) und Lagerung beachten,
- Arbeiten am Kraftstoffsystem und Motor sehr sorgfältig ausführen,
- Erntemaschinen oder Traktoren, die länger als einen Monat nicht benutzt werden, mit einer Tankfüllung Diesel fahren und mit Diesel und gewechseltem Motorenöl wegstellen.

## 4 Material und Methodik

### 4.1 Traktoren

Die Untersuchungen zum Emissionsverhalten wurden an einem Traktor Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 und an einem Fendt Farmer Vario 412 Traktor durchgeführt. Die Traktoren befinden sich am Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) im Einsatz. Die Traktoren wurden mit einer Betriebsdatenerfassung ausgestattet, um das Betriebsverhalten in der Praxis dokumentieren zu können. Die Überprüfung des Emissionsverhaltens erfolgte am Prüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) in Straubing.

#### 4.1.1 Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160

Der Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 Traktor erfüllt die Anforderungen der Abgasstufe II und ist ausgestattet mit einem Deutz Motor der Baureihe BF6M1013EC mit einem Pumpe-Leitung-Düse-Hochdruckeinspritzsystem (PLD). Die technischen Daten des Deutz-Fahr Traktors sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Technische Daten des Traktors Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160

Traktortyp	Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160
Motortyp	Deutz BF6M1013EC
Anzahl der Zylinder	6
Leistung in kW / PS	119 / 162
Einspritzsystem	Pumpe-Leitung-Düse Hochdruckeinspritzsystem
Baujahr	2005
Abgasstufe	II
Getriebe	stufenlos

Der Traktor wurde nach ca. 256 Bh mit einem Ein-Tank-System durch die Firma Hausmann, Wülfershausen auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff umgerüstet. Die Umrüstung des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 basiert im Wesentlichen auf folgenden durchgeführten Anpassungen:

- Einbau eines Kraftstoffvorwärmersystems am Kraftstofffilter,
- Veränderungen des Kraftstoffsystems im Niederdruckbereich,
- Austausch der Einspritzdüsen, Erhöhung des Einspritzdrucks,
- Elektrische Beheizung der Düsenstöcke (zweistufig: bis 70 °C beide Stufen, bis 100 °C eine Stufe, über 100 °C beide Stufen aus),
- Einbau eines Kühlwasservorwärmersystems (elektrisch 230 V),
- Einbau eines Akkuladegerätes,

- Einbau eines Nebenstrom – Motorenölfilters,
- Einbau einer Handpumpe mit Kraftstoffvorfilter zum Entlüften des Kraftstoffsystems.

#### 4.1.2 Fendt Farmer Vario 412

Der Fendt Farmer Vario 412 Traktor erfüllt die Anforderungen der Abgasstufe I und ist mit einem Deutz Motor des Typs BF4M2013C mit einem Pumpe-Leitung-Düse Hochdruckeinspritzsystem ausgestattet. Die technischen Daten des Fendt Farmer Vario 412 sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Technische Daten des Traktors Fendt Farmer Vario 412

Traktortyp	Fendt Farmer Vario 412
Motortyp	Deutz BF4M2013C
Anzahl der Zylinder	4
Leistung in kW / PS	94 / 125
Einspritzsystem	Pumpe-Leitung-Düse Hochdruckeinspritzsystem
Baujahr	2003
Abgasstufe	I
Getriebe	stufenlos

Der Traktor wurde mit einem Ein-Tank-System der Firma Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie (VWP), Allersberg auf den Betrieb mit Rapsölkraftstoff umgerüstet. Die Umrüstung basiert im Wesentlichen auf folgenden durchgeführten Anpassungen:

- Austausch der Einspritzdüsen,
- temperatur- und viskositätsabhängige Rückführung des Kraftstoffrücklaufs in den Vorlauf durch Anbringung einer Drossel,
- Einbau eines Kühlwasservorwärmesystems (elektrisch 230 V),
- Einbau einer Handpumpe zum Entlüften des Kraftstoffsystems.

#### 4.2 Betriebsdatenerfassung

Um das Betriebsverhalten in der Praxis dokumentieren zu können, wurden die Traktoren mit Betriebsdatenerfassungssystemen ausgestattet. In die Traktoren wurde je ein Datenlogger installiert, welcher Daten aus dem CAN-Bus lesen und aufzeichnen kann. Darüber hinaus wurden für Kenngrößen welche im CAN-Bus nicht verfügbar sind, Sensoren an verschiedenen Stellen eingebaut, deren Messwerte ebenfalls im Datenlogger gespeichert werden. Der Datenlogger zeichnet während des Betriebs der Traktoren alle 120 s (zu Beginn der Untersuchung alle 300 s) die Werte der gemessenen Kenngrößen auf.

#### 4.2.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

Tabelle 4 gibt einen Überblick über die erfassten Messgrößen, Abbildung 4 zeigt die Position der Messfühler im Motor-, Schmieröl- und Kraftstoffsystem und Abbildung 5 zeigt die Einbauposition von Abgas- und Motoröltemperatursensoren am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160.

Tabelle 4: Erfasste Messgrößen, Messstellen und Messgrößenaufnehmer der Betriebsdatenerfassung am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

Messgrößen	Kürzel	Messstelle	Messgrößenaufnehmer
Betriebsstunden	Bh	Traktor	CAN-Bus Traktor
GPS-Position	GPS	Traktor	GPS-Empfänger
Temperatur Umgebungsluft	T <sub>LU1</sub>	Halter Rücklicht	PT100 Thermofühler
Fahrgeschwindigkeit	v	Getriebe	CAN-Bus Traktor
Betrieb Düsenheizung 70 °C	DH1	Relais Düsenheizung	Voltmeter
Betrieb Düsenheizung 100 °C	DH2	Relais Düsenheizung	Voltmeter
Ladedruck	p <sub>LL</sub>	nach Abgasturbolader	CAN-Bus Traktor
Temperatur Kraftstoff	T <sub>KT1</sub>	Kraftstoffvorlaufleitung direkt nach Tank	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Kraftstoff	T <sub>KE</sub>	Anlegefühler an Einspritzleitung (Zylinder 6)	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Kraftstoff	T <sub>KR</sub>	Rücklauf direkt nach Zylinderkopf (vor Kraftstoffkühler)	CAN-Bus Traktor
Kraftstoffverbrauch	B	berechneter Wert	CAN-Bus Traktor
Temperatur Abgas (einzelne Zylinder)	T <sub>AZ1-6</sub>	jeweils direkt nach Ausgang Zylinderkopf im Krümmer	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Motoröl	T <sub>Oel</sub>	im Nebenstrom vor Nebenstromölfilter	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Kühlwasser	T <sub>W</sub>	Kühlwasseraustritt aus Zylinderkopf	CAN-Bus Traktor
Motordrehzahl	n <sub>T</sub>	Kurbelwelle	CAN-Bus Traktor
Last	P <sub>TR</sub>	Gaspedalstellung	CAN-Bus Traktor

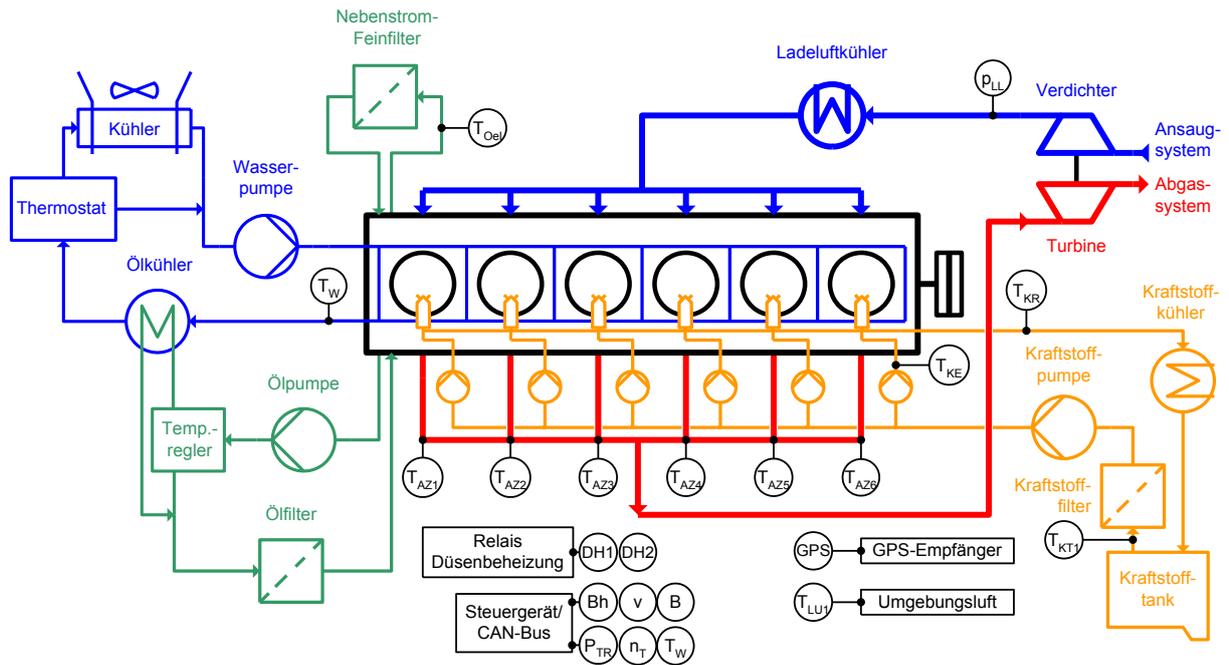


Abbildung 4: Schaubild der Betriebsdatenerfassung des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

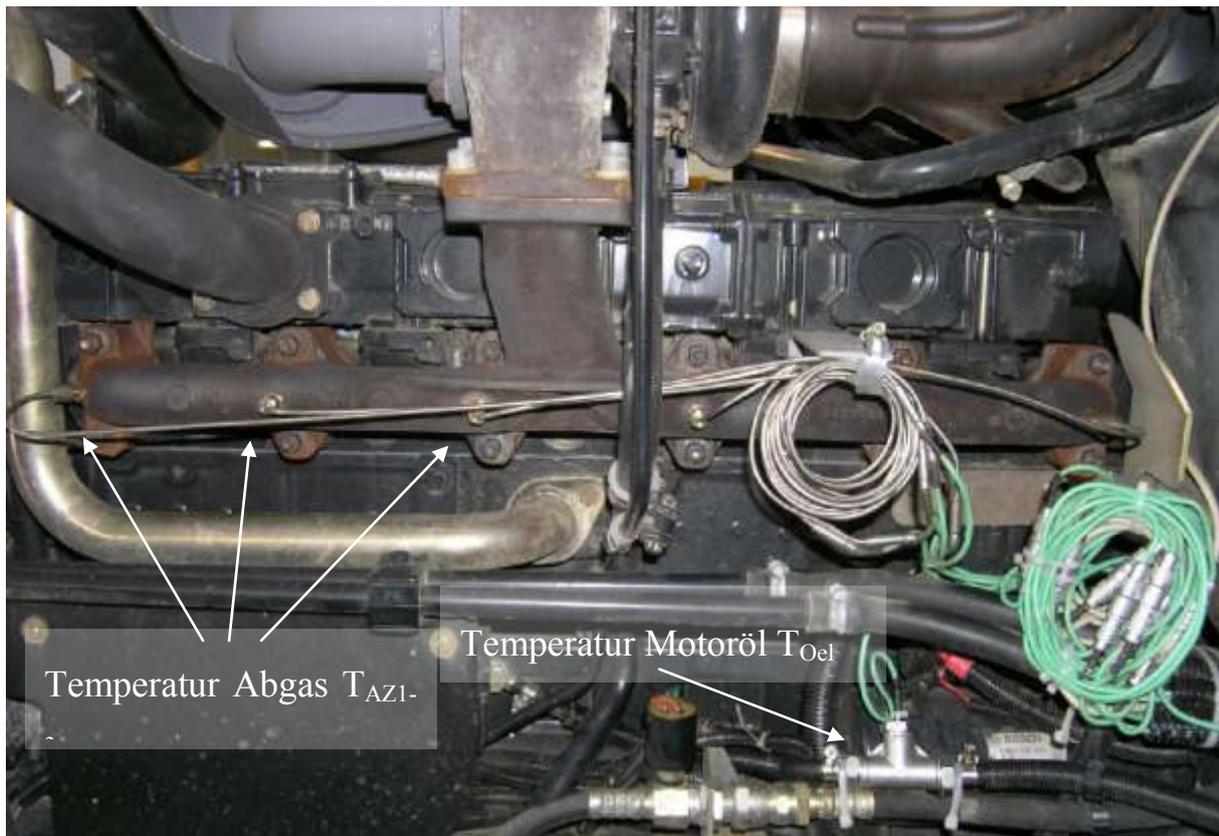


Abbildung 5: Einbaupositionen der Abgastempersensoren und des Motoröltemperers am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

#### 4.2.2 Fendt Farmer Vario 412

In Tabelle 5 sind die beim Fendt Farmer Vario 412 erfassten Betriebsdaten aufgeführt. In Abbildung 6 sind die Positionen der Messfühler im Motor-, Schmieröl- und Kraftstoffsystem dargestellt. Abbildung 7 zeigt die Einbauposition des Temperaturfühlers zur Erfassung der Kraftstoffvorlauftemperatur und Abbildung 8 den Abgaskrümmen im ausgebauten Zustand mit den Temperaturfühlern zur Messung der Abgastemperaturen an den einzelnen Zylindern.

Tabelle 5: Erfasste Messgrößen, Messstellen und Messgrößenaufnehmer der Betriebsdatenerfassung am Fendt Farmer Vario 412

Messgrößen	Kürzel	Messstelle	Messgrößenaufnehmer
Betriebsstunden	Bh	Traktor	CAN-Bus Traktor
GPS-Position	GPS	Traktor	GPS-Empfänger
Temperatur Umgebungsluft	T <sub>LU1</sub>	Kabinendach außen bei Rundumkennleuchte	PT100 Thermofühler
Fahrgeschwindigkeit	v	Getriebe	CAN-Bus Traktor
Temperatur Kraftstoff	T <sub>KT1</sub>	Kraftstoffvorlaufleitung direkt nach Tank	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Kraftstoff	T <sub>KE</sub>	Anlegefühler an Einspritzleitung (Zylinder 3)	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Abgas (einzelne Zylinder)	T <sub>AZ1-4</sub>	jeweils direkt nach Ausgang Zylinderkopf im Krümmer	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Motoröl	T <sub>Oel</sub>	im Zulauf zum Ölfiltergehäuse	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Kühlwasser	T <sub>w</sub>	Kühlwassereintritt am Motor	Mantel-Thermoelement Typ K
Motordrehzahl	n <sub>T</sub>	Kurbelwelle	CAN-Bus Traktor

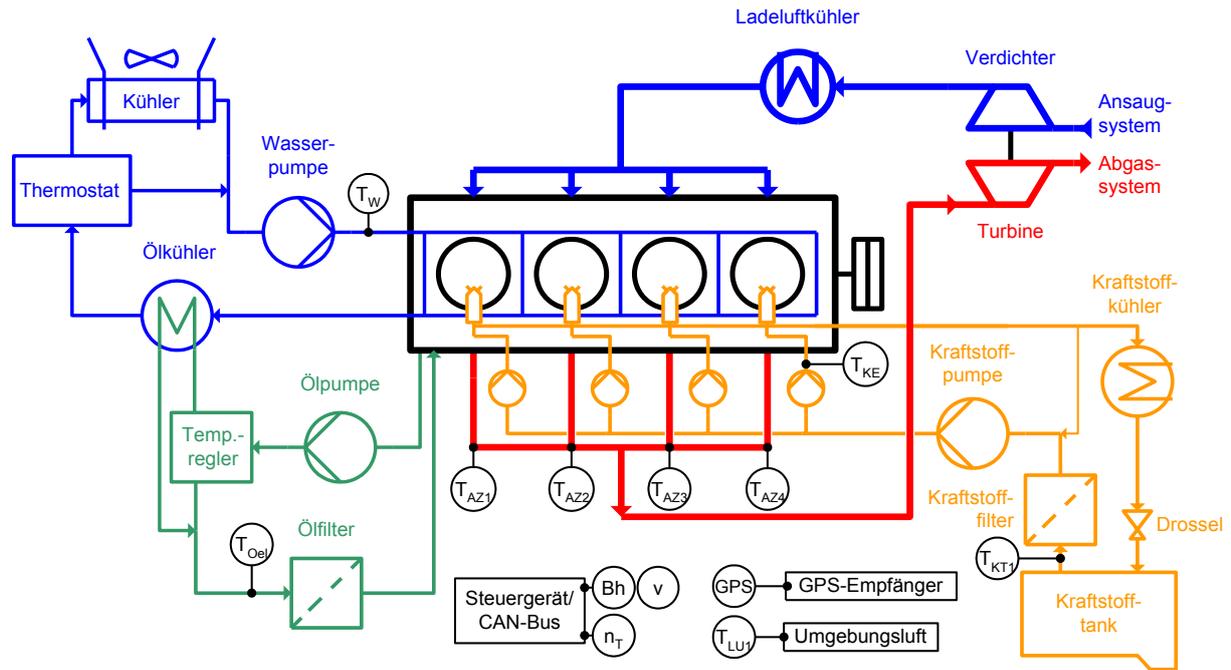


Abbildung 6: Schaubild der Betriebsdatenerfassung des Fendt Farmer Vario 412



Abbildung 7: Messstelle zur Erfassung der Kraftstofftemperatur beim Fendt Farmer Vario 412



Abbildung 8: Abgaskrümmer des Fendt Farmer Vario 412 mit Temperatursensoren zur Erfassung der Abgastemperaturen an den einzelnen Zylindern

### 4.3 Betriebsstoffe

#### 4.3.1 Rapsölkraftstoff

Der Rapsölkraftstoff in kaltgepresster Qualität für den Praxiseinsatz am LVFZ Kringell wird von einer dezentralen Ölmühle im näheren Umkreis von Kringell bezogen. Die Qualität entspricht der Vornorm DIN V 51605, was durch Qualitätssicherungsmaßnahmen in der Ölmühle gewährleistet und durch regelmäßige Analysezertifikate nachgewiesen wird. Bei jeder Kraftstofflieferung wurden für den Bedarfsfall Rückstellproben gezogen und eingelagert, die jedoch nur stichprobenweise hinsichtlich ausgewählter Parameter analysiert wurden. Die Betankung der beiden Traktoren erfolgt aus der betriebseigenen Hoftankstelle, die mit einem Kerzenfilterelement an der Abgabestelle ausgerüstet wurde.

Auch der für die Emissionsmessungen verwendete Rapsölkraftstoff (kaltgepresst) stammt aus einer dezentralen Ölmühle und entsprach bei allen Messungen den Anforderungen gemäß Vornorm DIN V 51605. Die genauen Analyseergebnisse sind in Tabelle 6 aufgeführt. Weiterhin wurde für alle Rapsölkraftstoffproben die Elementarzusammensetzung analysiert, welche für die Berechnung des Abgasmassenstroms verwendet wurde, und ein Elementscreening mittels ICP-OES<sup>2</sup> durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Kraftstoffuntersuchungen sind aus Tabelle 7 und Tabelle 8 zu entnehmen. Außer den Elementen Aluminium und Silizium konnten beim Elementscreening keine weiteren Elemente nachgewiesen werden.

<sup>2</sup> Optische Atomemissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)

Tabelle 6: Anforderungen der DIN V 51605 und Qualität des für die Emissionsmessungen und während des Betriebs verwendeten Rapsölkraftstoffs

Dichte (15 °C) in kg/m <sup>3</sup> DIN EN ISO 3675	Flammpunkt in °C DIN EN ISO 2719	Heizwert in MJ/kg DIN 51900-2	Zündwilligkeit IP 498	Kin. Viskosität (40 °C) in mm <sup>2</sup> /s DIN EN ISO 3104	Koksrückstand in Masse-% DIN EN ISO 10370	Iodzahl in g/100 g DIN EN 14111	Schwefelgehalt in mg/kg DIN EN ISO 20884	Gesamtverschmutzung in mg/kg DIN EN 12662	Säurezahl in mg KOH/g DIN EN 14104	Oxidationsstabilität (110 °C) in h DIN EN 14112	Phosphorgehalt in mg/kg DIN EN 14107	Summengehalt Ca/Mg in mg/kg E DIN EN 14538	Aschegehalt in Masse-% DIN EN ISO 6245	Wassergehalt in Masse-% DIN EN ISO 12937
Anforderungen der DIN V 51605														
900-930	min. 220	min. 36,00	min. 39	max. 36	max. 0,40	95-125	max. 10	max. 24	max. 2,0	min. 6,0	max. 12	max. 20	max. 0,01	max. 0,075
<i>19.04.06_Deutz(265 Bh)_E</i>														
920,0	232	37,0	44,5	34,8	0,23	112	1	4	0,89	7,5	4	14	0,004	0,050
<i>20.04.06_Fendt(1945 Bh)_E</i>														
920,0	243	37,3	44,8	34,7	0,23	112	<1	8	0,93	7,9	3	15	0,004	0,057
<i>04.08.06_Deutz+Fendt</i>														
n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3	n.e.	0,59	8,8	3	7	n.e.	0,043
<i>25.10.06_Deutz+Fendt</i>														
n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	3	n.e.	0,64	9,0	4	8	n.e.	0,050
<i>07.03.07_Deutz(863-875 Bh)_E(07.-27.03.07)+Fendt (2645-2662 Bh)_E(30.03.-05.04.07)</i>														
919,9	234	37,4	47,3	34,6	0,16	112	<1	2	0,95	7,9	8	16	0,003	0,049
<i>23.05.07_Deutz(1054-1073 Bh)_E(23.-25.05.07)</i>														
919,0	254	37,3	47,8	35,2	0,17	108	<1	8	0,69	9,8	4	8	<0,001	0,054
<i>23.08.07_Deutz+Fendt</i>														
n.e.	233	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2	n.e.	0,81	n.e.	6	11	n.e.	0,058
<i>08.11.07_Deutz+Fendt</i>														
n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	2	24	0,75	7,6	7	11	n.e.	0,051
<i>05.12.07_Deutz(1520 Bh)_E(05.12.07)+Fendt (3224 Bh)_E(11.12.07)</i>														
919,4	250	37,4	43,9	35,6	0,19	107	<1	8	0,71	9,1	4	6	0,004	0,054

n.e. = nicht ermittelt

Tabelle 7: Ergebnisse der Elementaranalyse des für die Emissionsmessungen verwendeten Rapsölkraftstoffs

Probe	Kohlenstoff in Masse-%	Wasserstoff in Masse-%	Sauerstoff in Masse-%	Stickstoff in mg/kg
19.04.06 Deutz(263 Bh) E	77,3	11,8	10,8	11
20.04.06 Fendt(1945 Bh) E	77,5	11,9	10,5	<5
07.03.07 Deutz(863-875 Bh) E(07.-27.03.07) +Fendt(2645-2662 Bh) E(30.03.-05.04.07)	77,9	12,0	10,0	5
23.05.07 Deutz(1054-1073 Bh) E(23.-25.05.07)	77,6	11,8	10,5	4
05.12.07 Deutz(1520 Bh) E(05.12.07) +Fendt (3224 Bh) E(11.12.07)	77,3	11,6	10,9	5

Tabelle 8: Ergebnisse des Elementscreenings mittels ICP-OES des für die Emissionsmessungen verwendeten Rapsölkraftstoffs

Probe	Aluminium in mg/kg	Silizium in mg/kg
19.04.06 Deutz(263 Bh) E	<1	18
20.04.06 Fendt(1945 Bh) E	<1	16
07.03.07 Deutz(863-875 Bh) E(07.-27.03.07) +Fendt (2645-2662 Bh) E(30.03.-05.04.07)	5	2
23.05.07 Deutz(1054-1073 Bh) E(23.-25.05.07)	5	2
05.12.07 Deutz(1520 Bh) E(05.12.07) +Fendt (3224 Bh) E(11.12.07)	<0,5	<0,5

### 4.3.2 Dieselkraftstoff

Die Qualität des für die Emissionsmessungen verwendeten Dieselkraftstoffs ist in Tabelle 9 aufgeführt. Die Elementarzusammensetzung ist der Tabelle 10 zu entnehmen. Über die Anforderungen der DIN EN 590 hinaus wurde ein Elementscreening mittels ICP-OES durchgeführt (Tabelle 11). Wie beim verwendeten Rapsölkraftstoff waren auch hier lediglich Aluminium und Silizium nachweisbar.

Tabelle 9: Anforderungen der DIN EN 590 und Qualität des für die Emissionsmessungen verwendeten Dieselkraftstoffs

Dichte (15 °C) in kg/m <sup>3</sup> DIN EN ISO 12185	Flammpunkt in °C DIN EN ISO 2719	Cetaindex DIN EN ISO 4264	Cetanzahl IP 498, DIN EN ISO 5165	Kin. Viskosität (40 °C) in mm <sup>2</sup> /s DIN EN ISO 3104	Koksrückstand in Masse-% (10 % Destillationsrückstand) DIN EN ISO 10370	CFPP in °C DIN EN 116	Schwefelgehalt in mg/kg DIN EN ISO 20884	Gesamtverschmutzung in mg/kg DIN EN 12662	Korrosionswirkung auf Kupfer in Korrr. Klasse DIN EN ISO 2160	Oxidationsstabilität in g/m <sup>3</sup> DIN EN ISO 12205	HFRR (Lubricity) in µm DIN EN ISO 12156-1	Aromatengehalt in Masse-% DIN EN 12916	Aschegehalt in Masse-% DIN EN ISO 6245	Wassergehalt in mg/kg DIN EN ISO 12937	Fettsäuremethylestergehalt in Volumen-% DIN EN 14078	Destillation % (V/V) aufgefangan bei 250 °C in Volumen-% DIN EN ISO 3405	Destillation % (V/V) aufgefangan bei 350 °C in Volumen-% DIN EN ISO 3405	Destillation 95 % (V/V) aufgefangan bei in °C DIN EN ISO 3405
Anforderungen der DIN EN 590																		
820-845	min. 55	min. 46,0	min. 51,0	2,00-4,50	max. 0,30	<sup>2)</sup>	Max. 10 <sup>1)</sup>	max. 24	1	max. 25	max. 460	max. 11	max. 0,01	max. 200	max. 5	max. 65	min. 85	max. 360
22.03.06_Deutz(245 Bh)_E																		
836,9	61	50,2	53,0	2,52	0,02	-18	6,9	n.e.	1	4	205	3,3	0,001	27	4,8	42	93	357
19.04.06_Deutz(265 Bh)_E																		
839,0	66	50,5	53,2	2,60	0,04	-15	6,8	n.e.	1	n.e.	233	4,1	<0,001	22	4,6	41	93	357
20.04.06_Fendt(1940 Bh)_E																		
839,4	66	51,2	54,5	2,62	0,06	-17	6,5	n.e.	1	2	210	4,0	0,001	28	4,5	40	93	357
07.03.07_Deutz(863-875 Bh)_E(07.-27.03.07)																		
839,8	72	51,5	52,4	2,75	<0,01	-26	<1	2	1	n.e.	232	3,5	<0,001	29	4,2	35	94	353
02.04.07_Fendt(2650-2654 Bh)_E(02.04.-04.04.07)																		
833,5	66	51,8	51,3	2,47	<0,01	-16	6,6	4	1	<b>29<sup>3)</sup></b>	187	3,5	<0,001	14	4,5	42	94	352
24.05.07_Deutz(1064 Bh)_E(24.05.07)																		
829,8	65	51,9	54,6	2,33	<0,01	-13	6,7	5	1	23	217	3,2	<0,001	35	4,5	45	95	349
06.12.07_Deutz(1525Bh)_E(06.12.07)+Fendt(3230 Bh)_E(12.12.07)																		
830,2	64	52,3	52,0	2,37	0,09	-25	7,0	2	1	17	254	2,2	<0,001	33	<b>5,4<sup>3)</sup></b>	44	99	341

<sup>1)</sup> für schwefelfreien Dieselkraftstoff

<sup>2)</sup> abhängig von der Jahreszeit

<sup>3)</sup> Grenzwert nicht eingehalten

n.e. = nicht ermittelt

Tabelle 10: Ergebnisse der Elementaranalyse des für die Emissionsmessungen verwendeten Dieselmotorenöls

Probe	Kohlenstoff in Masse-%	Wasserstoff in Masse-%	Sauerstoff in Masse-%	Stickstoff in mg/kg
22.03.06 Deutz(245 Bh) E	86,1	13,4	0,4	54
19.04.06 Deutz(269 Bh) E	86,0	13,6	0,3	51
20.04.06 Fendt(1940 Bh) E	85,9	13,6	0,4	50
07.03.07 Deutz(863-875 Bh) E(07.-27.03.07)	85,6	13,6	<0,5	28
02.04.07 Fendt(2650-2654 Bh) E(02.04.-04.04.07)	86,0	13,9	<0,5	22
24.05.07 Deutz(1064 Bh) E(24.05.07)	86,0	13,9	<0,5	20
06.12.07 Deutz(1525 Bh) E(06.12.07) +Fendt(3230 Bh) E(12.12.07)	86,0	13,2	0,7	19

Tabelle 11: Ergebnisse des Elementscreenings mittels ICP-OES des für die Emissionsmessungen verwendeten Dieselmotorenöls

Probe	Aluminium in mg/kg	Silizium in mg/kg
22.03.06 Deutz(245 Bh) E	<1	17
19.04.06 Deutz(269 Bh) E	<1	20
20.04.06 Fendt(1940 Bh) E	<1	14
07.03.07 Deutz(863-875 Bh) E(07.-27.03.07)	3	11
02.04.07 Fendt(2650-2654 Bh) E(02.04.-04.04.07)	3	<1
24.05.07 Deutz(1064 Bh) E(24.05.07)	3	9
06.12.07 Deutz(1525 Bh) E(06.12.07) +Fendt(3230 Bh) E(12.12.07)	<0,5	<0,5

### 4.3.3 Motorenöl

Beide Traktoren werden seit Untersuchungsbeginn mit dem esterbasischen Motorenöl Plantomot 5W-40 der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH, welches durch die BayWa AG vertrieben wird, betrieben. Nach Herstellerangaben ist es speziell auf den Betrieb mit pflanzenölbasischen Kraftstoffen wie Rapsmethylester (RME) oder Rapsöl ausgelegt und schützt wesentlich länger vor Eindickung, Verklumpung und Verseifung als herkömmliche Motorenöle. Die wichtigsten Kennwerte des Frischöls sind in Tabelle 12 dargestellt. Zur Überwachung der Schmierölqualität wurde etwa alle 50 Betriebsstunden eine Ölprobe entnommen und zur Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH zur Analyse gegeben.

Tabelle 12: Frischölkennwerte des Motoröls Fuchs Plantomot 5W-40

<b>Kennwert</b>	<b>Einheit</b>	<b>Frischölwert</b>
<i>Viskosität bei 40 °C</i>	mm <sup>2</sup> /s	72,1
<i>Viskosität bei 100 °C</i>	mm <sup>2</sup> /s	14,0
<i>Viskositätsindex</i>	- -	203
<i>Total Base Number (TBN)</i>	mg KOH/g	11,6

#### 4.4 Prüfstand

Die Abgasemissionsmessungen wurden am Abgasprüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) durchgeführt. Der Prüfstand ist konzipiert für die Messung von gasförmigen Abgasbestandteilen und Partikel-Emissionen von Traktormotoren im eingebauten Zustand. Die Emissionsmessungen am Prüfstand erfolgen in Anlehnung an die Richtlinie 2000/25/EG bzw. 97/68/EG. Im Folgenden werden der Aufbau des Prüfstands und die technischen Merkmale der einzelnen Prüfstandsbestandteile beschrieben.

##### 4.4.1 Aufbau

In Abbildung 9 ist der schematische Aufbau des Abgasemissionsprüfstands am Technologie- und Förderzentrum dargestellt. Im Wesentlichen besteht der Prüfstand aus einer Zapfwellenbremse und einer Abgasmessstrecke. An der Abgasmessstrecke ist die Messung der gasförmigen Komponenten und der Partikel-Emissionen sowohl im verdünnten als auch im unverdünnten Abgas möglich. Die Daten werden mit Hilfe eines Datenerfassungssystems (LabVIEW<sup>TM</sup>) aufgezeichnet.

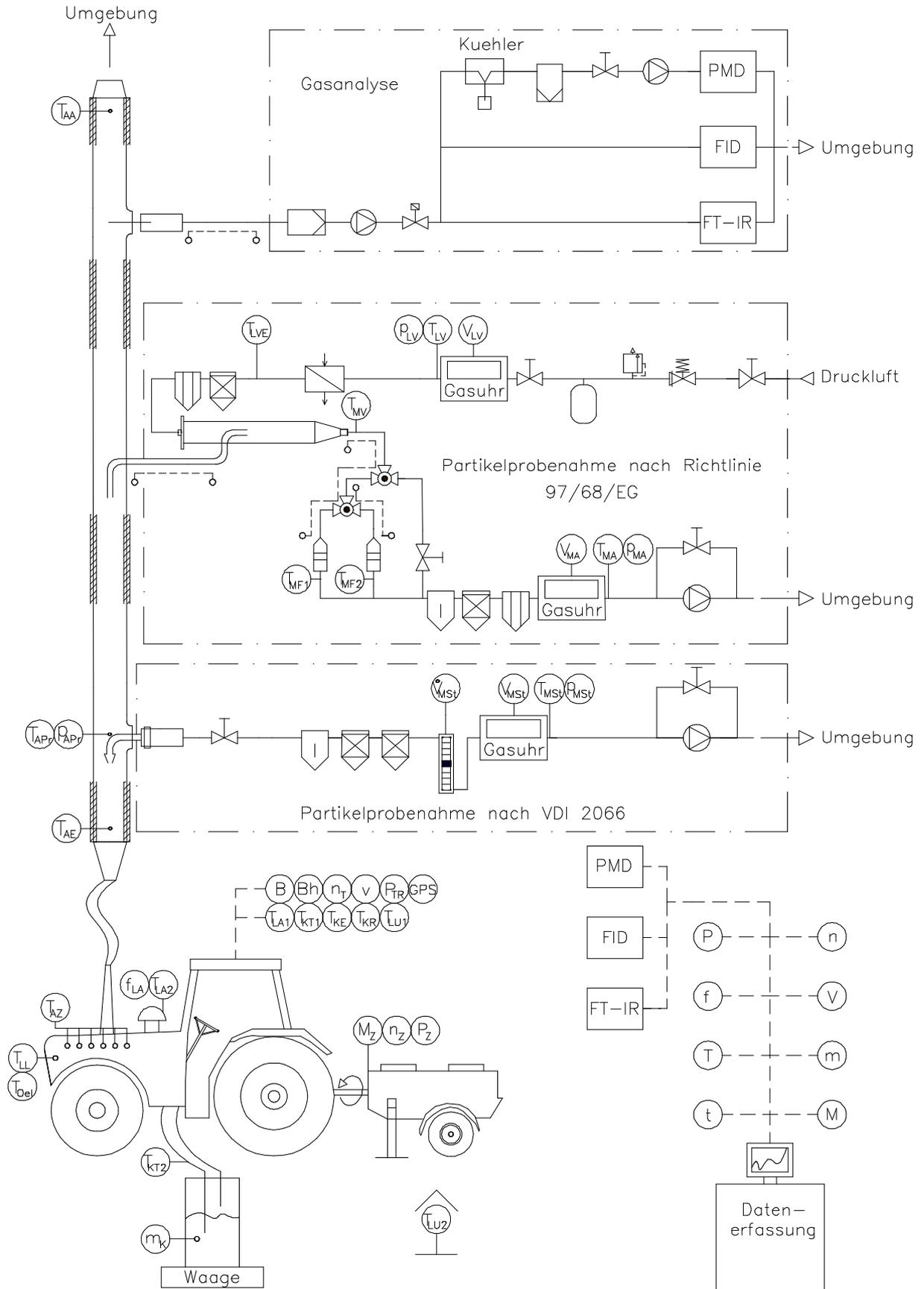


Abbildung 9: Aufbau des Emissionsprüfstands am Technologie- und Förderzentrum (TFZ)

#### 4.4.2 Erfassung der Randbedingungen

Zur Erfassung der Randbedingungen bei den Emissionsmessungen werden wichtige Betriebszustände und Umgebungsbedingungen kontinuierlich aufgezeichnet. Tabelle 13 zeigt eine Übersicht über die während der Emissionsmessungen erfassten Messgrößen.

Tabelle 13: Erfasste Messgrößen mit Messstellen und Messgrößenaufnehmer am Abgasprüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ)

Messgrößen	Kürzel	Messstelle	Messgrößenaufnehmer
Umgebung			
Temperatur Umgebungsluft	T <sub>LU1</sub>	Halter Rücklicht <sup>1)</sup> Kabinendach außen bei Rundumlampe <sup>2)</sup>	PT100 Thermofühler
Temperatur Umgebungsluft	T <sub>LU2</sub>	Raumfühler neben Kabine auf Höhe Rücklicht	Mantel-Thermoelement Typ K
Zeit	t		
Traktor			
Betriebsstunden	Bh	Traktor	CAN-Bus Traktor
GPS-Position	GPS	Traktor	GPS-Empfänger
Fahrgeschwindigkeit Traktor	v	Getriebe	CAN-Bus Traktor
Betrieb Düsenheizung 70 °C <sup>1)</sup>	DH1	Relais Düsenheizung	Voltmeter
Betrieb Düsenheizung 100 °C <sup>1)</sup>	DH2	Relais Düsenheizung	Voltmeter
Temperatur Ansaugluft	T <sub>LA1</sub>	Einlassgitter im Ansaug- luftkanal	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Ansaugluft	T <sub>LA2</sub>	Einlassgitter im Ansaug- luftkanal	Datenlogger Wöhler DC2000Pro
Feuchte Ansaugluft	f <sub>LA</sub>	Einlassgitter im Ansaug- luftkanal	Datenlogger Wöhler DC2000Pro
Temperatur Ladeluft	T <sub>LL</sub>	nach Ladeluftkühler	Mantel-Thermoelement Typ K
Ladedruck <sup>1)</sup>	p <sub>LL</sub>	nach Abgasturbolader	CAN-Bus Traktor
Temperatur Kraftstoff	T <sub>KT1</sub>	Kraftstoffvorlaufleitung direkt nach Tank	PT100 Thermofühler
Temperatur Kraftstoff	T <sub>KT2</sub>	Kraftstoffvorlaufleitung aus Behälter Versuchskraftstoff	PT100 Thermofühler

<sup>1)</sup> trifft nur zu bei Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

<sup>2)</sup> trifft nur zu bei Fendt Farmer Vario 412

Tabelle 13: Erfasste Messgrößen mit Messstellen und Messgrößenaufnehmer am Abgasprüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) (Fortsetzung)

Messgrößen	Kürzel	Messstelle	Messgrößenaufnehmer
Traktor			
Temperatur Kraftstoff	$T_{KE}$	Anlegefühler an Einspritzleitung (Zylinder 6 <sup>1)</sup> bzw. 3 <sup>2)</sup> )	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Kraftstoff <sup>1)</sup>	$T_{KR}$	Rücklauf direkt nach Zylinderkopf (vor Kraftstoffkühler)	CAN-Bus Traktor
Kraftstoffverbrauch <sup>1)</sup>	B	berechneter Wert	CAN-Bus Traktor
Temperatur Abgas (einzelne Zylinder)	$T_{AZ1-6}$ <sup>1)</sup> $T_{AZ1-4}$ <sup>2)</sup>	jeweils direkt nach Ausgang Zylinderkopf im Krümmer	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Motoröl	$T_{Oel}$	im Nebenstrom vor Nebenstromölfilter <sup>1)</sup> im Zulauf zum Ölfiltergehäuse <sup>2)</sup>	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Kühlwasser	$T_W$	Kühlwasseraustritt aus Zylinderkopf <sup>1)</sup> Bohrung am Motorblock <sup>2)</sup>	CAN-Bus Traktor <sup>1)</sup> Mantel-Thermoelement Typ K <sup>2)</sup>
Motordrehzahl	$n_{T1}$	Kurbelwelle	CAN-Bus Traktor
Motordrehzahl	$n_{T2}$	Zapfwelle	Eggers Wirbelstrombremse PT 301 MES (berechnet)
Last <sup>1)</sup>	$P_{TR}$	Gaspedalstellung	CAN-Bus Traktor
Drehmoment	$M_Z$	Zapfwelle	Eggers Wirbelstrombremse PT 301 MES
Drehzahl	$n_Z$	Zapfwelle	Eggers Wirbelstrombremse PT 301 MES
Leistung	$P_Z$	Berechnet aus Drehzahl und Drehmoment an der Zapfwelle	Eggers Wirbelstrombremse PT 301 MES
Masse Kraftstoff	$m_K$	Versuchskraftstoffbehälter auf Waage	Waage PESA WT BR 210/B3, 150 kg
Abgasmessstrecke			
Temperatur Abgas	$T_{AE}$	Eingang Abgasstrecke	Mantel-Thermoelement Typ K
Temperatur Abgas	$T_{AA}$	Ausgang Abgasstrecke	Mantel-Thermoelement Typ K

<sup>1)</sup> trifft nur zu bei Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

<sup>2)</sup> trifft nur zu bei Fendt Farmer Vario 412

Tabelle 13: Erfasste Messgrößen mit Messstellen und Messgrößenaufnehmer am Abgasprüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) (Fortsetzung)

Messgrößen	Kürzel	Messstelle	Messgrößenaufnehmer
Abgasmessstrecke			
Verdünnungsluftvolumen	$V_{LV}$	vor Verdünnungstunnel	Balgengaszähler mit Impulszähler
Temperatur Verdünnungsluft	$T_{LV}$	direkt nach Balgengaszähler	PT100 Thermofühler
Druck Verdünnungsluft	$p_{LV}$	direkt nach Balgengaszähler	Drucktransmitter Althen HPSA-ADVDA
Temperatur Verdünnungsluft	$T_{LVE}$	vor Eingang Verdünnungstunnel	PT100 Thermofühler
Temperatur verdünntes Abgas (Messgas)	$T_{MV}$	Ausgang Verdünnungstunnel	PT100 Thermofühler
Temperatur verdünntes Abgas (Messgas)	$T_{MF1}/T_{MF2}$	unmittelbar nach Planfilterhalter	PT100 Thermofühler
Volumen verdünntes Abgas (Messgas)	$V_{MA}$	nach Planfilterhalter vor Absaugpumpe	Balgengaszähler mit Impulszähler
Temperatur verdünntes Abgas (Messgas)	$T_{MA}$	Ausgang Messstrecke direkt nach Messgasvolumenmessung	PT100 Thermofühler
Druck verdünntes Abgas (Messgas)	$p_{MA}$	Ausgang Messstrecke direkt nach Messgasvolumenmessung	Drucktransmitter Althen HPSA-ADVDA
Staub-Probenahme VDI 2066			
Temperatur Abgas	$T_{APr}$	Abgasstrecke bei Prandtl-Rohr	Mantel-Thermoelement Typ K
Dynamischer Druck	$p_{APr}$	Abgasstrecke an VDI 2066 Entnahmeöffnung	Prandtl-Rohr
Messgasvolumen VDI2066	$V_{MSt}$	vor Absaugpumpe	Balgengaszähler
Temperatur Messgas	$T_{MSt}$	vor Gasuhr VDI-Messung	Analoges Anzeigergerät
Druck Messgas	$p_{MSt}$	vor Gasuhr VDI-Messung	Analoges Anzeigergerät
Messgasvolumenstrom	$\dot{V}_{MSt}$	vor Gasuhr VDI-Messung	Schwebekörperdurchflussmesser

<sup>1)</sup> trifft nur zu bei Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

<sup>2)</sup> trifft nur zu bei Fendt Farmer Vario 412

#### 4.4.3 Bestimmung von Motorleistung, Motordrehzahl und Kraftstoffverbrauch

Die Bestimmung der Motorleistung und Motordrehzahl nach Richtlinie 2000/25/EG erfolgt an einem Motorenprüfstand direkt an der Kurbelwelle. Dazu ist es notwendig, den Motor aus dem Fahrzeug auszubauen. Da bei diesem Vorhaben vor allem die Abgasemissionen von Traktormotoren, die in der Praxis in Betrieb sind, getestet werden sollen, ist eine Bestimmung der Motorleistung im ausgebauten Zustand nicht beabsichtigt. Daher sind Abweichungen zum Typprüfungsverfahren erforderlich. Am Prüfstand des Technologie- und Förderzentrums wird die Motorenlei-

tung des Traktors  $P_T$  über die Zapfwellenleistung  $P_Z$  bestimmt, unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Übertragungsverlustes von 10 % [19]. Die Motordrehzahl  $n_T$  wird über die Zapfwellendrehzahl  $n_Z$  und das Übersetzungsverhältnis des Getriebes bestimmt.

Die Zapfwellenleistung  $P_Z$  wird über eine Wirbelstrombremse (EGGERS PT 301 MES, max. 340 kW, Auflösung 0,1 kW) durch Messung von Drehmoment  $M_Z$  und Drehzahl  $n_Z$  ermittelt. Für die Emissionsmessungen im März bzw. April 2006 wurde ein Leihgerät gleichen Typs verwendet, da zu diesem Zeitpunkt noch kein hauseigenes Gerät zur Verfügung stand.

Tabelle 14 gibt einen Überblick über die Abweichungen bei den Emissionsmessungen im Vergleich zur Typprüfung nach der Richtlinie 2000/25/EG.

*Tabelle 14: Abweichungen zum Typprüfungsverfahren nach Richtlinie 97/68/EG*

<b>Vorgehen nach Richtlinie 97/68/EG</b>	<b>Vorgehen bei den Prüfstandsmessungen</b>
Stationäre Messung der Nutzleistung auf dem Motorenprüfstand direkt an der Kurbelwelle	Bestimmung der Nutzleistung des Motors $P_T$ über die Zapfwellenleistung $P_Z$ bei einem angenommenen durchschnittlichen Übertragungsverlust von 10 % [19]
Messung der Drehzahl am Motorprüfstand direkt an der Kurbelwelle	Bestimmung der Motordrehzahl $n_T$ über die Zapfwellendrehzahl $n_Z$

Der Kraftstoffverbrauch wird gravimetrisch mittels einer Waage (PESA WT BR 210/B3, max. 150 kg) erfasst. Dazu wird am Traktor das Kraftstoffsystem am Tank aufgetrennt und Kraftstoffvorlauf und -rücklauf in einen Versuchskraftstoffbehälter geleitet, dessen Gewicht über die Waage erfasst wird. Abbildung 10 zeigt den Aufbau zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs.



Abbildung 10: Aufbau zur Bestimmung des Kraftstoffverbrauchs mittels Wägung des Versuchskraftstoffbehälters

#### 4.4.4 Gasanalyse

Eine Übersicht über die technischen Daten der Messgeräte zur Analyse der gasförmigen Abgasbestandteile gibt Tabelle 15. Alle Messwerte werden kontinuierlich in einem Abstand von maximal 20 Sekunden erfasst und mit Hilfe des Datenerfassungssystems (LabVIEW™) aufgezeichnet.

Bei den Emissionsmessungen werden die gasförmigen Abgaskomponenten Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ), Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ), Kohlenstoffmonoxid ( $\text{CO}$ ), Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ), Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), Sauerstoff ( $\text{O}_2$ ) und Kohlenwasserstoffe ( $\text{C}_n\text{H}_m$ ) erfasst. Als Stickstoffoxidemission ( $\text{NO}_x$ ) wird der Summenwert von  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$  herangezogen.

Tabelle 15: Technische Daten der Messgeräte zur Analyse der gasförmigen Abgasbestandteile

Messgröße	Messgerät/Hersteller	Messprinzip/ -verfahren	aktiver Messbereich	Prüfgas- konzentration <sup>1)</sup>
CO <sub>2</sub>	FT-IR Gasmeter –4000 Fa. Ansyco	Fourier-transformierte Infrarotabsorption	0 – 25 Vol.-%	2 % CO <sub>2</sub> in N <sub>2</sub>
H <sub>2</sub> O	FT-IR Gasmeter –4000 Fa. Ansyco	Fourier-transformierte Infrarotabsorption	0 – 30 Vol.-%	- -
CO	FT-IR Gasmeter –4000 Fa. Ansyco	Fourier-transformierte Infrarotabsorption	0 – 15 000 ppm	0,9 % CO in N <sub>2</sub>
NO NO <sub>2</sub> <sup>2)</sup>	FT-IR Gasmeter –4000 Fa. Ansyco	Fourier-transformierte Infrarotabsorption	0 – 2000 ppm 0 – 1500 ppm	900 ppm NO in N <sub>2</sub>
O <sub>2</sub>	Sauerstoffanalysator PMA 100-L Fa. M&C Products	Paramagnetismus	0 – 100 Vol.-%	- -
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub> <sup>3)</sup>	Thermo-FID Fa. Mess- & Analysen- technik GmbH	Flammenionisation	0 – 10 000 ppm C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> -Äquivalent	80,7 ppm C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> in N <sub>2</sub>

<sup>1)</sup> relative Genauigkeit des Prüfgases: ± 1 % (lt. Herstellerangabe)

<sup>2)</sup> NO<sub>x</sub> = NO + NO<sub>2</sub>

<sup>3)</sup> Summe der flüchtigen organischen Verbindungen; Messung im heißen Abgas

#### 4.4.5 Partikelmassebestimmung

Am Prüfstand des Technologie- und Förderzentrums können die Partikelemissionen diskontinuierlich nach VDI 2066 im heißen Abgas und nach den Vorgaben der Richtlinie 97/68/EG bzw. ISO 8178 im verdünnten Abgas erfasst werden.

Bei der Messung nach **VDI 2066** Blatt 1 am Prüfstand wird aus dem Abgasstrom ein Teilgasstrom isokinetisch abgesaugt und die darin mitgeführten Partikel in einer außerhalb der Abgasmessstrecke befindlichen Abscheidevorrichtung (Out-Stack-Filtration) gesammelt. Zur Abscheidung dienen Quarz-Mikrofaserfilter (Munktell, MK 360, getempert, Durchmesser 45 mm) mit einem Abscheidegrad von 99,998 % und einer Penetration von <0,002 % Dioctylphtalat (DOP 0,3 µm). Damit werden auch die Anforderungen der Richtlinie 97/68/EG an den Abscheidegrad des Filtermaterials eingehalten. Als Filtergehäuse wird ein Planfilterkopf nach VDI 2066 verwendet. Im Anschluss an die Abscheidevorrichtung befindet sich die Absaugapparatur. Diese besteht aus einer Einheit zur Gastrocknung, den Geräten zur Ermittlung des Volumenstromes sowie des Gaszustandes und einer Saugpumpe. Mit Hilfe eines Schwebekörper-Durchflussmessgerätes wird der für die isokinetische Probenahme erforderliche Volumenstrom am Bypass der Pumpe eingestellt.

Bei der Messung nach Richtlinie **97/68/EG**, welche im Wesentlichen auf der ISO 8178 beruht, wird aus dem Abgasstrom ein Teilgasstrom entnommen. Der Teilgasstrom wird über ein auf 250 °C beheiztes Übertragungsrohr in den Verdünnungstunnel geleitet. Über die Zufuhr von Verdünnungsluft wird der verdünnte Abgasstrom unmittelbar über dem Filterhalter auf Temperaturen zwischen 42 °C und 52 °C gehalten. Die Verdünnungsluft wird aus dem Druckluftnetz entnommen und erfüllt die Druckluftklasse 1.4.1 nach ISO 8573. Das Verdünnungsluftvolumen wird über einen Balgengaszähler (Elster, Experimentiergaszähler trockene Bauart, Messgenauigkeit ± 2 %,

Ablesegenauigkeit 0,1 l) erfasst. Die Verdünnungsluft wird über einen Wärmetauscher auf Temperaturen zwischen 20 °C und 30 °C konditioniert und anschließend über einen Aktivkohlefilter (Riegler, FA 33 K) und über einen Mikrofilter (Riegler, FM 33 K, Borosilikat-POM, Filterfeinheit 0,01 µm, Wirkungsgrad 99,999 %) weiter aufbereitet.

Die Partikelabscheidung erfolgt in einem Filtergehäuse durch ein im Abstand von 17 mm hintereinander angeordnetes Filterpaar (Hauptfilter und Nachfilter). Zur Abscheidung dienen teflonbeschichtete Glasfaserfilter (Pall Life Sciences, Emfab<sup>TM</sup> Filters, TX40HI20WW, 44 mm Durchmesser) mit einem Abscheidegrad von 99,9 % Dioctylphtalat (DOP 0,3 µm).

Nach der Partikelabscheidung wird das verdünnte Abgas getrocknet und gefiltert, bevor das Volumen über einen Balgengaszähler (Elster, Experimentiergaszähler trockene Bauart, Messgenauigkeit ±2 %, Ablesegenauigkeit 0,1 l) erfasst wird. Alle Temperaturen, Drücke und Volumina werden kontinuierlich mit Hilfe des Datenerfassungssystems (LabVIEW<sup>TM</sup>) aufgezeichnet.

Zur Bestimmung der Gewichte der Filter wird für beide Probenahmeverfahren eine Analysenwaage mit einer Auflösung von 1 µg und einer Genauigkeit von 1,5 µg (Mettler-Toledo, Mikrowaage XP 56) verwendet. Die Filter werden vor der Auswägung zur Konditionierung mindestens 12 h in einem klimatisierten Raum bei 23 °C gelagert.

## **4.5 Durchführung der Emissionsmessungen**

Die Emissionsmessungen erfolgen in Anlehnung an die EU-Richtlinie 2000/25/EG. Diese verweist bei den Anforderungen, Grenzwerten und Prüfverfahren auf die EU-Richtlinie 97/68/EG [7] [6]. Für Traktormotoren bis Abgasstufe III A findet der sogenannte Non-Road-Steady-Cycle (NRSC) Anwendung, welcher dem C1-Zyklus (8-Phasen-Zyklus) der ISO 8178-4 entspricht.

### **4.5.1 Vorbereitung der Traktoren und des Prüfstands**

Da sich die Traktoren im täglichen Einsatz auf dem Betrieb des LVFZ Kringell befinden, müssen diese auf die Durchführung der Emissionsmessungen vorbereitet werden.

Vor Beginn einer Messkampagne werden folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Erneuerung des Ansaugluftfilters
- Kontrolle und Reinigung des Kühlsystems
- Deaktivierung aller nicht benötigten Nebenverbraucher
- Durchführung eines Motorenöl- und Motorenölfilterwechsels (Ölsorte: esterbasisches Motorenöl Fuchs Plantomot 5W-40)
- Kontrolle und Erneuerung der weiteren Betriebsmittel je nach Bedarf
- Auftrennung des Kraftstoffsystems direkt am Tank und Verlegung von Kraftstoffvorlauf und -rücklauf in den Versuchskraftstoffbehälter

Während einer Messkampagne wird darüber hinaus bei jedem Kraftstoffwechsel das Kraftstoffsystem mit mindestens 10 l Versuchskraftstoff gespült und anschließend ein Kraftstofffilterwechsel durchgeführt.

Für die Emissionsmessungen mit dem Deutz-Fahr Traktor bei 1.064 und 1.525 Bh mit Dieseldieselkraftstoff wurden wesentliche Teile der Umrüstung, nämlich die Beheizung der Einspritzdüsen und die Kraftstoffvorwärmung, deaktiviert, um den Motor annähernd in den Ursprungszustand (vor der Umrüstung) zurückzusetzen. Es wird jedoch ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Motor auch bei diesen Messungen nicht vollständig in den Ursprungszustand vor der Umrüstung zurückversetzt werden konnte.

#### 4.5.2 NRSC-Prüfzyklus

Vor Beginn der eigentlichen Abgasmessungen wurde der Leistungs- und Drehmomentverlauf über die Drehzahl aufgenommen, um die Last- und Drehzahleinstellung für die acht Phasen zu ermitteln. Bei Durchführung einer Messung gemäß dem NRSC-Prüfzyklus nach Richtlinie 97/68/EG werden die Prüfphasen der Reihe nach von eins bis acht durchlaufen. Anhand der kontinuierlich gemessenen Abgastemperaturen, Motortemperaturen und der Schadstoffkonzentrationen im Abgas wurde die Motorstabilisierung für jede einzelne Prüfphase abgewartet. Erst im Anschluss an die Motorstabilisierung bzw. erst nach mindestens zehn Minuten wurde mit der Partikelprobenahme begonnen. Zur Auswertung der gasförmigen Emissionen wurden die Messwerte der letzten sechs Minuten vor Beendigung der Partikelprobennahme herangezogen.

Die Ergebnisse der Schadstoff- und Leistungsmessungen aus den einzelnen Prüfphasen fließen mit unterschiedlicher Wichtung in die Berechnung der spezifischen Emissionen ein [6]. Abbildung 11 zeigt die Lage der Prüfphasen im Leistungs-/Drehmomentdiagramm. Tabelle 16 gibt einen Überblick zu den einzelnen Prüfphasen.

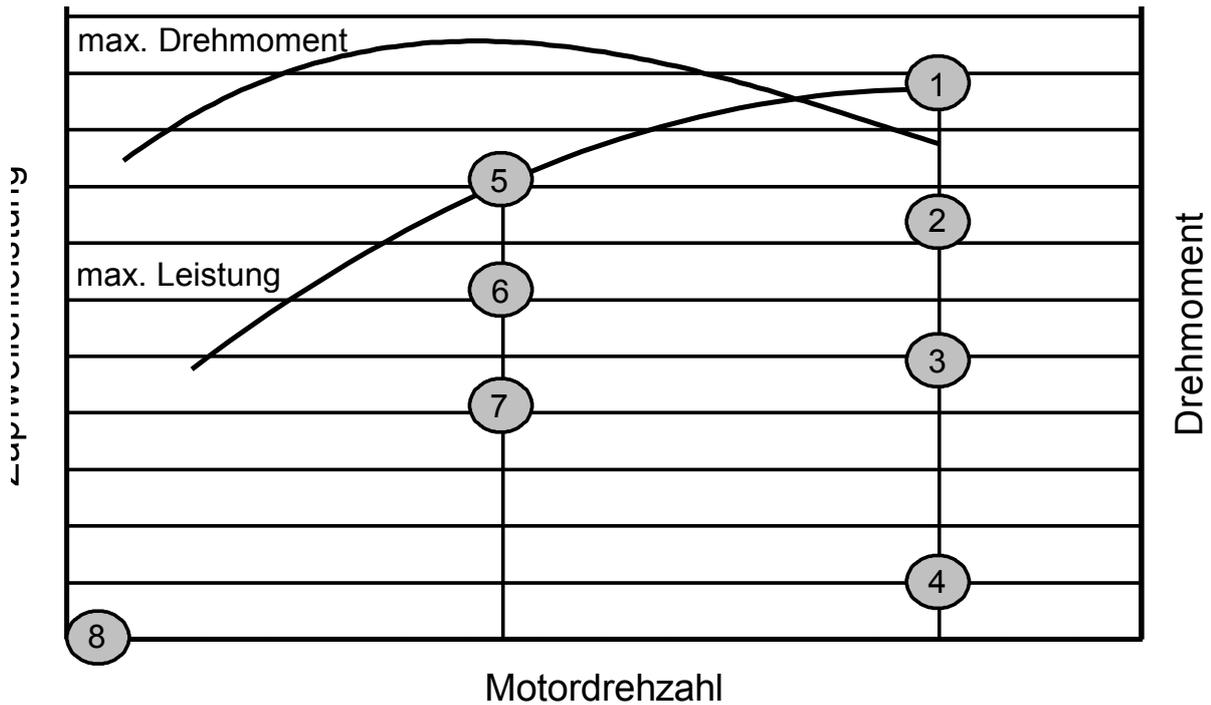


Abbildung 11: Lage der Prüfphasen im Leistungs-/Drehmomentdiagramm

Tabelle 16: Übersicht zu den acht Prüfphasen nach Richtlinie 97/68/EG [6]

Phase	1	2	3	4	5	6	7	8
Last in %	100	75	50	10	100	75	50	0
Drehzahl	Nenn Drehzahl				Zwischendrehzahl			Leerlauf
Wichtungsfaktor	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

#### 4.6 Auswertung

Die Auswertung und Angabe der Ergebnisse der Emissionsmessungen erfolgt im Wesentlichen nach Richtlinie 97/68/EG. Da die Verwendung von Rapsölkraftstoff als Prüfkraftstoff nicht vorgesehen ist und aufgrund der Anwendung alternativer Messmethoden am Prüfstand des TFZ, sind zum Teil alternative Berechnungsmethoden anzuwenden. Die von der Richtlinie abweichenden Berechnungsmethoden werden im Folgenden beschrieben.

### Berechnung des Abgasmassenstromes

Nach Anhang III Anlage 1 Abschnitt 1.2.5 der Richtlinie 97/68/EG kann der Abgasmassenstrom über die Messung des Luftdurchsatzes und des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses berechnet werden. Abweichend davon wird für die Bestimmung des Abgasmassenstromes je Prüfphase am Prüfstand des Technologie- und Förderzentrums (TFZ) anstelle des Luftdurchsatzes der Kraftstoffdurchsatz herangezogen.

Der Abgasmassenstrom berechnet sich nach folgender Formel:

$$G_{EXHW} = G_{FUEL} \cdot \left( 1 + \lambda \cdot \frac{A}{F_{St}} \cdot \left( 1 + \frac{H_a}{1000} \right) \right)$$

$G_{EXHW}$	Abgasmassenstrom, feucht [kg/h]
$G_{FUEL}$	Kraftstoffmassenstrom (Mittelwert je Prüfphase) [kg/h]
$\lambda$	Relatives-Luft-Kraftstoff-Verhältnis
$A/F_{St}$	Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis [kg Luft/kg Kraftstoff]
$H_a$	absolute Feuchtigkeit der Ansaugluft [g H <sub>2</sub> O/kg Luft]

Das stöchiometrische Luft-Kraftstoff-Verhältnis beträgt für Dieselkraftstoff 14,5 kg Luft pro kg Kraftstoff [6]. Für Rapsölkraftstoff sind in der Richtlinie keine Angaben zum stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis genannt, daher wurde dieses anhand der Elementarzusammensetzung nach folgender Formel berechnet:

$$\frac{A}{F_{St}} = \left( \frac{\left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} - \frac{O}{32} \right) \cdot \frac{kmol O_2}{kg Rapsöl}}{0,21 \cdot \frac{kmol O_2}{kmol Luft}} \right) \cdot M_{Air}$$

$A/F_{St}$	Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis [kg Luft/kg Kraftstoff]
$C$	Gravimetrischer Kohlenstoffanteil im Rapsölkraftstoff
$H$	Gravimetrischer Wasserstoffanteil im Rapsölkraftstoff
$S$	Gravimetrischer Schwefelanteil im Rapsölkraftstoff
$O$	Gravimetrischer Sauerstoffanteil im Rapsölkraftstoff
$M_{Air}$	molare Masse der Luft; 28,9626 [kg/kmol]

Für Rapsölkraftstoff ergibt sich ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis von 12,49 kg Luft pro kg Kraftstoff.

Das relative Luft-Kraftstoff-Verhältnis  $\lambda$  kann für Dieselkraftstoff anhand der Richtlinie aus den Konzentrationen von Kohlenstoffdioxid (CO<sub>2</sub>), Kohlenstoffmonoxid (CO) und Kohlenwasserstoff (HC) berechnet werden. Zur Berechnung des relativen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses von Rapsölkraftstoff werden in der Richtlinie keine Angaben gemacht. Zur Bestimmung von  $\lambda$  für die Emissionsmessungen mit Rapsölkraftstoff findet eine zweimalige Kohlenstoffbilanz, unter Berücksichtigung einer unvollständigen Verbrennung (Kohlenwasserstoffe (HC) werden vernachlässigt), nach folgenden Formeln Anwendung:

$$\lambda = 1 + \frac{V_{\min t}}{A / F_{St}} \cdot \left( \frac{CO_{2\max t}}{CO_{2t} + CO_t} - 1 \right)$$

$\lambda$	Relatives-Luft-Kraftstoff-Verhältnis
$V_{\min t}$	Mindestabgasvolumen bei vollständiger Verbrennung ohne Luftüberschuss, trocken [m <sup>3</sup> Abgas/kg Rapsölkraftstoff]
$A/F_{St}$	Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis [kg Luft/kg Kraftstoff]
$CO_{2\max t}$	maximale CO <sub>2</sub> -Konzentration im Abgas bei vollständiger Verbrennung ohne Luftüberschuss, trocken [m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> Abgas]
$CO_{2t}$	CO <sub>2</sub> -Konzentration im Abgas, trocken [m <sup>3</sup> CO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> Abgas]
$CO_t$	CO-Konzentration im Abgas, trocken [m <sup>3</sup> CO/m <sup>3</sup> Abgas]

$$V_{\min t} = \frac{C}{12} \cdot \frac{\text{kmol CO}_2}{\text{kg Rapsöl}} \cdot V_{mnCO_2} + \frac{S}{32} \cdot \frac{\text{kmol SO}_2}{\text{kg Rapsöl}} \cdot V_{mnSO_2} + 0,79 \cdot \frac{A / F_{St}}{\rho_{Luft,n}} \cdot V_{mnN_2}$$

$V_{\min t}$	Mindestabgasvolumen bei vollständiger Verbrennung ohne Luftüberschuss, trocken [m <sup>3</sup> Abgas/kg Rapsölkraftstoff]
$C$	Gravimetrischer Kohlenstoffanteil im Rapsölkraftstoff
$S$	Gravimetrischer Schwefelanteil im Rapsölkraftstoff
$V_{mnCO_2}$	Molares Normvolumen CO <sub>2</sub> ; 22,264 [m <sup>3</sup> /kmol]
$V_{mnSO_2}$	Molares Normvolumen SO <sub>2</sub> ; 21,876 [m <sup>3</sup> /kmol]
$V_{mnN_2}$	Molares Normvolumen N <sub>2</sub> ; 22,403 [m <sup>3</sup> /kmol]
$A/F_{St}$	Stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis [kg Luft/kg Kraftstoff]
$\rho_{Luft,n}$	Normdichte von Luft, trocken; 1,293 [kg/m <sup>3</sup> ]

$$CO_{2max t} = \frac{C \cdot \frac{kmol CO_2}{kg Rapsöl} \cdot V_{mCO_2}}{V_{min t}}$$

$CO_{2max t}$	maximale $CO_2$ -Konzentration im Abgas bei vollständiger Verbrennung ohne Luftüberschuss, trocken [ $m^3 CO_2/m^3$ Abgas]
$C$	Gravimetrischer Kohlenstoffanteil im Rapsölkraftstoff
$V_{mCO_2}$	Molares Normvolumen $CO_2$ ; 22,264 [ $m^3/kmol$ ]
$V_{min t}$	Mindestabgasvolumen bei vollständiger Verbrennung ohne Luftüberschuss, trocken [ $m^3$ Abgas/kg Rapsölkraftstoff]

### Umrechnung der gasförmigen Abgaskomponenten $CO$ und $NO_x$ vom trockenen in den feuchten Bezugszustand

Die gasförmigen Abgaskomponenten  $CO$  und  $NO_x$  werden bezogen auf das trockene Abgas gemessen. Die Umrechnung erfolgt nicht anhand der für Dieselmotorkraftstoff spezifischen Umrechnung nach Richtlinie mit Hilfe des  $CO$  und  $CO_2$  Gehaltes. Durch die zusätzliche Messung des Wassergehaltes im Abgas kann die Umrechnung brennstoffunabhängig anhand folgender Formel durchgeführt werden:

$$X_f = \frac{X_t \cdot 100 - H_2O}{100}$$

$X_f$	Konzentration der Abgaskomponente X bezogen auf feuchtes Abgas [ $m^3/m^3$ ]
$X_t$	Konzentration der Abgaskomponente X bezogen auf trockenes Abgas [ $m^3/m^3$ ]
$H_2O$	Wassergehalt des Abgases [Vol.-%]

Alle weiteren Berechnungen werden nach den Vorgaben der Richtlinie 97/68/EG durchgeführt.



## 5 Ergebnisse

### 5.1 Ereignisse während des Untersuchungszeitraums

#### Deutz Fahr Agrotron TTV 1160

Der Deutz Fahr Agrotron TTV 1160 wurde zu Untersuchungsbeginn neu beschafft und war vom 08.09.2005 bis zum 29.04.2008 im Einsatz. Dabei absolvierte dieser 1.771 Betriebsstunden (Bh) (Abbildung 12). Die Datenaufzeichnung umfasste einen Zeitraum von ca. 1.150 Bh, Unterbrechungen des Kurvenverlaufs markieren Datenausfälle der kontinuierlichen Betriebsdatenerfassung. Der Betrieb erfolgte anfänglich mit Dieselmotorkraftstoff, um die generelle Funktionstüchtigkeit zu prüfen. Am 12.04.2006 erfolgte bei 256 Bh die Umrüstung auf Rapsölmotorkraftstoff. Seitdem wurde der Traktor mit Ausnahme des Winterbetriebs und der Emissionsmessungen, die mit Dieselmotorkraftstoff durchgeführt wurden, ausschließlich mit Rapsölmotorkraftstoff betrieben. Die gesamte getankte Rapsölmenge betrug etwa 20.000 l.

Es erfolgten mehrere wiederkehrende Emissionsmessungen, so am 22.03.2006 mit Dieselmotorkraftstoff unmittelbar vor der Umrüstung und am 19.04.2006 bei 263 bzw. 269 Bh nach der Umrüstung mit Diesel- und Rapsölmotorkraftstoff. Weitere Emissionsmessungen wurden am 07.03.2007 bei 863 Bh vor und am 26.03.2007 nach einer Motorbefundung mit Düsenwechsel und einer Einspritzdruckerhöhung durchgeführt. Ab 23.05.2007 erfolgte eine weitere Emissionsmessungskampagne. Die abschließenden Emissionsmessungen mit dem Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 fanden ab dem 05.12.2007 bei etwa 1.520 Bh statt.

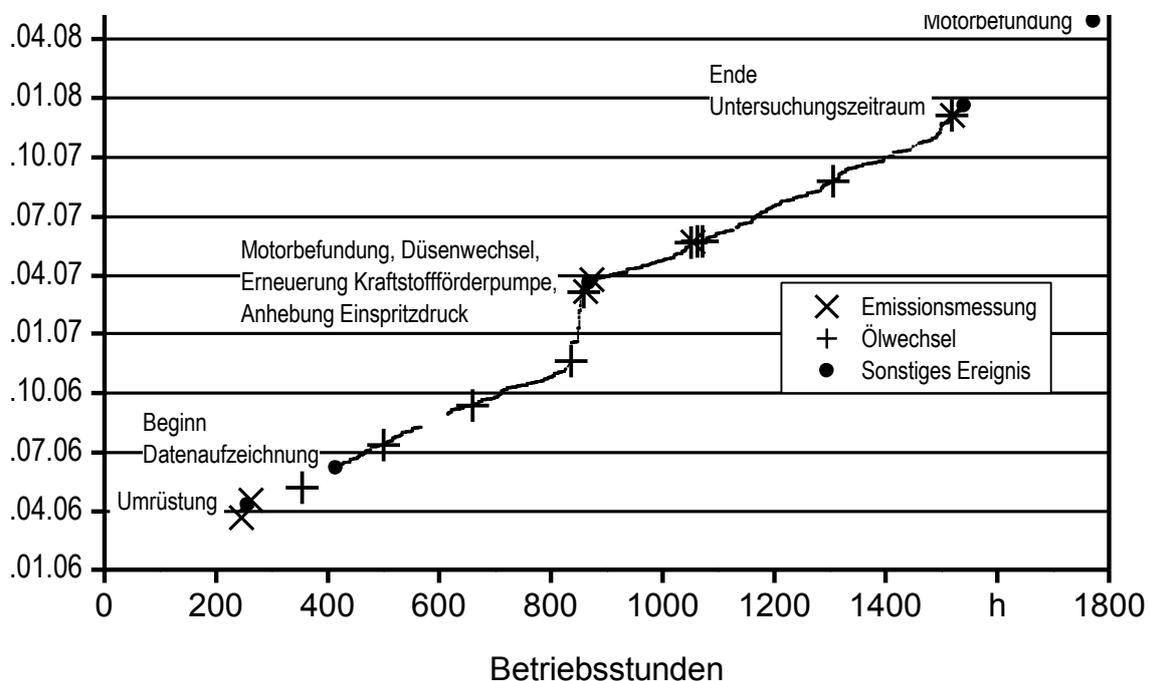


Abbildung 12: Datum und Betriebsstunden von Emissionsmessungen, Ölwechseln und sonstigen Ereignissen während des Untersuchungszeitraums mit dem Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160

Während des Beobachtungszeitraums wurden 10 Motorölwechsel durchgeführt. Die Länge der Ölwechselintervalle richtete sich nach den Analyseergebnissen der regelmäßig gezogenen Ölproben. Unabhängig davon wurden vor den Emissionsmessungen Ölwechsel vorgenommen, um einen wechselnden Einfluss des Motoröls auf die Schadstoffkonzentrationen im Abgas ausschließen zu können.

Eine Motorbefundung wurde bei 868 Bh am 21.03.2007 und zum Abschluss der Untersuchungen am 29.04.2007 bei 1.771 Betriebsstunden durchgeführt. Im Zuge der ersten Motorbefundung wurden auch die Einspritzdüsen gewechselt, um den Einfluss dieser Maßnahme auf die Emissionen zu ermitteln.

Im März 2007 wurde bei der Leistungsprüfung im Rahmen der Emissionsmessungen eine Minderleistung durch zu gering eingespritzte Kraftstoffmengen wechselweise an verschiedenen Zylindern infolge eines zu geringen Kraftstoffvordrucks festgestellt. Zur Behebung der Störung wurden die Kraftstoffförderpumpe sowie das Kraftstoffdruckregelventil erneuert.

#### Fendt Farmer Vario 412

Der Fendt Farmer Vario 412 war während des Untersuchungszeitraums vom 21.04.2006 bis zum 08.04.2008 insgesamt 1364 Bh im Einsatz (Abbildung 13).

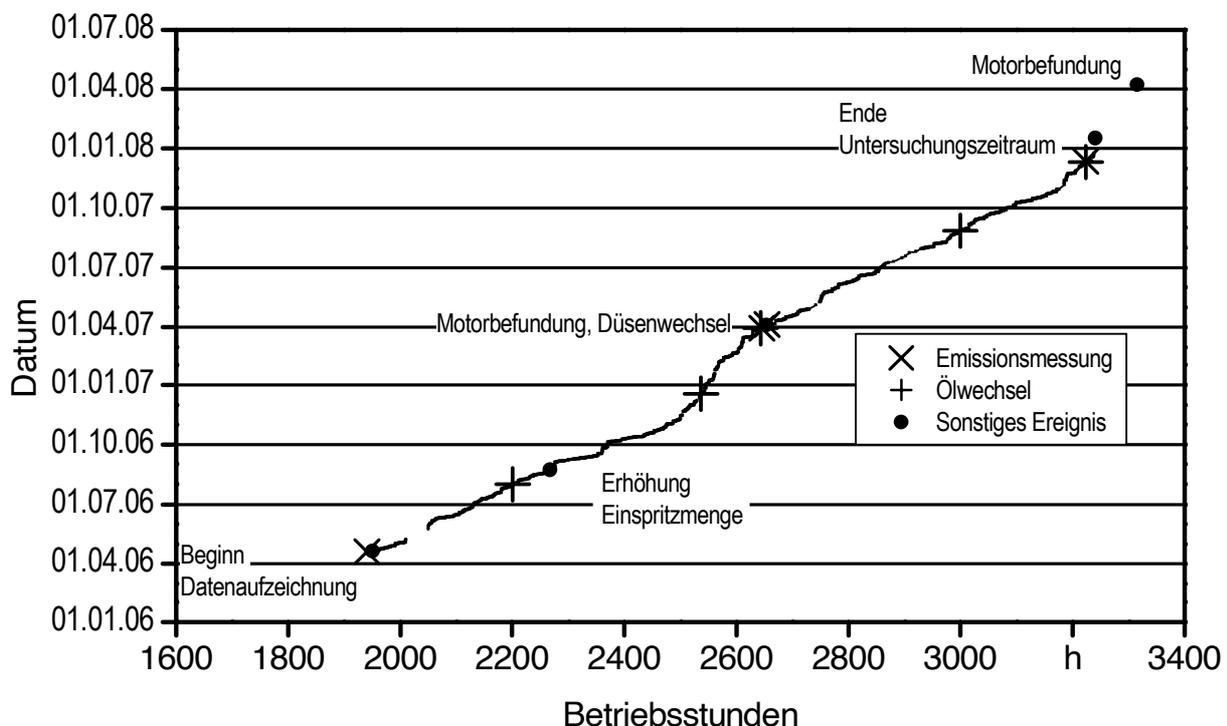


Abbildung 13: Datum und Betriebsstunden von Emissionsmessungen, Ölwechseln und sonstigen Ereignissen während des Untersuchungszeitraums mit dem Fendt Farmer Vario 412

Die Umrüstung erfolgte im Neuzustand etwa 1.950 Bh vor Beginn der Untersuchungen. Der Traktor wurde ausschließlich mit Rapsölkraftstoff betrieben. Ausnahme waren lediglich die Emissionsmessungen mit Dieselmotorkraftstoff und gelegentliche Dieselmischungen im Winterbetrieb. Die Emissionsmessreihen fanden am 20.04.2006 bei 1.940 Bh, ab 30.03.2007 bei 2.645 Bh, ab 04.04.2007 bei 2.655 Bh und abschließend ab 11.12.2007 bei 3.224 Bh statt.

Die fünf Ölwechsel erfolgten wie beim Deutz-Fahr Traktor aufgrund von den Ergebnissen regelmäßiger Motorölanalysen sowie vor jeder Emissionsmesskampagne. Die Motorbefundungen wurden am 30.04.2007 sowie abschließend am 08.04.2008 durchgeführt. Bei der ersten Motorbefundung erfolgte auch ein Einspritzdüsenwechsel. Die Motorleistung wurde am 24.08.2006 bei 2.267 Betriebsstunden nach Rücksprache mit der Vertragswerkstätte durch eine Erhöhung der Einspritzmenge angehoben. Sonstige über die standardmäßigen Wartungsarbeiten hinaus gehende Reparaturen oder Änderungen wurden am Fendt-Traktor nicht vorgenommen. Abgesehen von den Emissionsmessungen und der Erneuerung der Einspritzdüsen im Rahmen des Untersuchungsvorhabens entsprachen alle Einsatzbedingungen der beiden Traktoren den üblichen landwirtschaftlichen Praxisbedingungen.

## 5.2 Traktorarbeiten während des Praxiseinsatzes

### Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

Die Arbeiten, die mit dem Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums hauptsächlich durchgeführt wurden, sind in Abbildung 14 entsprechend ihres Anteils an den Gesamteinsatzstunden dargestellt. Am häufigsten erfolgte demnach mit 33 % das Ausbringen von Gülle, gefolgt von der Grundbodenbearbeitung mit 21 %. Auf Transportfahrten, Saatbettbereitung und Mähen entfielen jeweils etwa 14 bis 15 % aller Betriebsstunden.

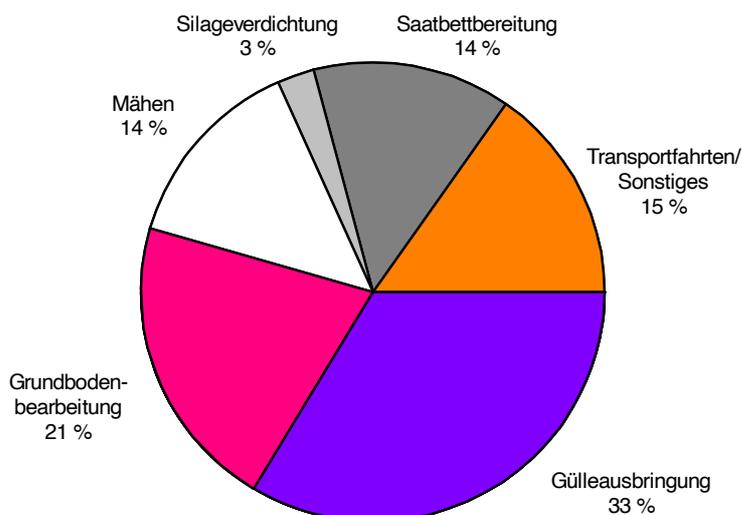


Abbildung 14: Anteil der Arbeiten mit dem Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 am LVFZ Kringell bezogen auf die Gesamtbetriebsstunden im Beobachtungszeitraum

### Fendt Farmer Vario 412

Wie aus Abbildung 15 hervorgeht, waren die am häufigsten durchgeführten Arbeiten mit dem Fendt Farmer Vario ebenfalls die Gülleausbringung und Grundbodenbearbeitung. Zu je ca. 13 % wurde der Traktor zum Transport, Mähen, Wenden bzw. Schwaden sowie zur Pflege eingesetzt.

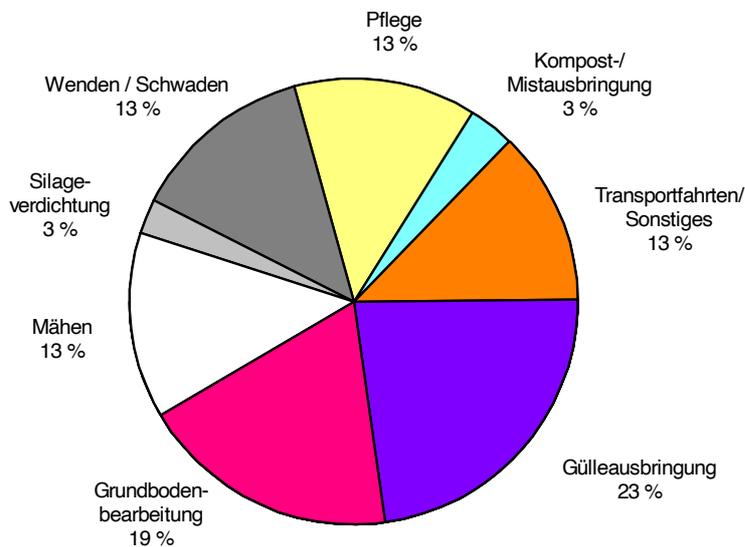


Abbildung 15: Anteil der Arbeiten mit dem Fendt Farmer Vario 412 am LVFZ Kringell bezogen auf die Gesamtbetriebsstunden im Beobachtungszeitraum

## 5.3 Kontinuierlich erfasste Betriebsdaten

In den nachfolgenden Abbildungen werden die Betriebsdaten der beiden Traktoren, die kontinuierlich erfasst wurden, dargestellt. Dazu wurden die erfassten Zustände in Klassen eingeteilt und deren Häufigkeit ermittelt. Die Anzahl aller zugrunde gelegten Messwerte wird mit  $n$  angegeben und gibt zusammen mit dem Aufzeichnungsintervall Aufschluss über die tatsächlich erfassten Betriebsstunden, welche sich aus dem Zeitraum der Datenaufzeichnung abzüglich der Datenausfälle ergeben. Die Häufigkeitsverteilung weiterer Betriebsdaten, wie z. B. die Abgastemperaturen an den einzelnen Zylindern sind in Anhang 1 bis Anhang 17 aufgeführt.

### 5.3.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

Der Betrieb des Deutz-Fahr Traktors erfolgte, wie in Abbildung 16 zu sehen ist, zu 20 % bei Vollastbedingungen (90 bis 100 % Last). Schwachlastbetrieb bis zu 20 % der Vollast schlug mit 30 % zu Buche. Die andere Hälfte der Betriebszeit entfiel auf Teillastbetrieb zwischen 20 und 90 % der Last.

Die Häufigkeit einzelner Betriebspunkte im Motorleistungs-Kennfeld ist in Abbildung 17 dargestellt. Die Zuordnung der erfassten Betriebszustände zu den Phasen 1 bis 8, die den 8-Phasen-Zyklus nach Richtlinie 97/68/EG (Kapitel 4.5.2) definieren, erfolgte nach den in Tabelle 17 dar-

gestellten Kriterien. Der Betrieb des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 erfolgte überwiegend unter den Phasen 1 bis 3 (100, 75 und 50 % Last bei Nenndrehzahl) sowie der Phase 8 (Leerlauf) zuordenbaren Betriebsbedingungen. Diese vier Betriebsphasen werden auch bei der Abgasprüfung gemäß 97/68/EG mit jeweils 15 % stärker gewichtet als die Phasen 4 (10 % Last bei Nenndrehzahl) sowie 5 bis 7 (100, 75 und 50 % Last bei Zwischendrehzahl), die mit jeweils 10 % gewichtet werden. Somit bildet der Acht-Phasen-Zyklus bei den Emissionsmessungen sehr gut den tatsächlichen Motorbetrieb des untersuchten Traktors ab.

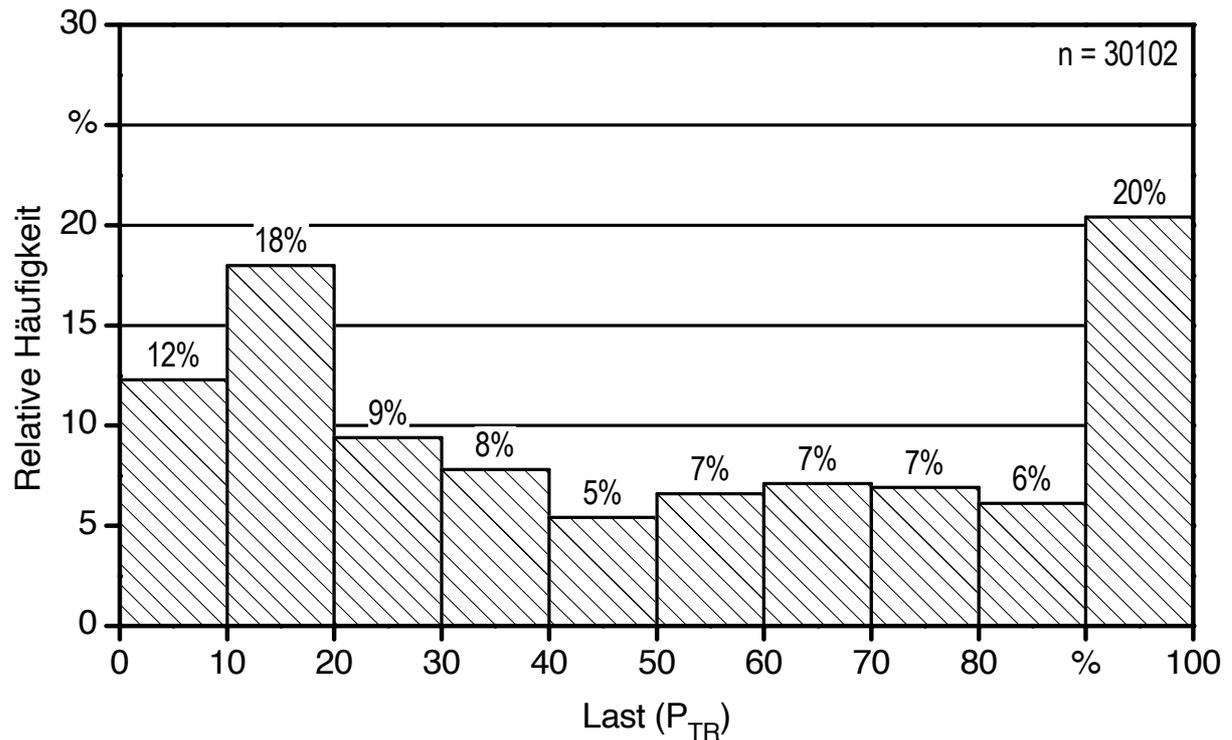


Abbildung 16: Häufigkeitsverteilung der Motorlast während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 1085 Bh

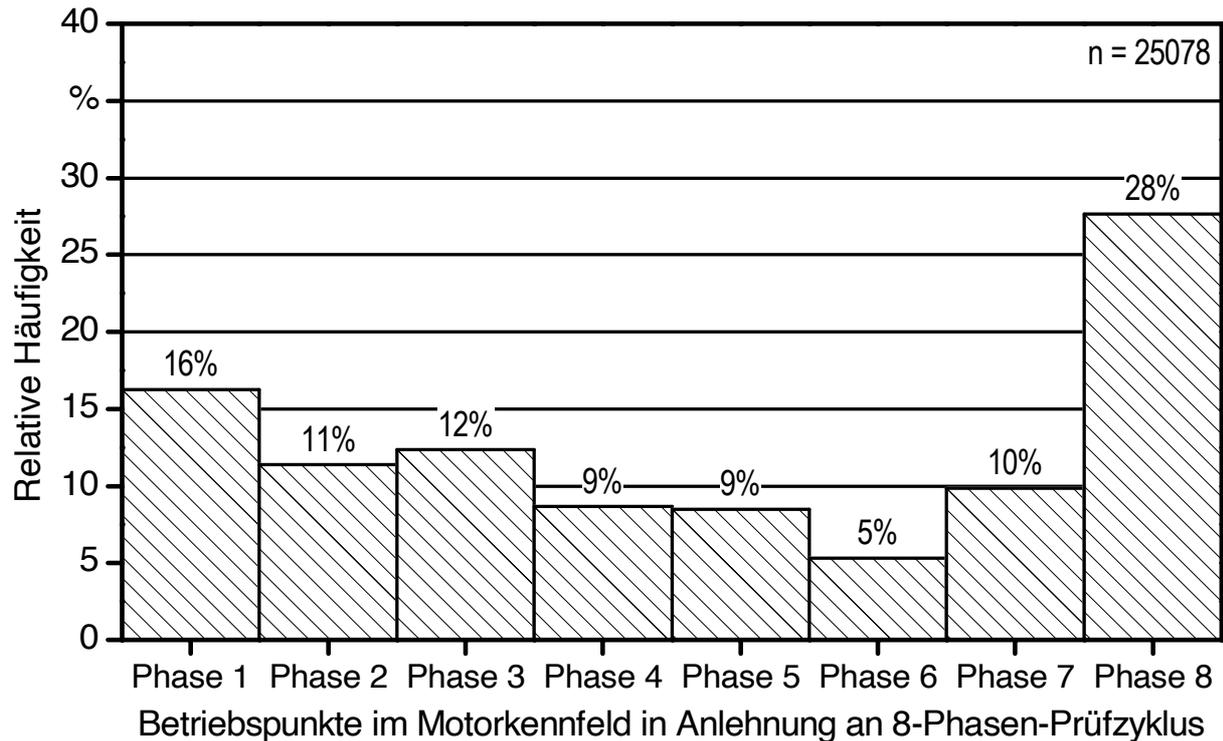


Abbildung 17: Häufigkeitsverteilung der Betriebspunkte im Motorkennfeld nahe den Prüfphasen des 8-Phasen Zyklus gemäß EU-Nonroad -Richtlinie 97/68/EG während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 900 Bh

Tabelle 17: Zuordnungskriterien der erfassten Betriebszustände zu den Betriebspunkten 1 bis 8 nach Richtlinie 97/68/EG

Lastpunkt	Drehzahl [ $\text{min}^{-1}$ ]	Lastsignal [%]
1	>1750	$\geq 90$
2	>1750	$\geq 70 - 90$
3	>1750	$\geq 45 - 70$
4	>1750	0 - 45
5	1100 - 1750	$\geq 88$
6	1100 - 1750	$\geq 65 - 88$
7	1100 - 1750	0 - 65
8	$\leq 1100$	beliebig

Aus Abbildung 18 ist die Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur während des Untersuchungszeitraums zu ersehen. Diese lag zu nahezu 80 % über 70 °C, hauptsächlich zwischen 80 und 90 °C. Daraus lässt sich ableiten, dass der Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während seiner Einsätze meist Betriebstemperaturniveau erreichen konnte und nicht übermäßig viele Kaltstarts erfolgten.

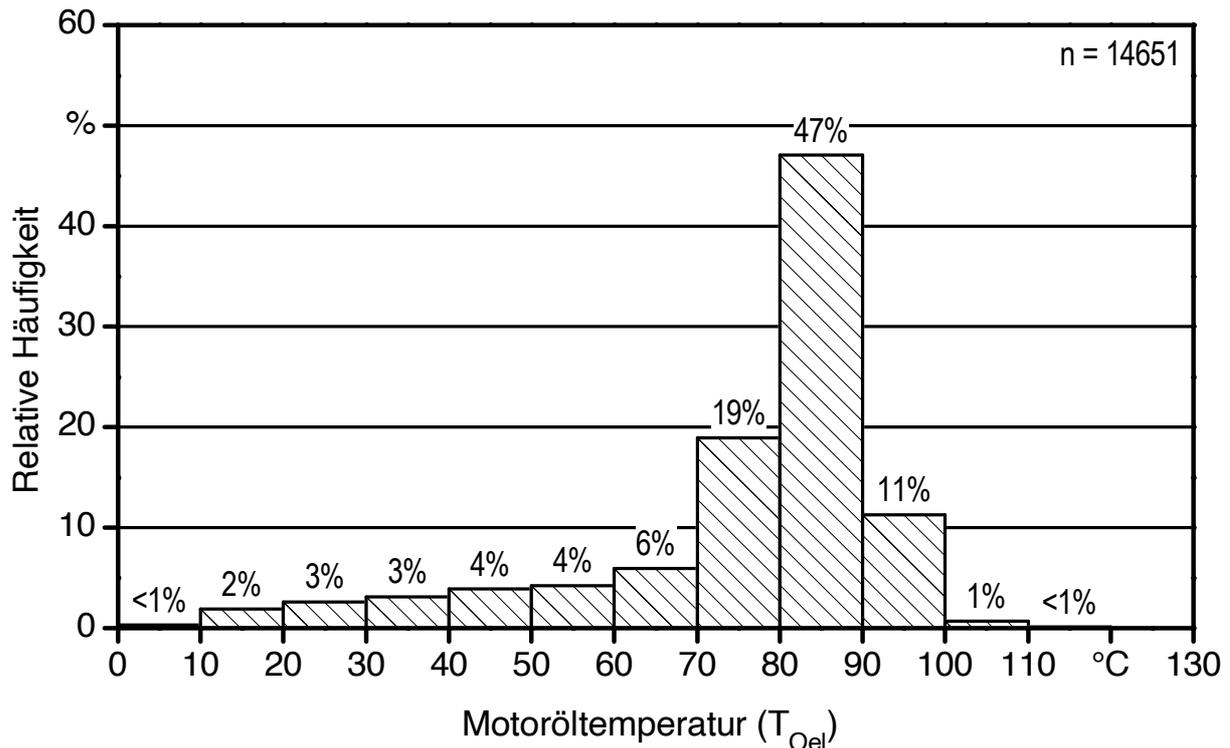


Abbildung 18: Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 über ca. 500 Bh

Die Kraftstofftemperatur im Tank des Deutz-Fahr Traktors betrug gemäß Abbildung 19 während eines Viertels des erfassten Zeitraums von 605 Bh zwischen 50 und 55 °C. In weiteren 40 % der Betriebsstunden waren die Rapsölkraftstofftemperaturen im Tank mit 35 bis 50 °C ebenfalls sehr hoch. Da bei diesen hohen Temperaturen die Alterung des Rapsöls sehr schnell voran schreiten kann, sollte der Tank von Zeit zu Zeit, zumindest aber vor längeren Stillstandzeiten möglichst leer gefahren werden, bevor er wieder mit frischem Kraftstoff betankt wird.

Die hohen Rapsöltemperaturen im Tank ergeben sich durch die Erwärmung des Kraftstoffs im Kraftstoffsystem an Pumpen, die Vorwärmung des Kraftstoffs im Filterkopf sowie durch die weitere Erwärmung des Kraftstoffs im Vor- und Rücklauf durch den Zylinderkopf. Der so aufgeheizte Kraftstoff gelangt zusammen mit dem Lecköl der Düsen über den Kraftstoffkühler wieder zurück in den Tank. Abbildung 20 zeigt, dass die Temperatur des Kraftstoffs an der Einspritzleitung drei Viertel der Betriebszeit über 55 °C beträgt und Temperaturspitzen bis zu 85 °C erreicht werden. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass bei dieser Messgröße die äußeren Störeinflüsse vergleichsweise größer sind als bei anderen Parametern, weil die Temperatur durch einen Anlegefühler an der Einspritzleitung erfasst wurde (Kapitel 4.2).

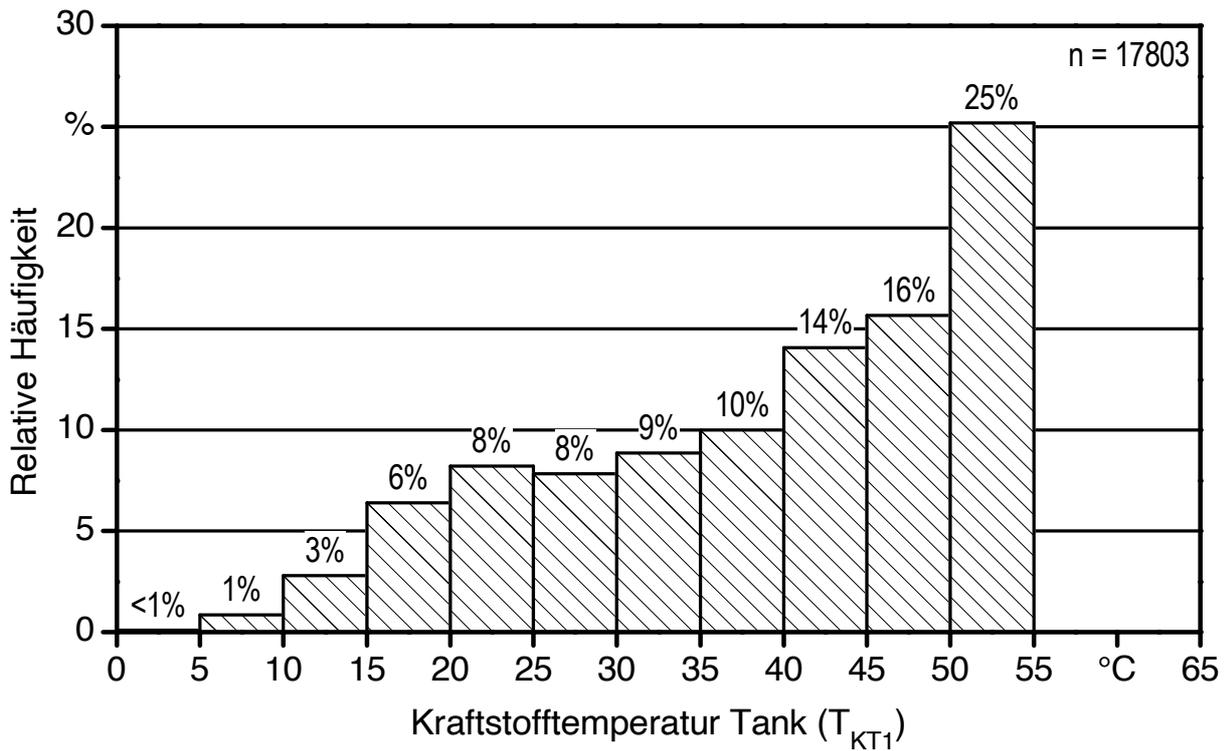


Abbildung 19: Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur im Tank während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrotion TTV 1160 über ca. 605 Bh

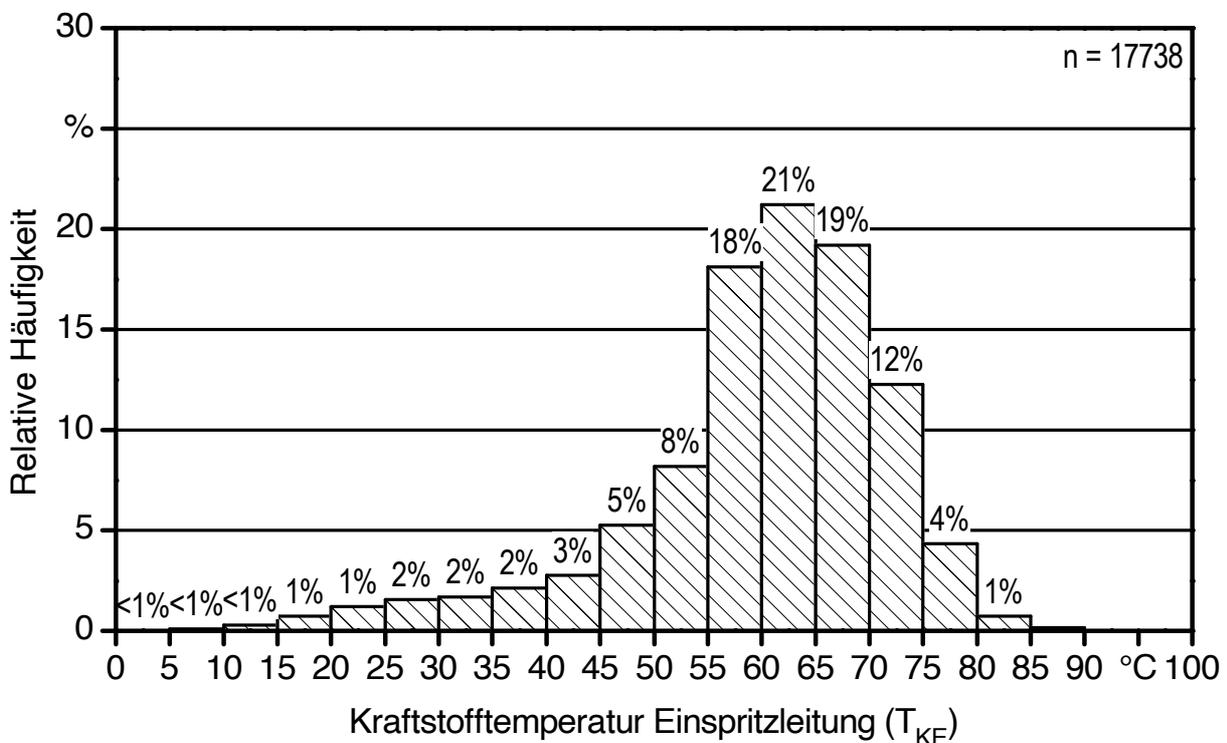


Abbildung 20: Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur an der Einspritzleitung während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrotion TTV 1160 über ca. 600 Bh

Der Kraftstoffverbrauch während des Betriebs umfasste, wie in Abbildung 21 zu sehen ist, eine weite Spanne zwischen 0 und 38 l/h. Erwartungsgemäß sind geringe Kraftstoffverbräuche bis zu 4 l/h wie sie bei Leerlaufbetrieb auftreten am häufigsten. Der mittlere Kraftstoffverbrauch betrug in etwa 16 l/h. Hier dargestellt sind die vom Steuergerät berechneten und ausgegebenen Werte. Durch den Vergleich des gravimetrisch ermittelten Kraftstoffverbrauchs während der Emissionsmessungen mit den vom Steuergerät ausgegebenen Werten ergibt sich ein Faktor von 0,92 mit dem die Werte vom Steuergerät zu multiplizieren sind, um den realen Kraftstoffverbrauch im Rapsölbetrieb zu erhalten.

Abbildung 22 zeigt, dass der Deutz-Fahr Traktor mit etwa 70 % überwiegend bei gemäßigten Umgebungstemperaturen zwischen 15 und 35 °C eingesetzt wurde. Winterbetrieb um oder unter dem Gefrierpunkt fand kaum statt.

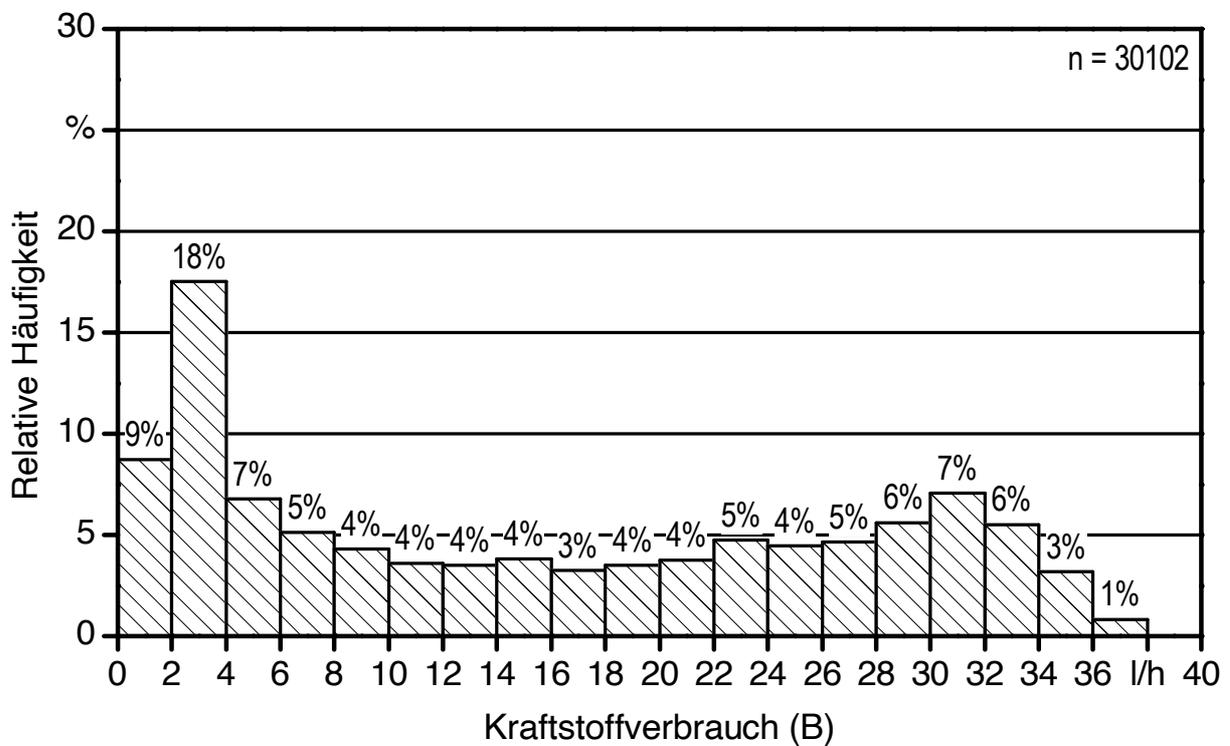


Abbildung 21: Häufigkeitsverteilung des Kraftstoffverbrauchs während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 über ca. 1.085 Bh

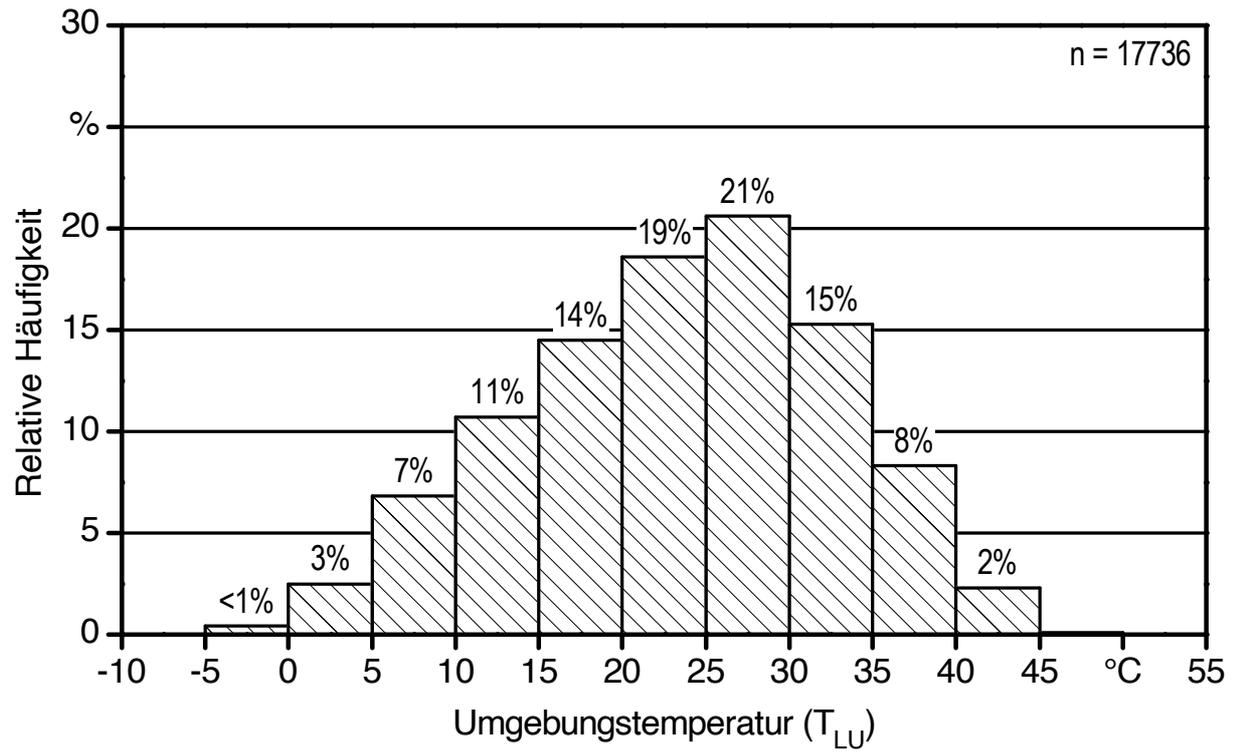


Abbildung 22: Häufigkeitsverteilung der Umgebungstemperatur während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrotion TTV 1160 über ca. 600 Bh

### 5.3.2 Fendt Farmer Vario 412

Die Motoröltemperatur des Fendt-Traktors betrug zu mehr als 86 % über 70 °C (Abbildung 23). Dieser erreichte somit, wie auch der Deutz-Fahr Traktor, meist Betriebstemperatur. Allerdings lagen die Motoröltemperaturen beim Fendt Farmer Vario etwa um 10 K höher als beim Deutz Agrotron, was zum einen auf die Messstelle, welche beim Fendt näher am Motor lag, zum anderen auf die unterschiedliche Motorauslegung und Motorölmengen der beiden Traktoren zurückzuführen ist. In über der Hälfte der Betriebsstunden wurden Werte zwischen 90 und 100 °C ermittelt. Teilweise stieg die Temperatur sogar auf bis zu 120 °C an.

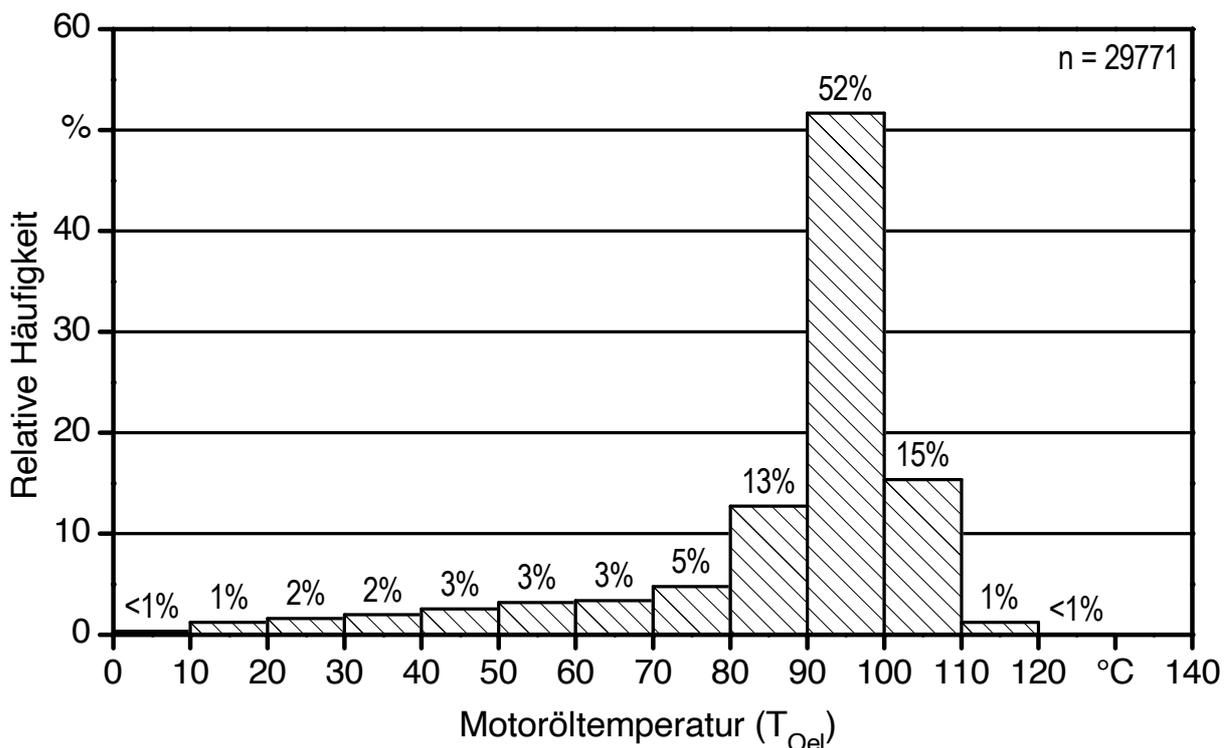


Abbildung 23: Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1095 Bh

Abbildung 24 zeigt, dass die Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur im Tank beim Fendt Farmer Vario ein ähnliches Bild aufweist wie beim Deutz-Fahr Traktor. Auch hierbei lagen die Werte überwiegend über 35 °C. Die Kraftstofftemperaturen an den Einspritzleitungen betragen dagegen etwa 20 K mehr als beim Deutz-Fahr Traktor (Abbildung 25). Ursache dafür ist, dass beim Fendt ein deutlich größerer Kraftstoffstrom im Kreis geführt wird und nur sehr wenig Kraftstoff wieder zurück in den Tank gelangt, wodurch sich dieser stärker aufheizen kann. Trotz der deutlich geringeren Rücklaufmenge in den Tank, ist aufgrund der höheren Temperatur des zurückströmenden Kraftstoffs ein ähnliches Temperaturniveau und damit auch ein ähnliches Alterungsverhalten des Kraftstoffs im Tank wie beim Deutz-Fahr Traktor zu erwarten. Somit gilt auch für den Fendt Farmer Vario, dass sich vor längeren Stillstandszeiten möglichst wenig vorgealterter Kraftstoff im Tank befinden sollte.

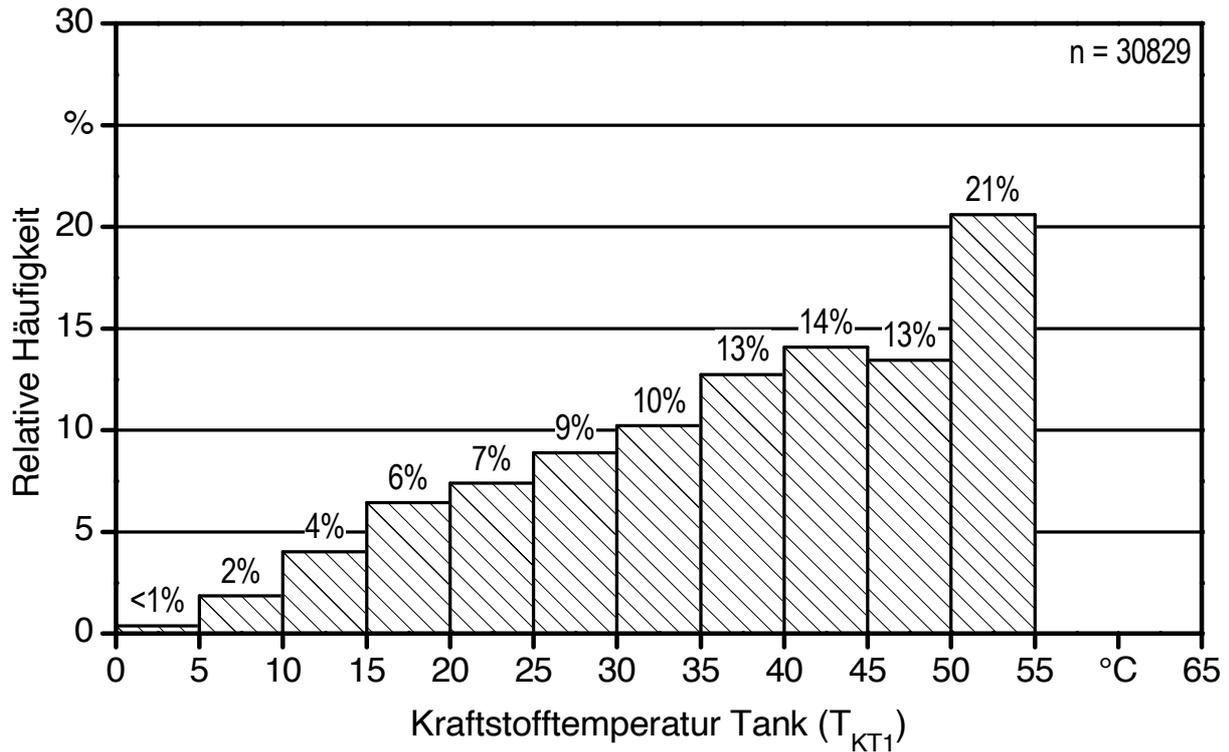


Abbildung 24: Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur im Tank während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1.130 Bh

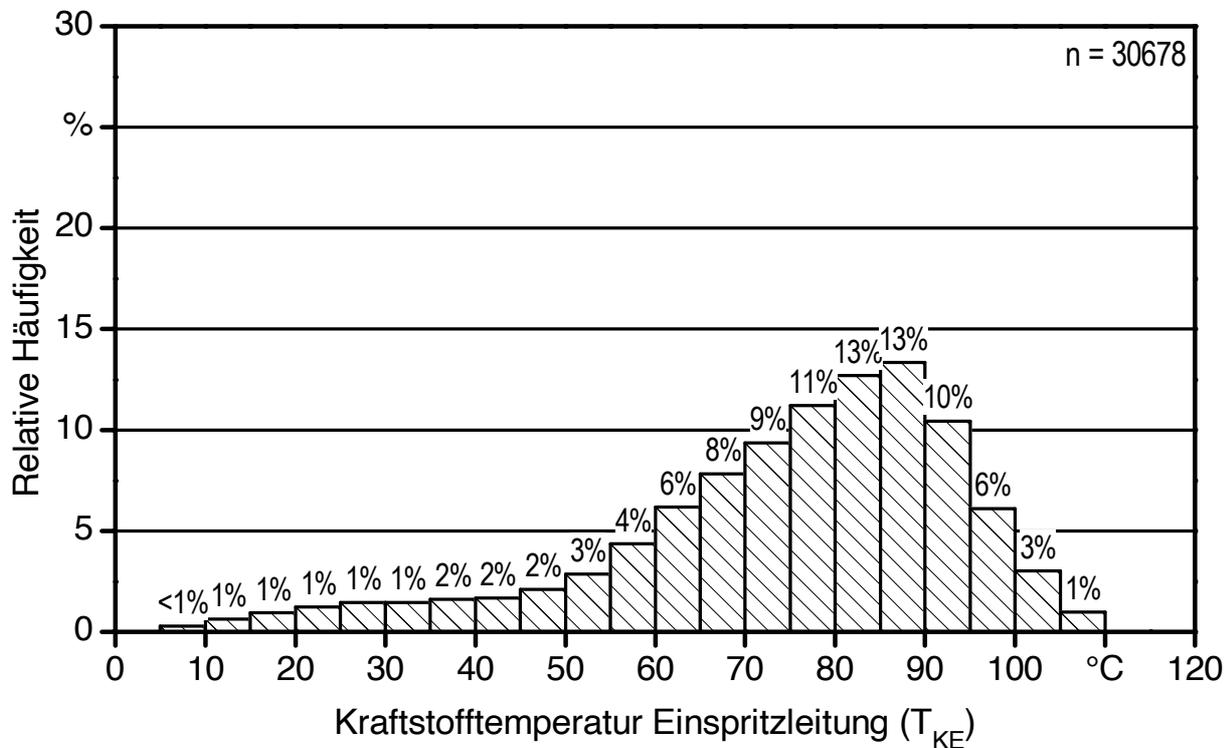


Abbildung 25: Häufigkeitsverteilung der Kraftstofftemperatur an der Einspritzleitung während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1125 Bh

Die Umgebungstemperaturen beim Betrieb des Fendt Farmer Vario entsprachen weitgehend denen des Deutz-Fahr Traktors mit einem Hauptanteil zwischen ca. 15 und 30 °C (Abbildung 26).

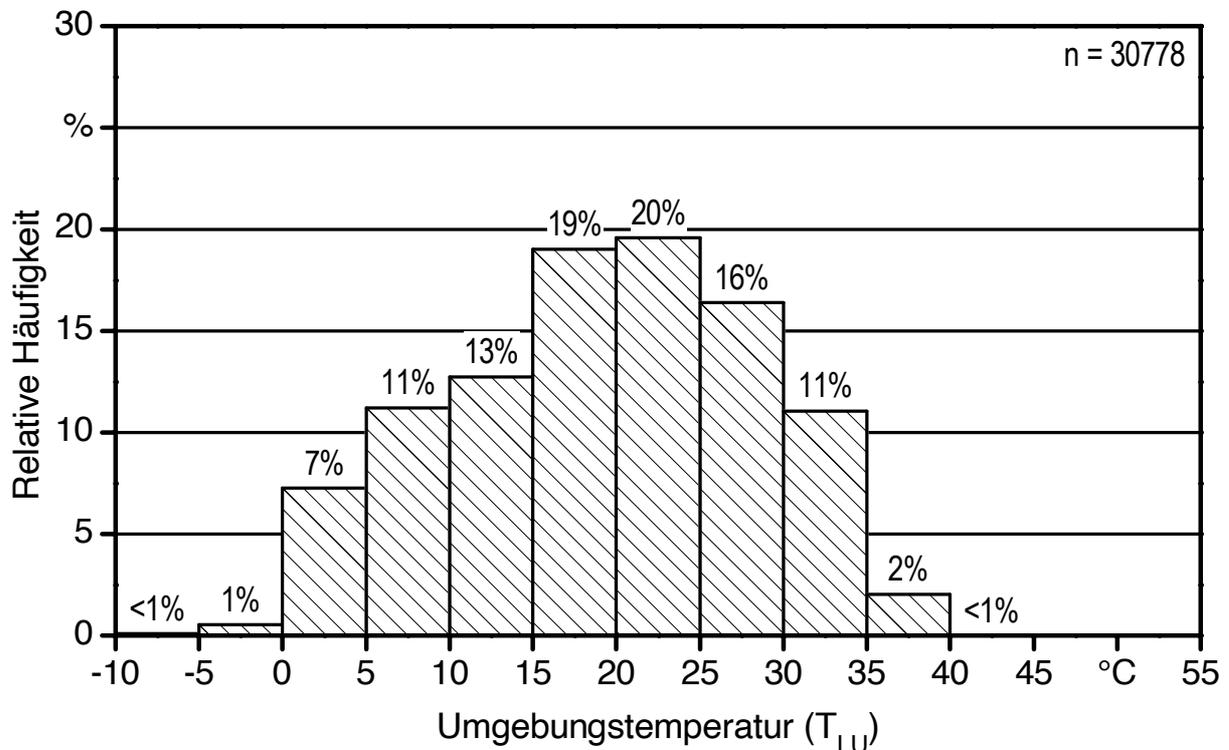


Abbildung 26: Häufigkeitsverteilung der Umgebungstemperatur während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1130 Bh

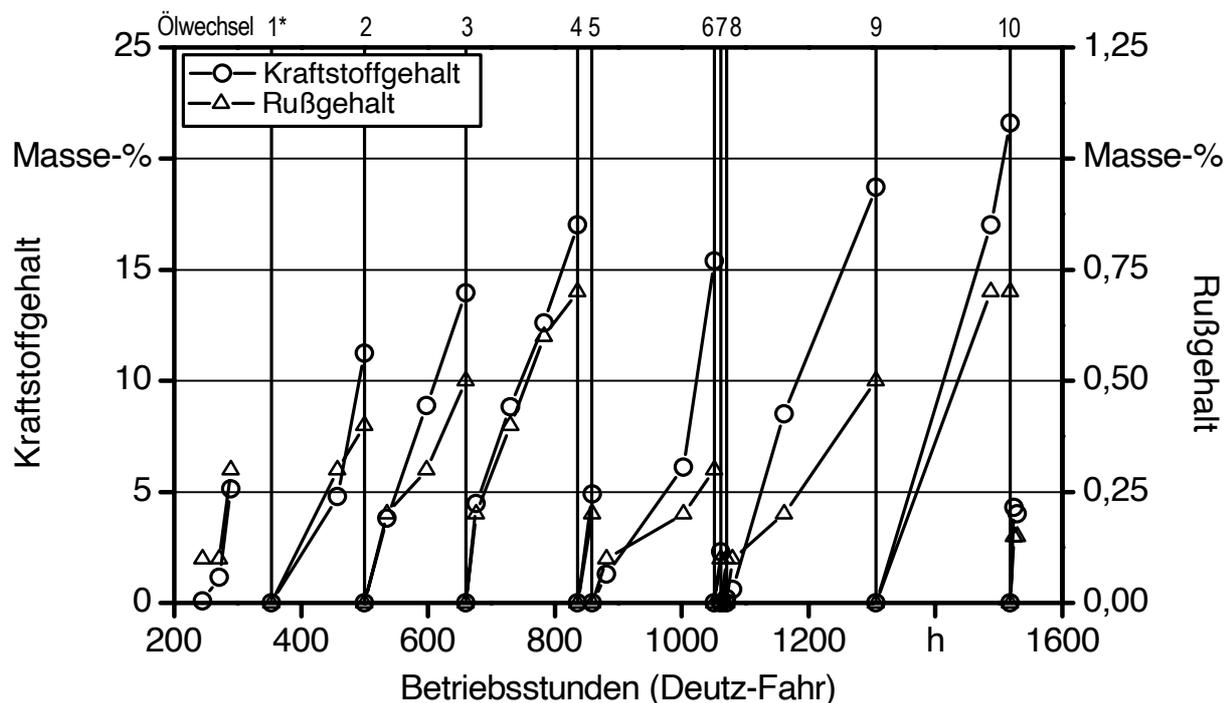
#### 5.4 Motorölqualität

Der Eintrag von Rapsölkraftstoff in das Motoröl und die Anreicherung darin führt zu einer Veränderung der Motorölviskosität und zur Verdünnung bzw. zur schnelleren Erschöpfung der Motoröladditive [31]. Damit das Motoröl Aufgaben wie Schmierung, Kühlung etc. im geforderten Maße erfüllen kann, müssen rechtzeitig Motorölwechsel stattfinden. Von den Umrüstern bzw. Herstellern von pflanzenöлтаuglichen Traktoren wird häufig generell (wie auch beim Einsatz von Biodiesel) eine Halbierung der Motorölstandzeit vorgegeben. Durch regelmäßige Motorölanalysen kann die Veränderung der Ölqualität im laufenden Betrieb überwacht und daraus bedarfsgerecht der Zeitpunkt der Ölwechsel bestimmt werden. Die Ölanalysen erfolgten im Labor des Schmierstoffherstellers Fuchs Schmierstoffe AG in Mannheim. Um den Kraftstoffgehalt im esterbasischen Motoröl bestimmen zu können, wurde eine spezielle Messmethode mittels Gaschromatographie angewandt.

Die Analysewerte aller während des Beobachtungszeitraums untersuchten Motorölproben sind für den Deutz-Fahr Traktor aus Anhang 18 sowie Anhang 19 und für den Fendt Traktor aus Anhang 22 und Anhang 23 zu entnehmen.

### 5.4.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

In Abbildung 27 sind die Gehalte an Kraftstoff und Ruß über die Ölwechselintervalle während des Betriebs des Deutz-Fahr Traktors dargestellt. Bis zu 354 Bh wurde der Traktor mit dem Motoröl Mobil Delvac MX 15W-40 betrieben. Danach wurde auf das esterbasische Motoröl BayWa Plantomot 5W-40 umgestellt. Die ansteigenden Kurvenverläufe nach jedem Ölwechsel zeigen deutlich den Anstieg des Kraftstoff- und Rußgehalts im Motoröl mit fortschreitenden Betriebsstunden bis zum nächsten Motorölwechsel. Der Rußgehalt erreichte innerhalb der betrachteten Motorölbetriebszeiten von bis zu ca. 250 h nur Konzentration bis zu 0,7 Masse-% und lag damit deutlich unterhalb des vom Schmierstoffhersteller empfohlenen Maximalwerts von 2 %.



\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

Abbildung 27: Gehalte an Kraftstoff und Ruß von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen

Die Abhängigkeit des Kraftstoffgehalts im Motoröl von den Motorölbetriebsstunden ist in Abbildung 28 zu sehen. Danach war während des Untersuchungszeitraums etwa alle 60 Betriebsstunden eine 5 %-ige Erhöhung des Kraftstoffgehalts im Motoröl feststellbar. Der vom Schmierstoffhersteller angegebene Richtwert für den maximalen Kraftstoffgehalt im Motoröl von 10 % wurde beim Deutz-Fahr Traktor bereits bei ca. 120 Bh erreicht. Die Streuung der Werte ergibt sich zum einen aus den in Abhängigkeit von den Betriebsbedingungen unterschiedlichen Mengen eingetragenen Kraftstoffs (Häufigkeit von Kaltstarts, Teillastbetrieb). Zum anderen können veränderte Rapsölkraftstoffmoleküle (z. B. durch Crackprozesse oder Polymerisation) mit dem Verfahren nicht detektiert werden. Daneben trägt auch die verfahrensbedingte Messunsicherheit der Prüfmethode (Gaschromatographie) zu den Werteschwankungen bei.

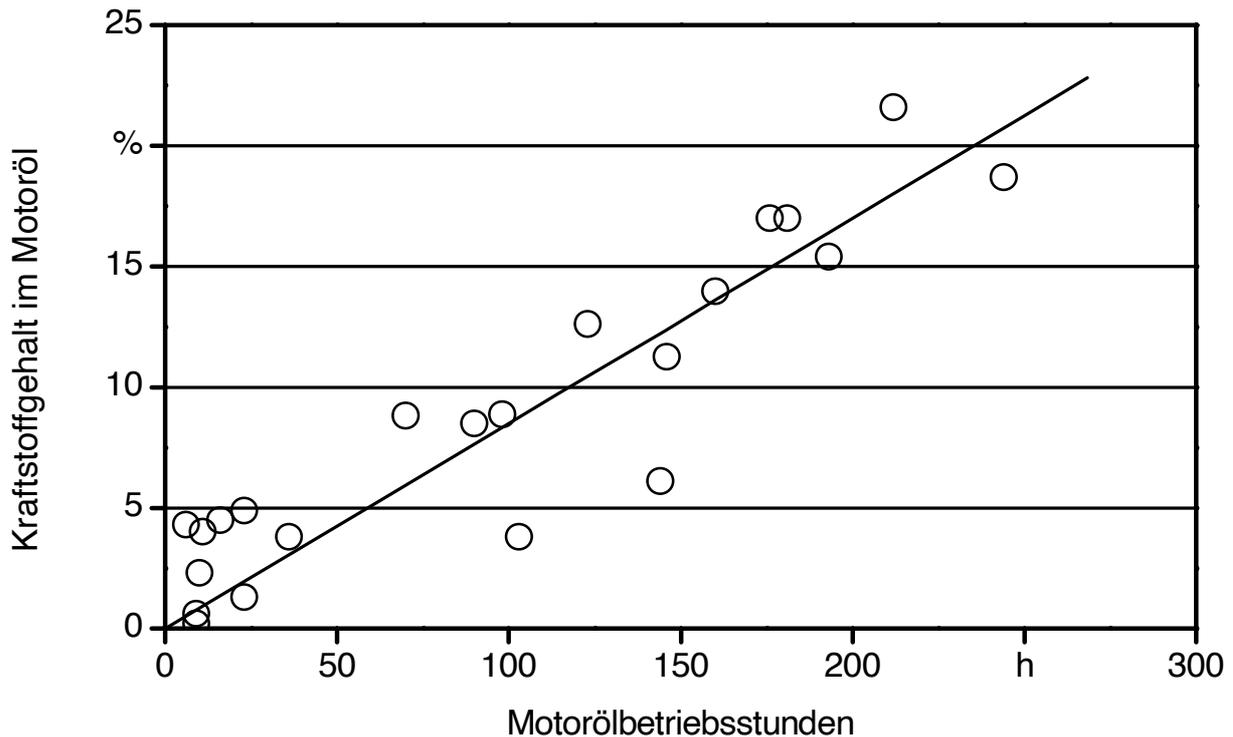


Abbildung 28: Kraftstoffgehalt im Motoröl in Abhängigkeit von den Motorölbetriebsstunden des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 bei verschiedenen Motorölfüllungen

Die kinematische Viskosität des Motoröls sank, wie in Abbildung 29 zu sehen ist, aufgrund des fortschreitenden Eintrags von Rapsölkraftstoff von ca.  $72 \text{ mm}^2/\text{s}$  bei  $40 \text{ °C}$  auf Werte zwischen  $65$  bis  $67 \text{ mm}^2/\text{s}$  in einen außerhalb der für diese Viskositätsklassen üblichen Bereich. Trotz kontinuierlicher Erhöhung des Rapsölanteils im Motoröl verlangsamte sich die Viskositätsabnahme. Dies ist einerseits auf den steigenden Rußgehalt im Motoröl zurückzuführen, andererseits kann dies auch darauf hindeuten, dass durch chemische Reaktionen (z. B. Polymerisation) bereits höherviskose Verbindungen entstanden sind.

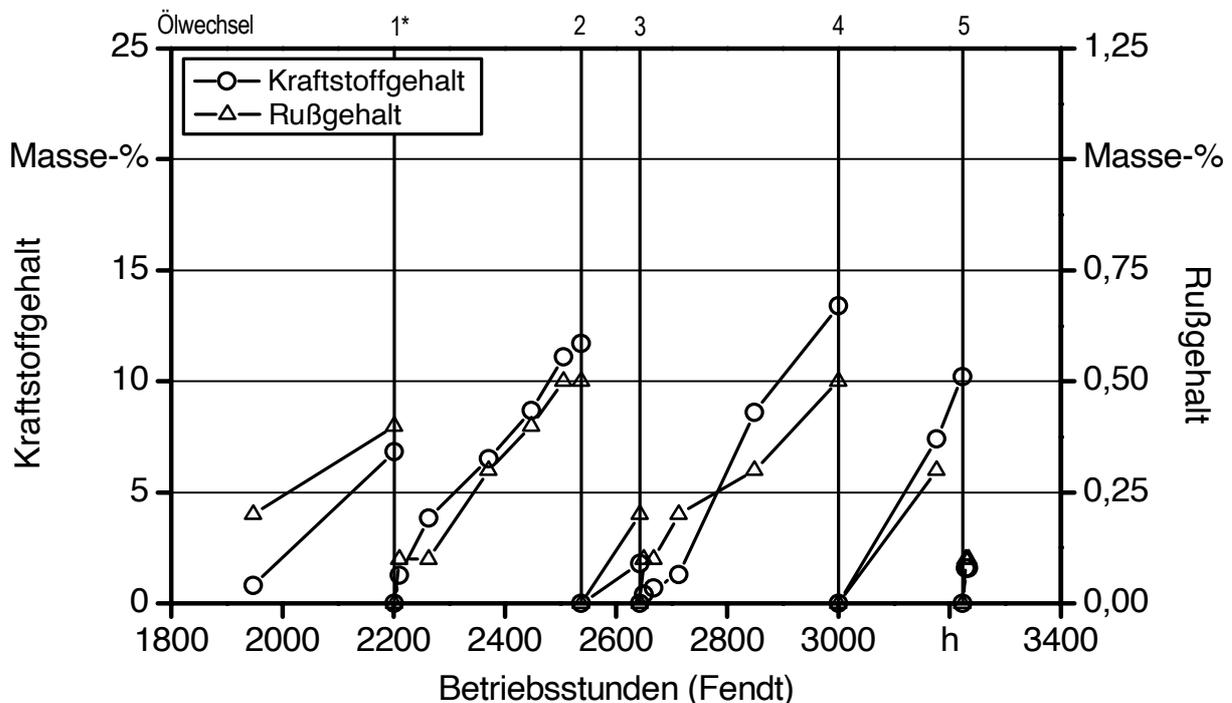
Der sich bei zunehmenden Motoröleinsatzstunden abzeichnende Rückgang der Total Base Number (TBN) (Anhang 20), der Anstieg von Verschleißelementen (Anhang 21) sowie der Rückgang von Additivelementen (Abbildung 30) lag im unkritischen Bereich. Allerdings ist der Rückgang der Additivelemente Ca, Mg und P gegen Ende des mit 244 Bh längsten Motorölwechselintervalls zwischen Ölwechsel 8 und 9 bereits weit fortgeschritten, wodurch eine beschleunigte Motorölalterung zu erwarten ist (Abbildung 30).



Anhand der Motorölanalysen kann gefolgert werden, dass beim Deutz-Fahr Traktor die Motorölstandzeit nicht mehr als etwa 200 Bh betragen sollte, damit die volle Funktionstüchtigkeit des Motoröls gewährleistet bleibt. Ansonsten steigt der Kraftstoffgehalt im Motoröl auf über 15 % an, was zu einer starken Verdünnung der Funktionsadditive im Motoröl führt und letztendlich die Gefahr einer Polymerisation des Kraftstoffs im Motorenöl erhöht.

#### 5.4.2 Fendt Farmer Vario 412

In Abbildung 31 sind die Kraftstoff- und Rußgehalte der analysierten Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums dargestellt. Auch hier zeigt sich wie beim Deutz-Fahr Traktor ein deutlicher Anstieg bei zunehmenden Motoröleinsatzstunden. Der Rußgehalt liegt mit maximal ca. 0,5 Masse-% etwas unterhalb des Niveaus der Motorölproben des Deutz-Fahr Traktors. Der Kraftstoffgehalt erreicht Maximalwerte von ca. 13 % bei einer Motorölbetriebszeit von 357 h.



\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

Abbildung 31: Gehalte an Kraftstoff und Ruß von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen

Während der untersuchten Ölwechselintervalle erhöht sich der Kraftstoffgehalt im Motoröl des Fendt Farmer Vario gemäß Abbildung 32 alle etwa 130 Bh um etwa 5 %. Damit ist der Eintrag weniger als halb so hoch als beim Deutz-Fahr Traktor.

Abbildung 33 zeigt, dass die kinematische Viskosität der Motorölproben des Fendt-Traktors im Laufe der Motoröleinsatzstunden anfänglich den gleichen Verlauf aufwies, wie die des

Deutz-Fahr Traktors. Auch wird deutlich, dass nach Erreichen eines Minimumwertes von ca. 67 bis 69 mm<sup>2</sup>/s, bei etwa 200 Motoröleinsatzstunden die Viskosität wieder angestiegen war. Da der Rußeintrag in das Motoröl, wie erwähnt recht moderat erfolgte, müssen noch weitere Ursachen für diese Viskositätserhöhung, wie ein verstärktes Abdampfen von Motorölbestandteilen oder eine beginnende Ölpolymerisation, verantwortlich sein. Diese Vorgänge werden durch hohe Öltemperaturen begünstigt, so dass diese aufgrund der im Vergleich zum Deutz-Fahr Traktor um etwa 10 K höheren Motoröltemperaturen (vgl. Abbildung 18 und Abbildung 23) beim Fendt-Traktor tendenziell schneller ablaufen können und den Viskositätsanstieg bei bereits 200 Bh erklären. Dieser Effekt wird durch das geringere Ölvolument des Fendt Traktors (circa 0,12 l Öl pro kW im Gegensatz zum Deutz-Fahr Traktor mit circa 0,18 l Öl pro kW) weiter verstärkt. Da eine Ölpolymerisation im Allgemeinen ungeordnet abläuft und - erst einmal in Gang gesetzt - in der Regel nicht mehr aufzuhalten ist, besteht verstärkt die Gefahr einer Öleindickung. Deshalb ist es unter diesen Voraussetzungen empfehlenswert den Motorölwechsel bei ca. 200 Bh durchzuführen.

Der Rückgang der Total Base Number (TBN) (Anhang 24), der Anstieg von Verschleißmetallen (Anhang 25) sowie der Rückgang von Additivelementen (Anhang 26) ist bei den hier untersuchten Ölproben des Fendt Farmer Vario, ähnlich wie beim Deutz-Fahr Traktor unbedenklich.

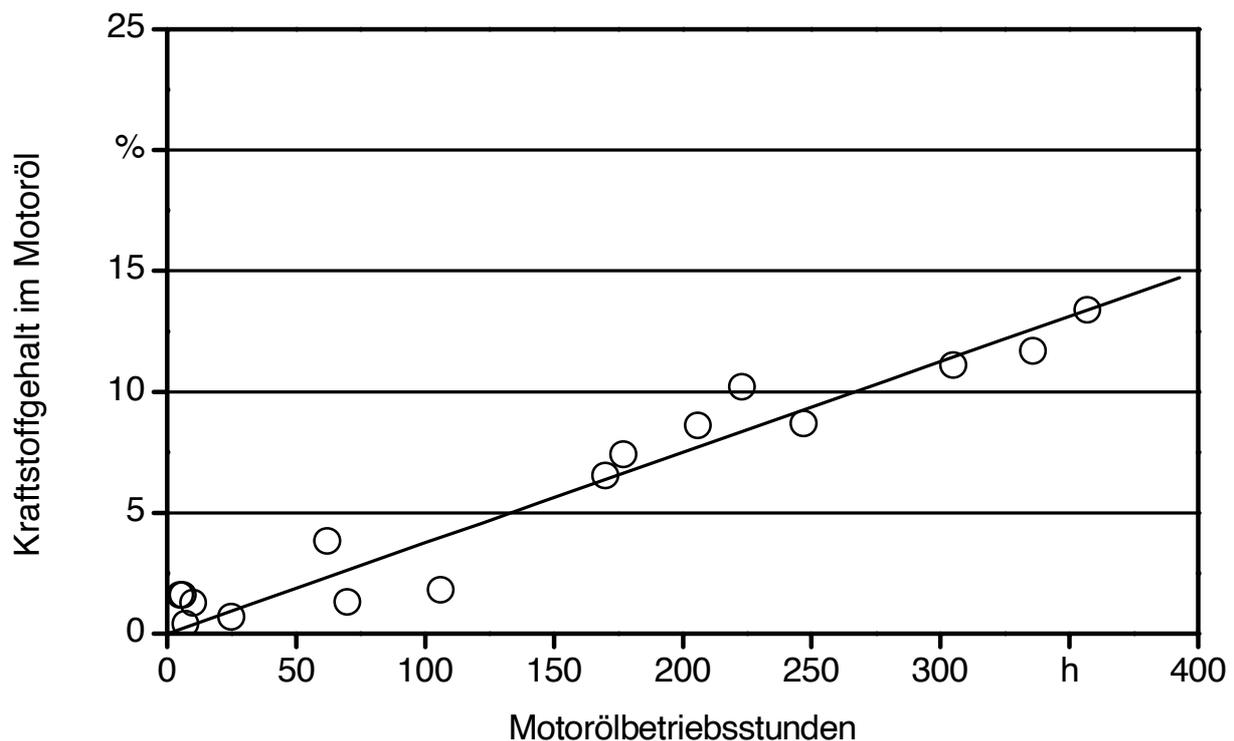
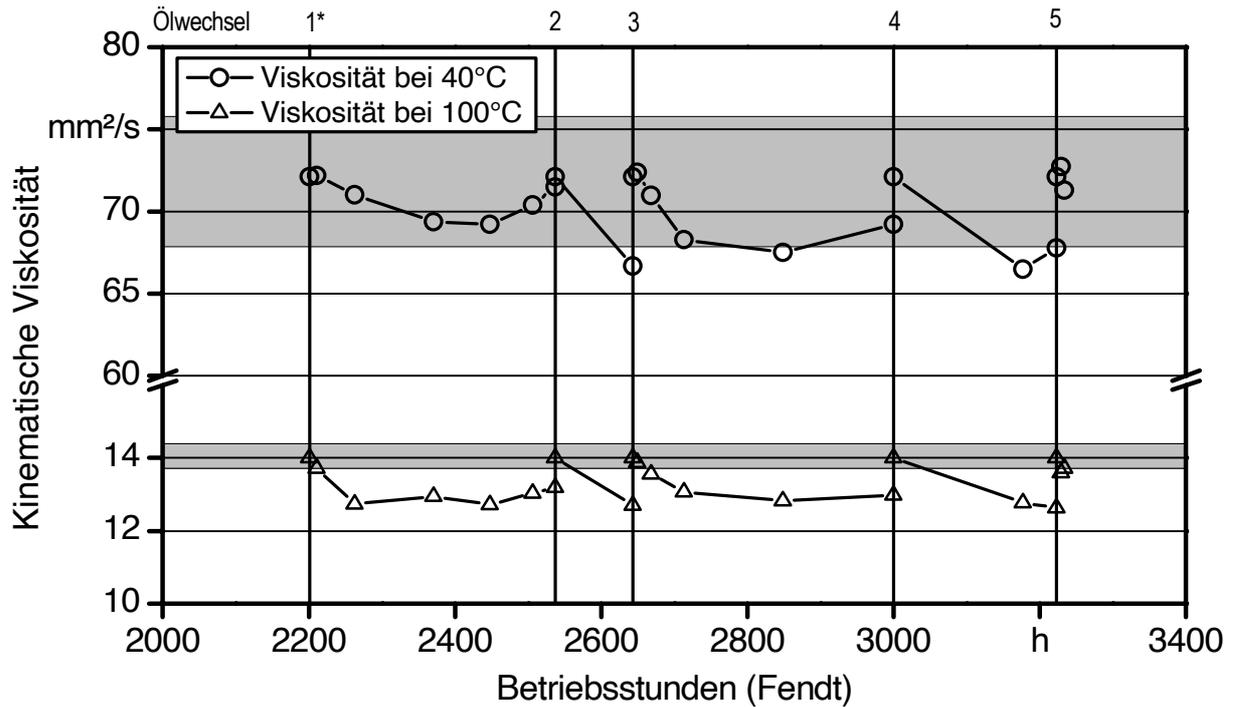


Abbildung 32: Kraftstoffgehalt im Motoröl in Abhängigkeit von den Motorölbetriebsstunden des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Motorölfüllungen



\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

Abbildung 33: Kinematische Viskosität von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen (grau hinterlegte Bereiche entsprechen der Viskositätsklasse des Frischöls)

## 5.5 Betriebssicherheit und Motorbefundung

### 5.5.1 Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160

Bei den Emissionsmessungen mit Dieselkraftstoff vor einer geplanten Motorbefundung und -optimierung wurde am 08.03.2007 festgestellt, dass die Nennleistung  $P$  des Traktors mit 85 kW deutlich unterhalb der Nennleistung vorangegangener Messungen (ca. 100 kW) lag. Die Betriebsdatenaufzeichnung zeigte, wie in Abbildung 34 zwischen 14:22 und 14:24 Uhr zu sehen ist, dass wechselweise an einzelnen Zylindern die Abgastemperaturen ( $T_{AZ1}$ ,  $T_{AZ5}$ ) deutlich um bis zu ca. 150 K unterhalb der Abgastemperatur der anderen Zylinder lagen.

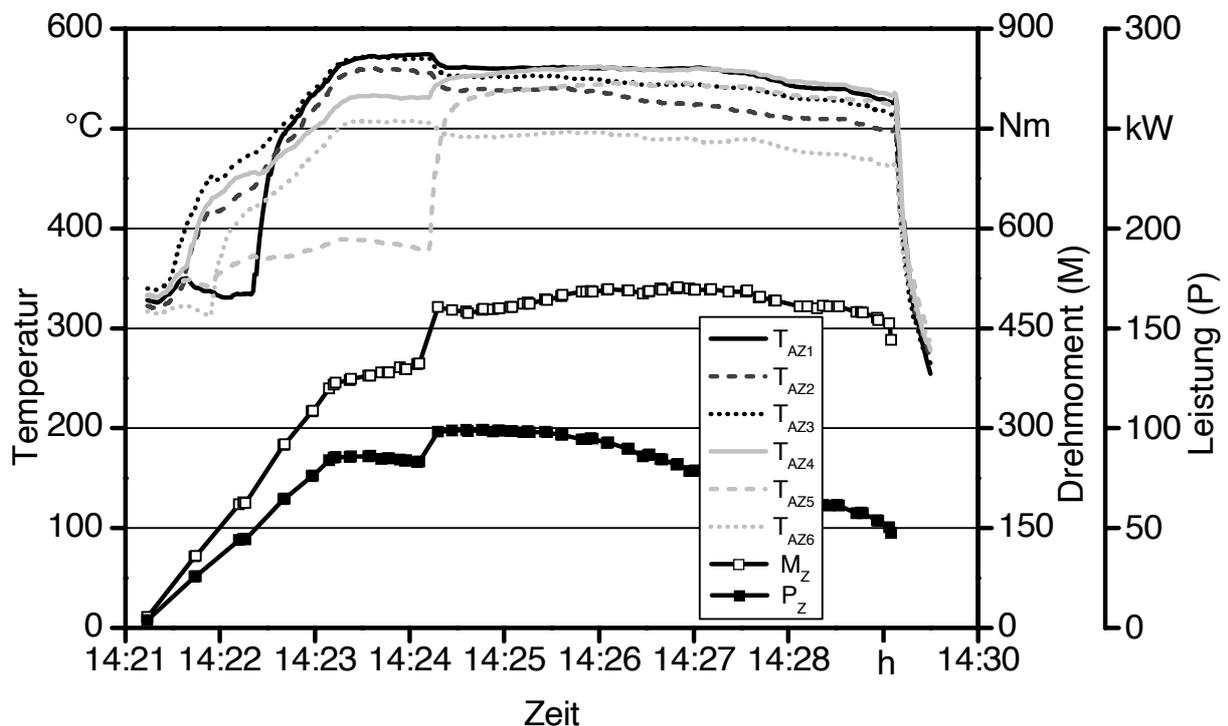


Abbildung 34: Abgastemperaturen an einzelnen Zylindern sowie Leistungs- und Drehmomentverlauf beim Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 bei einer Störung

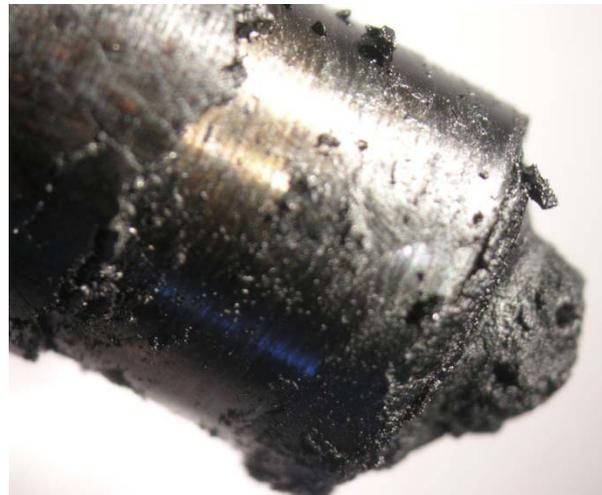
Anhand des Störungsbildes erfolgte die Fehlerdiagnose zusammen mit dem Umrüster und dem Herstellerkundendienst. Es wurde vermutet, dass der Vordruck der Kraftstoffförderpumpe nicht ausreichte, um bei Volllast genügend Kraftstoff für alle Einspritzpumpelemente zur Verfügung zu stellen. Dies könnte mehrere Ursachen haben: Neben einem verstopften Kraftstofffilter oder Luftenintrag in das Kraftstoffsystem könnte ein Defekt der Kraftstoffförderpumpe oder ein zu schwach eingestelltes bzw. verschmutztes oder fehlerhaftes Druckhalteventil am Ende der Kraftstoffkulissee für die Störung verantwortlich gewesen sein. Der Kraftstoffvordruck sollte gemäß Angaben des Traktorherstellers im Leerlauf bei etwa 2,8 bar und bei Volllast bei etwa 5 bis 7 bar liegen.

Eine Überprüfung der Förderpumpe ergab, dass die Riemenscheibe ein gewisses, wenn auch geringes Spiel aufwies, was auf ein ausgeschlagenes Lager hindeutete. Dadurch konnte es zu einem Lufteintrag in das System gekommen sein. Laut Auskunft einer Werkstätte ist die am Deutz-Fahr Traktor eingebaute Kraftstoffförderpumpe einer bestimmten Produktionsserie sowohl bei Diesel- als auch bei Rapsölbetrieb häufiger mit Problemen behaftet. Nach erfolgter Dichtigkeitsprüfung an den Kraftstoffleitungen und Austausch des Kraftstofffilters wurde der Kraftstoffdruck im Niederdruckbereich überprüft. Dieser pulsierte sehr stark und betrug bei Vollast zwischen ca. 3,5 und 5 bar. Bei Reduzierung des Querschnitts der Rücklaufleitung erhöhte sich der Kraftstoffvordruck auf die erforderlichen 6 bar, was die Störung behob. Durch diese Maßnahme stellte sich eine annähernd gleichmäßige Abgastemperatur an allen Zylindern ein, auch konnte die volle Nennleistung wieder erreicht werden.

Daraufhin wurden am 21.03.2007 die Kraftstoffförderpumpe und das Druckhalteventil erneuert. Gleichzeitig erfolgte auch der geplante Austausch der Einspritzdüsen, um den Einfluss des Düsenzustands auf die Abgasemissionen zu überprüfen. Der Einbau der neuen Düseneinsätze in den Deutz-Fahr Traktor wurde durch den Umrüster vorgenommen. Hierbei wurde auch der Düsenöffnungsdruck von zuerst ca. 240 auf 280 mbar erhöht, vor allem um das Kaltstartverhalten bei tiefen Umgebungstemperaturen zu verbessern. Die ausgebauten Düsen, welche 256 Bh mit Diesel und 612 Bh mit Rapsölkraftstoff im Einsatz waren, wiesen deutliche Ablagerungen an der Düsen Spitze und am Düsenkörper auf, die sich schichtweise ablösen ließen (Abbildung 35).



Düse Zylinder 5



Düse Zylinder 6

Abbildung 35: Einspritzdüsen des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 nach 868 Bh; Bild links: Einspritzdüse aus Zylinder 5, Bild rechts: Einspritzdüse aus Zylinder 6

Eine Überprüfung des Sprühbildes beim Abdrücken der sechs Düsen ergab trotz der Ablagerungen eine weitgehend zufrieden stellende Zerstäubungsqualität bei nicht mehr ganz symmetrischer Strahlausbreitung (Abbildung 36).



*Abbildung 36: Sprühbild der Einspritzdüse des fünften Zylinders des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 beim Abdrücken der Düsen*

Die Kompressionsdruckprüfung ergab bei allen 6 Zylindern einheitlich ca. 36 bis 37 bar, was auf einen geringen Verschleiß schließen ließ. Eine Inspektion des Verbrennungsraums zeigte, dass die Honriefen der Zylinderlaufbuchse noch deutlich ausgeprägt waren. Somit war kein Verschleiß feststellbar. Auch der Feuersteg zeigte keine Auffälligkeiten. Sowohl am Kolbenboden als auch an den Ventilen waren kaum Ablagerungen sichtbar. Beim Einstellen der Ventile erfolgte lediglich ein geringfügiges Nachjustieren, da die Abstände ausnahmslos im Soll lagen.

Am Ende des Untersuchungszeitraumes des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (1771 Bh) erfolgte eine erneute Inspektion am 29.04.2008. Hierzu wurden die Einspritzleitungen, der Ventildeckel und die Einspritzdüsen ausgebaut. Beim Ausbau wurden keine Auffälligkeiten beobachtet. Zur Überprüfung der Kompression war der Motor noch handwarm. Die Kompressionsdruckprüfung ergab wieder ein homogenes Bild über alle 6 Zylinder mit Werten zwischen ca. 37,5 und 38,5 bar. Vom Hersteller wird der Sollbereich mit 30 bis 38 bar, je nach Prüfbedingungen angegeben. Somit lag die Kompression des Deutz-Fahr Traktors im optimalen Bereich.

Die Injektoren wiesen nach 903 Bh deutliche feste Ablagerungen an den Düsen spitzen auf, die sich zum Großteil manuell entfernen ließen (Abbildung 37). Eine Elementanalyse der Ablagerungen ergab, dass diese zu über 50 % aus Kohlenstoff bestanden (Tabelle 18). Dies deutete auf eine Düsenverkokung hin. Möglicherweise können die nachgewiesenen Elemente wie z. B. Calcium, Magnesium und Phosphor als Verbrennungsrückstände aus Rapsölkraftstoff oder aber dem Motorenöl die Düsenverkokung ausgelöst bzw. begünstigt haben. Die Elemente Kalium, Natrium

und Zink sind im Rapsölkraftstoff nicht enthalten und deshalb auf das Motorenöl zurückzuführen. Bei der Interpretation des Analyseergebnisses ist zu berücksichtigen, dass diese Elemente auch auf Motorölrückstände zurückzuführen sein können, welche in Folge einer Verunreinigung der Düsen mit Motoröl beim Ausbau in die Probe gelangt sein konnten.

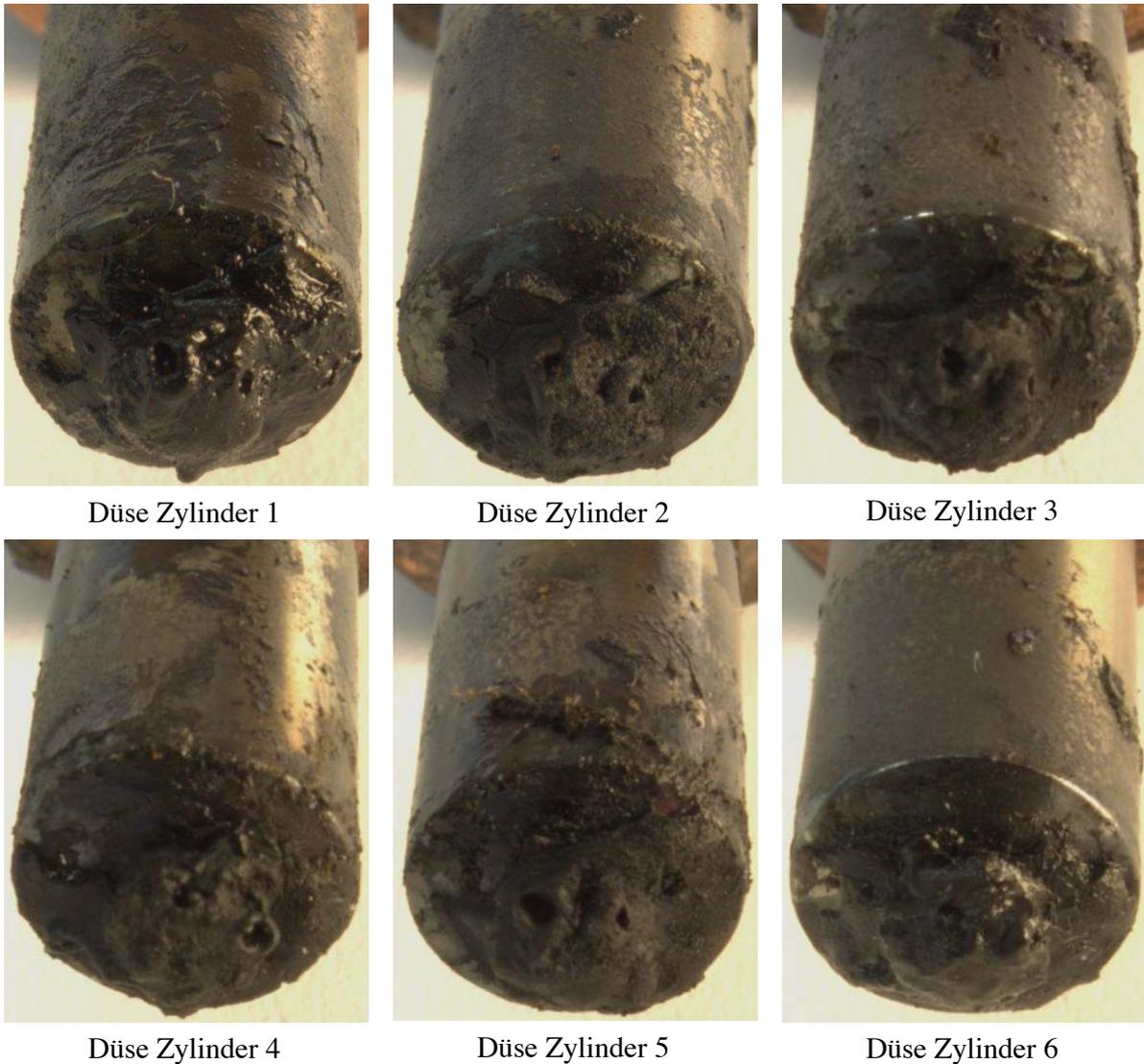


Abbildung 37: Einspritzdüsen spitzen Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 am 29.04.2008 bei 1.771 Bh

*Tabelle 18: Laboranalyse der Ablagerungen an den Einspritzdüsenspitzen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160*

<b>Prüfparameter</b>	<b>Prüfmethode</b>	<b>Prüfergebnis</b>	<b>Einheit</b>
Kohlenstoffgehalt	DIN 51 732	51,5	Masse-%
Wasserstoffgehalt	DIN 51 732	4,3	Masse-%
Stickstoffgehalt	DIN 51 732	0,3	Masse-%
Sauerstoffgehalt	DIN 51 732	43,9	Masse-%
Calcium	RFA-Screening	0,946	Masse-%
Phosphor	RFA-Screening	0,772	Masse-%
Magnesium	RFA-Screening	0,133	Masse-%
Kalium	RFA-Screening	579	mg/kg
Natrium	RFA-Screening	388	mg/kg
Schwefel	RFA-Screening	287	mg/kg
Zink	RFA-Screening	64	mg/kg
Aluminium	RFA-Screening	11	mg/kg

Wie in Abbildung 38 zu sehen ist, konnten am Turbinenrad des Abgasturboladers keine Beschädigungen oder Ablagerungen festgestellt werden. Auch das Verdichterrad des Laders war völlig frei von Verschmutzungen, da der Motor keine Abgasrückführung besitzt. Mittels Endoskop konnten keine auffälligen Ablagerungen im Brennraum nachgewiesen werden. Die sehr gut sichtbaren Honriefen der Zylinderbuchsen wiesen auf keinen erhöhten Verschleiß durch den Betrieb mit Rapsölkraftstoff hin (Abbildung 39, Bild links). Die weitgehend blanken Oberflächen von Feuerstegen, Kolbenboden und Auslassventilen zeugten von einer hohen Motorsauberkeit und ließen auf eine gute Verbrennungsqualität schließen. Lediglich an den Einlassventilen waren leichte Beläge erkennbar, die aber in ähnlicher Weise auch im Dieselmotor auftreten können (Abbildung 39, Bild rechts).



Abbildung 38: Turbinenrad des Abgasturboladers im Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160

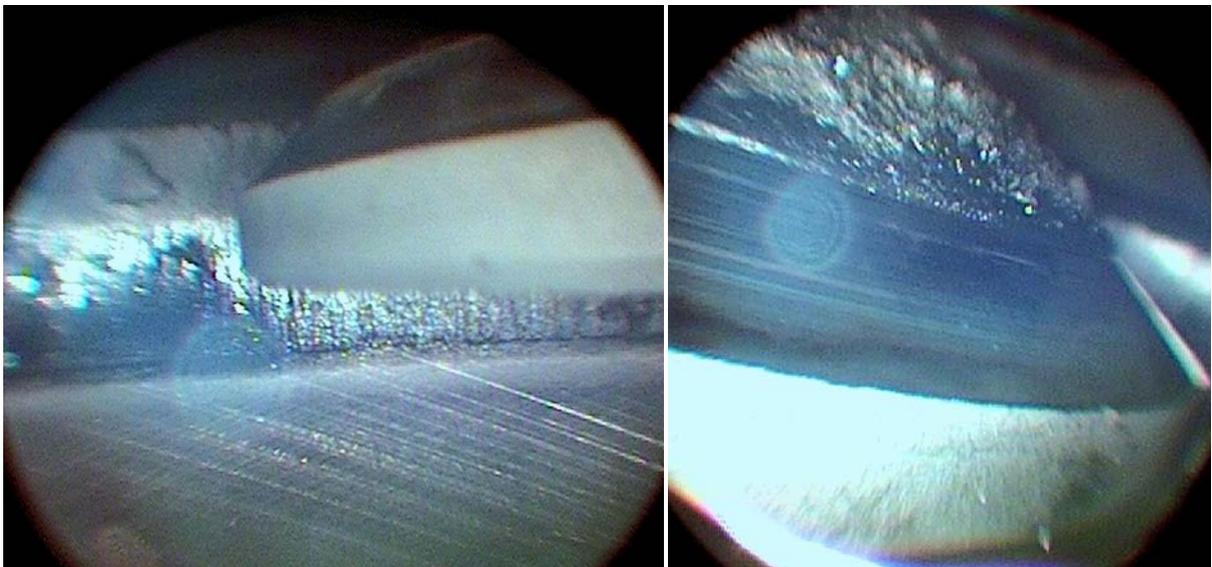


Abbildung 39: Bild links: Zylinderbuchse mit Honriefen, Feuersteg und Ventilteller im Zylinder 1, Bild rechts: Draufsicht auf Einlassventil mit Ventilsitz im Zylinder 2 von schräg oben des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160

Beim Zusammenbau des Traktors wurden die Dichtringe an den Düsen erneuert, die Düsen gereinigt, die Isolation der Elektroleitungen für die Düsenbeheizung des Umrüstsystems, welche leichte Beschädigungen aufwies, durch Schrumpfschläuche verstärkt und die Ventildeckeldichtung erneuert.

### 5.5.2 Fendt Farmer Vario 412

Bei der Inspektion am 03.04.2007 erfolgte eine Kompressionsdruckprüfung. Die Drücke an den einzelnen Zylindern betragen einheitlich zwischen 39 und 40 bar.

Außerdem erfolgte die Erneuerung der Einspritzdüsen, welche vom Umrüster bearbeitet und bereitgestellt wurden. Der Grund für diesen Einspritzdüsenwechsel war nicht die technische Notwendigkeit, sondern die Absicht, den Einfluss neuer Einspritzdüsen auf das Emissionsverhalten zu untersuchen. Die ausgebauten Einspritzdüsen wiesen, wie in Abbildung 40 gezeigt, im Vergleich zum Deutz-Fahr TTV 1160 lediglich geringfügige Ablagerungen im Bereich der Düsen Spitze auf. An den Düsenkörpern waren insbesondere bei den Zylindern 2 bis 4 poröse Ablagerungsschichten erkennbar. Der Einbau der neuen Düsen erfolgte am Technologie- und Förderzentrum zusammen mit einem Techniker vom örtlichen Fendt-Kundendienst.



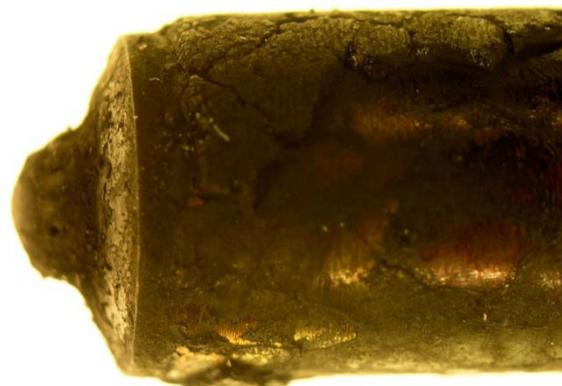
Düse Zylinder 1



Düse Zylinder 2



Düse Zylinder 3



Düse Zylinder 4

Abbildung 40: Einspritzdüsen des Fendt Farmer Vario 412 nach 2653 Bh mit Rapsölkraftstoff

Bei der Inspektion des Fendt Farmer Vario 412 bei 3.315 Bh am 08.04.2008 wurden die Einspritzleitungen, der Ventildeckel und die Einspritzdüsen ausgebaut. Beim Ausbau wurden keine Auffälligkeiten beobachtet.

Die Kompressionsdruckprüfung erfolgte bei handwarmem Motor. An den vier Zylindern wurden Drücke zwischen 38 und 40 bar gemessen. Der Fendt Farmer Vario wies demnach nach mehr als 3.000 Bh Rapsölkraftstoffbetrieb noch eine sehr gute Kompression auf. Dies deutet auf einen geringen Verschleiß von Kolben bzw. Kolbenringen und den Zylinderlaufbuchsen hin.

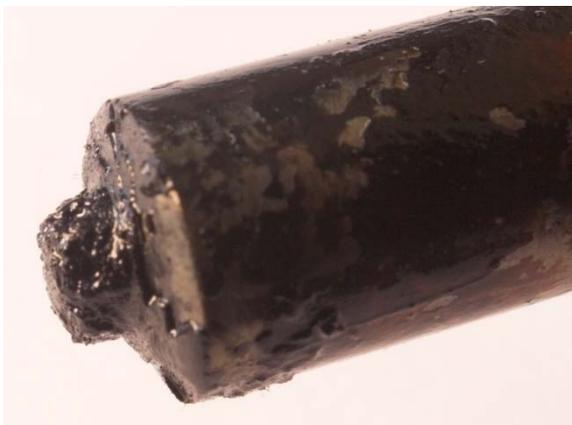
Abbildung 41 zeigt, dass an den Düsenspitzen erhebliche Ablagerungen haften, so dass die Düsenlöcher kaum mehr erkennbar sind. Insbesondere bei den Düsen des Zylinders 3 und 4 ist zu sehen, dass die Ablagerungen schichtweise von der Düsenoberfläche abplatzen können. Vor dem Wiedereinbau wurden die Düsen gereinigt, die Kupferdichtungen und O-Ringe sowie die Einspritzleitungen erneuert.



Düse Zylinder 1



Düse Zylinder 2



Düse Zylinder 3



Düse Zylinder 4

*Abbildung 41: Einspritzdüsenspitzen des Fendt Farmer Vario 412 am 08.04.2008 bei 3315 Bh*

Das Turbinenrad des Abgasturboladers war, wie in Abbildung 42 zu sehen ist, ebenso wie die Verdichterseite, in einwandfreiem Zustand ohne Anzeichen von Ablagerungen.

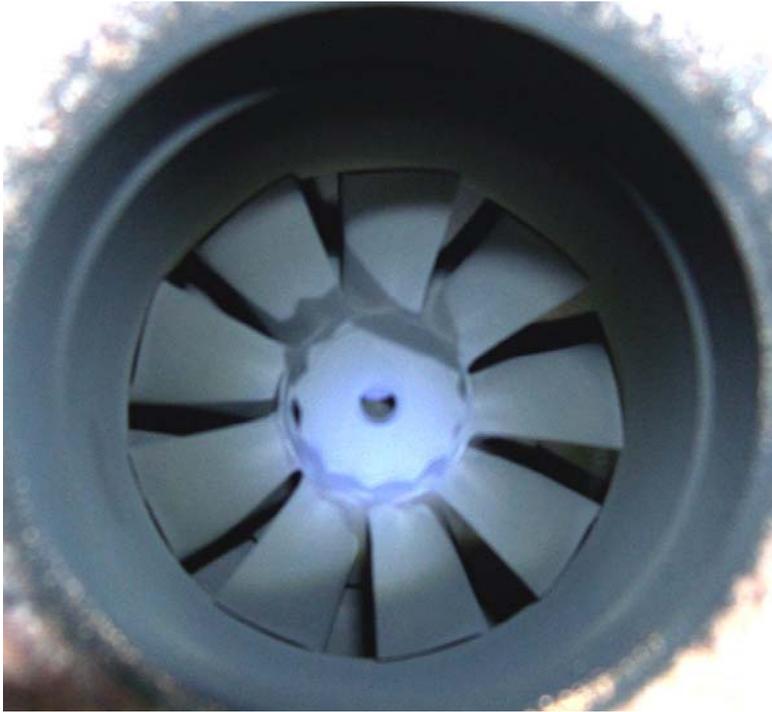


Abbildung 42: Turbinenrad des Abgasturboladers im Fendt Farmer Vario 412 bei 3315 Bhp

Die nahezu rückstandsfreie Oberfläche des Kolbenbodens und die Zylinderlaufbuchse mit den gut sichtbaren Honriefen deuten auf eine saubere Verbrennung hin (Abbildung 43). Lediglich an den Auslassventilen sind leichte Ablagerungen erkennbar. Im Gegensatz zum Deutz-Fahr Traktor, bei dem die Ablagerungen vermehrt beim Einlassventil auftraten, waren beim Fendt Traktor die Ablagerungen vor allem an den Auslassventilen zu sehen.

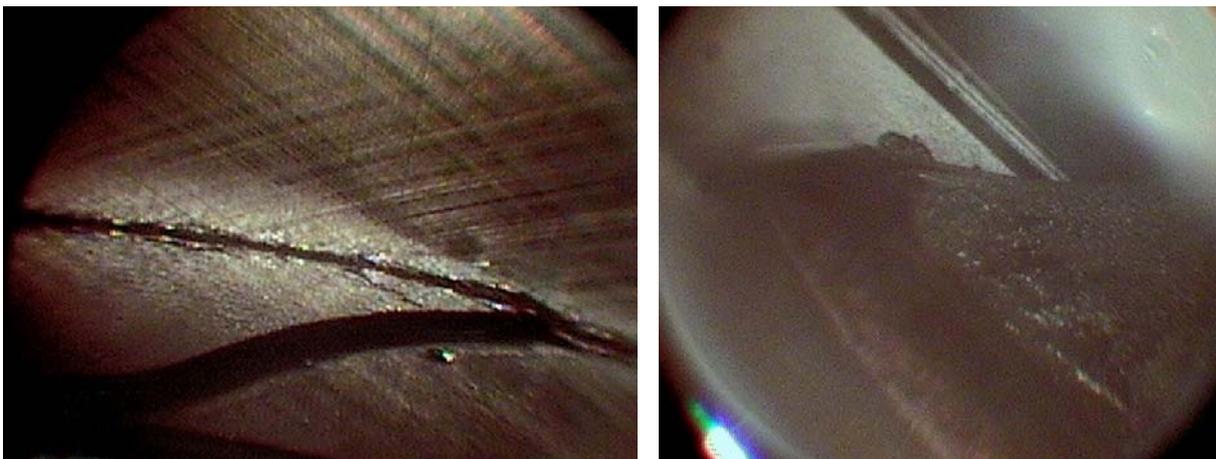


Abbildung 43: Bild links: Kolbenboden und Zylinderlaufbuchse mit Honriefen, Bild rechts: Aufsicht von schräg oben auf Auslassventilteller im Zylinder 3 des Fendt Farmer Vario 412

## 5.6 Leistung und Drehmoment

### 5.6.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

Die Leistungsmessungen erfolgten vor Beginn jeder Emissionsmessung. In den nachfolgenden Abbildungen sind die Leistungs- und Drehmomentverläufe in Abhängigkeit von der Motordrehzahl dargestellt.

Wie in Abbildung 44 zu sehen ist, war Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle mit Dieselmotorkraftstoff nach der Umrüstung (269 Bh) um jeweils bis zu etwa 10 % geringer als vor der Umrüstung (245 Bh). Dies beruht mitunter auf der Änderung der Einspritzdüsentypen. Mit Rapsölkraftstoff entsprachen Drehmoment und Leistung im oberen Drehzahlbereich in etwa dem bei Dieselmotorkraftstoffbetrieb. Bei niedriger Drehzahl lagen Leistung und Drehmoment mit Rapsölkraftstoff geringfügig über den Werten von Dieselmotorkraftstoff und erreichten unterhalb etwa  $1.600 \text{ min}^{-1}$  das Niveau von Dieselmotorkraftstoff vor der Umrüstung.

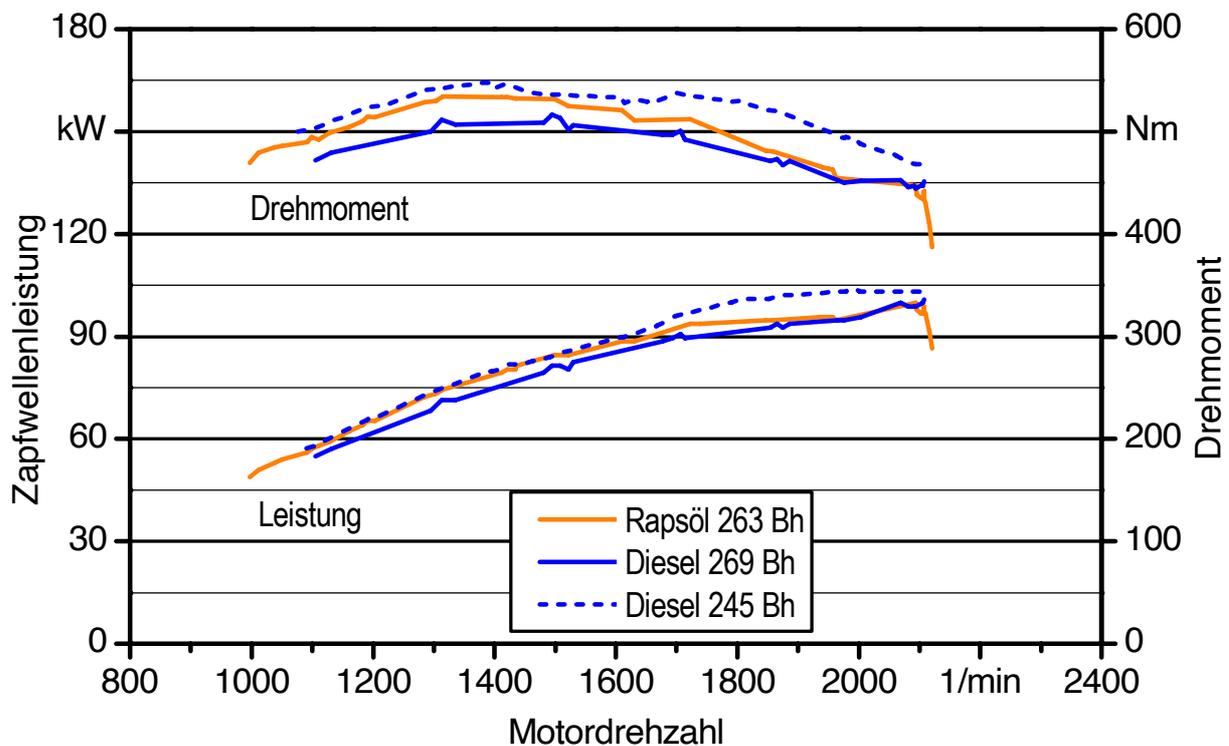


Abbildung 44: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 22.03.2006 und am 19.04.2006

Düsenwechsel und Einspritzdruckerhöhung beim Deutz-Fahr Traktor zwischen 863 und 879 Bh führten bei Rapsölkraftstoffbetrieb zu einer Verringerung von Leistung und Drehmoment im Drehzahlbereich zwischen ca.  $1.400$  und  $2.000 \text{ min}^{-1}$  (Abbildung 45). Gegenüber Dieselmotorkraftstoff wurden mit Rapsölkraftstoff immer geringfügig höhere Werte erzielt, mit Ausnahme des Betriebs bei maximaler Drehzahl, wo Drehmoment und Leistung in etwa gleich hoch lagen. Im Vergleich

zu den ersten Messungen am 19.04.2006 nach der Umrüstung war insgesamt ein leichter Anstieg zu verzeichnen in etwa auf das Niveau bei Dieselkraftstoffbetrieb vor der Umrüstung.

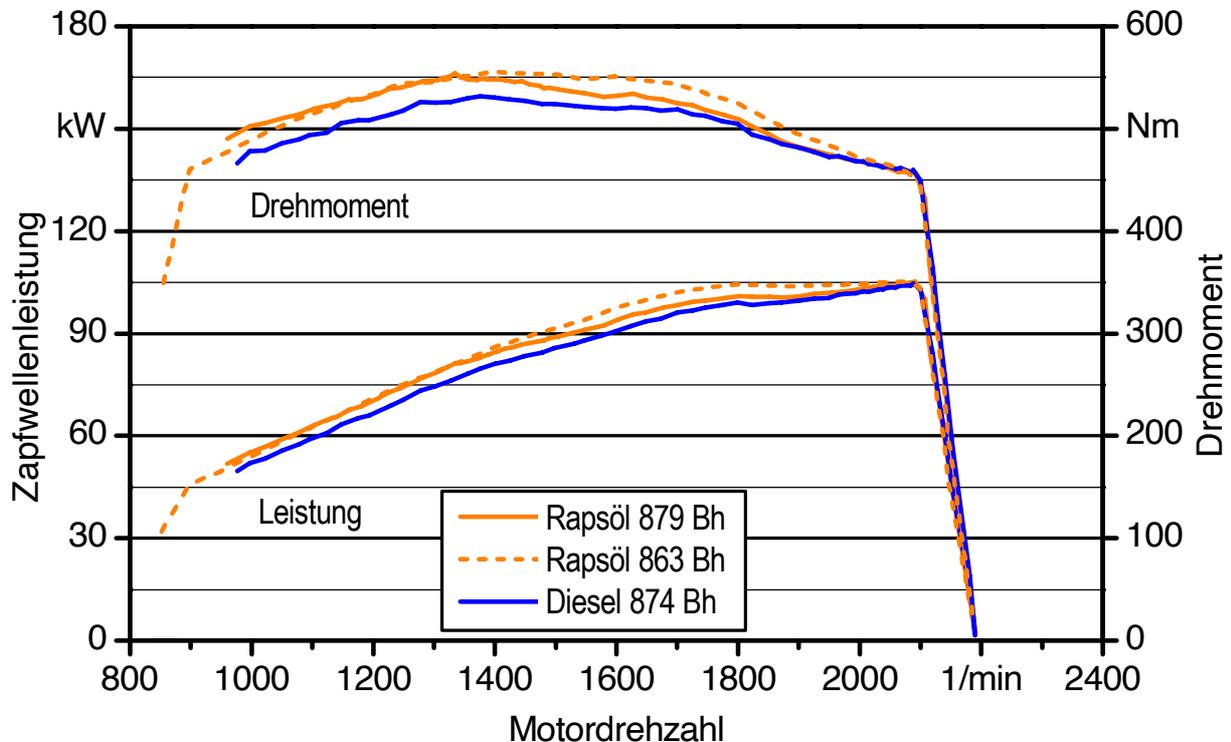


Abbildung 45: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 07.03.2007 und am 26./27.03.2007

Abbildung 46 und Abbildung 47 zeigen in etwa gleiche Drehmoment- und Leistungskurven bei der dritten und vierten wiederkehrenden Messreihe am 23./24./25.05.2007 bzw. 05./06.12.2007 wie bei den vorangegangenen Messungen. Auch hierbei lag Rapsölkraftstoff durchweg um etwa 5 bis 10 % über dem Niveau von Dieselkraftstoff.

Über alle vier wiederkehrenden Messreihen während des Untersuchungszeitraums hinweg zeigt sich ein recht einheitliches Bild, trotz unterschiedlicher Zustände der Einspritzdüsen, wechselnden Umgebungsbedingungen an den einzelnen Messtagen und der variierenden Leistungsverluste durch die nicht abschaltbaren Hilfsantriebe (z. B. Viscolüfter) des Deutz-Fahr Traktors. Mit Rapsölkraftstoff wurde fast über den gesamten Drehzahlbereich eine geringfügig höhere Leistung erzielt. Dies begründet sich in erster Linie durch die bei mechanischen PLD-Einspritzsystemen größeren eingespritzten Kraftstoffmengen mit Rapsölkraftstoff infolge einer früheren Düsenöffnung, die durch die unterschiedlichen physikalischen Kraftstoffeigenschaften von Rapsöl- und Dieselkraftstoff hervorgerufen wird.

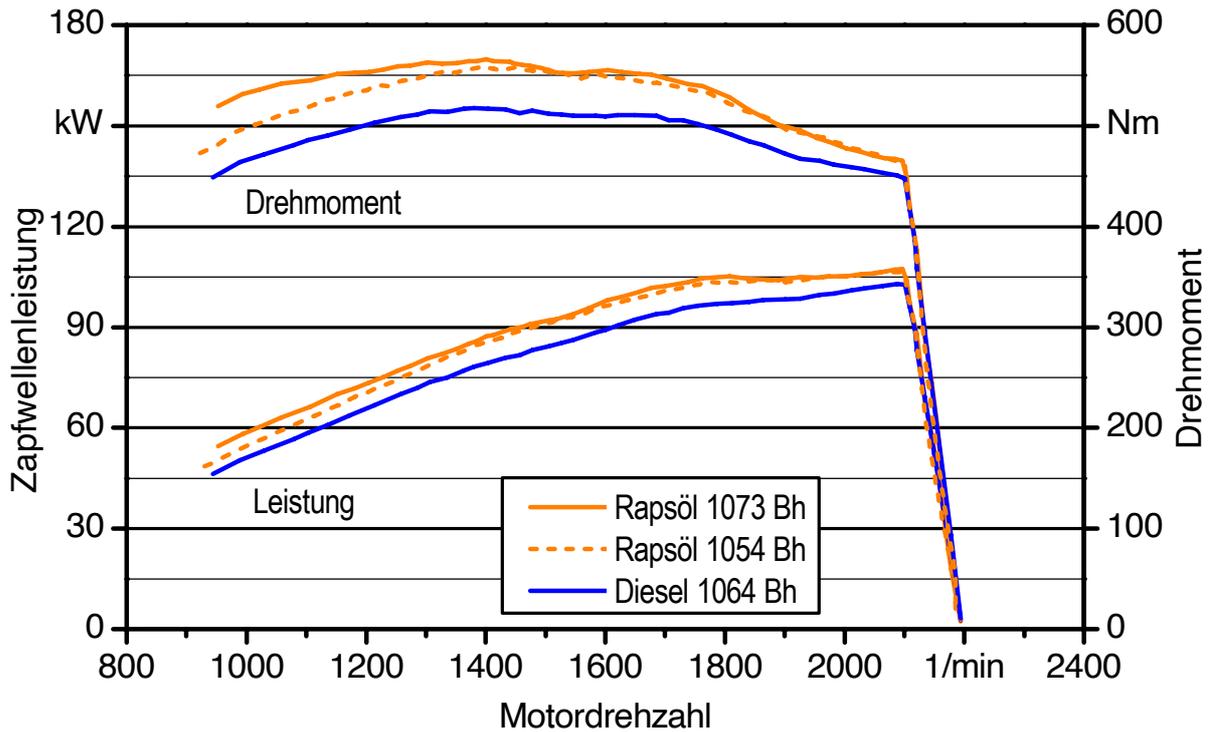


Abbildung 46: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 23./24./25.05.2007

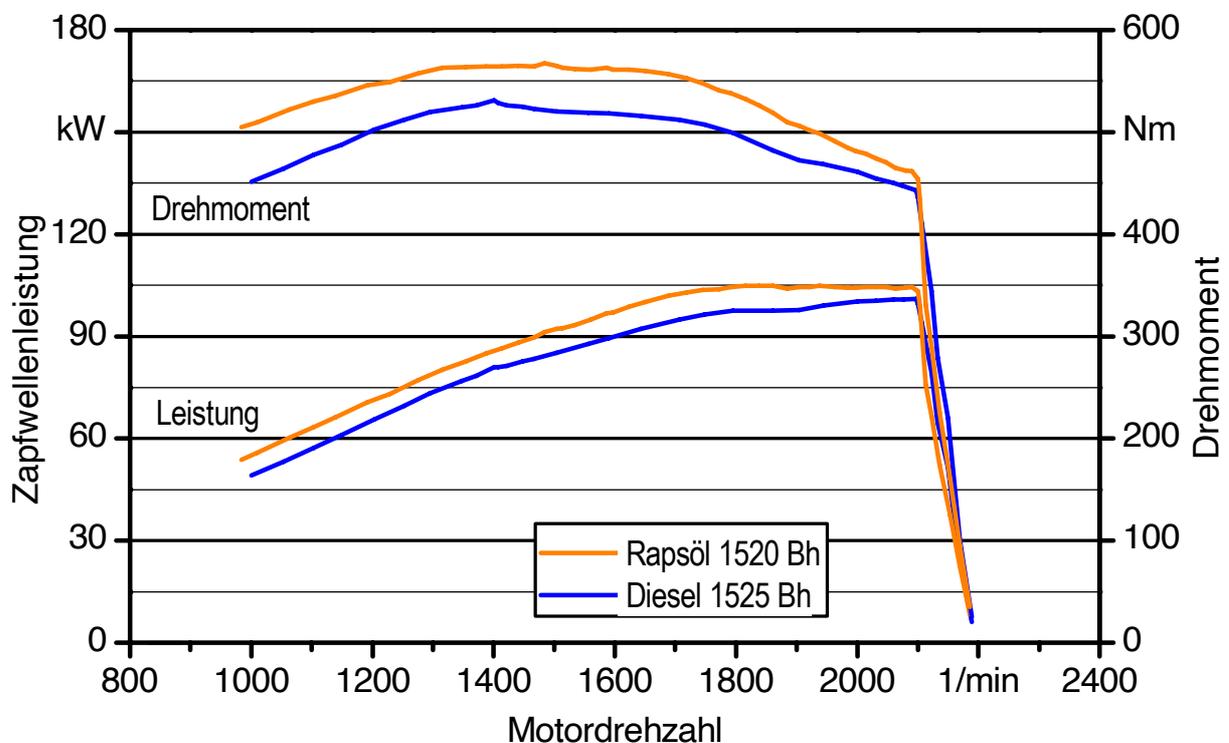


Abbildung 47: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei den Emissionsmessungen am 05./06.12.2007

### 5.6.2 Fendt Farmer Vario 412

Die Drehmoment- und Leistungskurven des Fendt Farmer Vario 412 an den wiederkehrenden Messtagen sind in Abbildung 48 bis Abbildung 51 dargestellt. Wie daraus hervorgeht, waren über dem gesamten Drehzahlbereich zwischen ca. 1.200 und 2.050  $\text{min}^{-1}$  das Drehmoment und die Leistung mit Rapsölkraftstoff immer um etwa 5 bis 10 % höher als bei Dieselmotorkraftstoff. Der Grund liegt auch hier, wie oben erwähnt in der höheren Einspritzmenge von Rapsölkraftstoff bei mechanischen PLD-Einspritzsystemen. Leistung und Drehmoment erhöhten sich zwischen der ersten und den darauffolgenden Messungen deutlich um ca. 15 %. Dies lag an der dazwischen erfolgten Erhöhung der Einspritzmenge des Fendt Traktors zur Leistungsangleichung nach Rücksprache mit der Vertragswerkstätte. Auch gilt zu berücksichtigen, dass die ersten Messungen mit einer anderen Zapfwellenbremse gleichen Typs durchgeführt wurden, wodurch sich ein unterschiedliches Wertenniveau ergeben haben könnte. Beim Deutz-Fahr Traktor waren mit dieser Zapfwellenbremse ebenso bei den ersten Messungen tendenziell niedrigere Werte zu verzeichnen als bei der Messung danach mit der TFZ eigenen Zapfwellenbremse.

Der Düsenwechsel zwischen der zweiten (Abbildung 49) und dritten (Abbildung 50) Messreihe ergab eine geringfügige Drehmomentserhöhung bei den unteren Drehzahlen und eine geringfügige Leistungserhöhung bei allen Drehzahlen, welche bei Dieselmotorkraftstoffbetrieb etwas stärker ausgeprägt war als bei Rapsölkraftstoffbetrieb. Ein Zusammenhang zwischen der Düsensauberkeit durch eine Düsenrenewerung und der Steigerung von Drehmoment und Leistung konnte damit, wenn auch nur in einem sehr geringen Ausmaß, festgestellt werden.

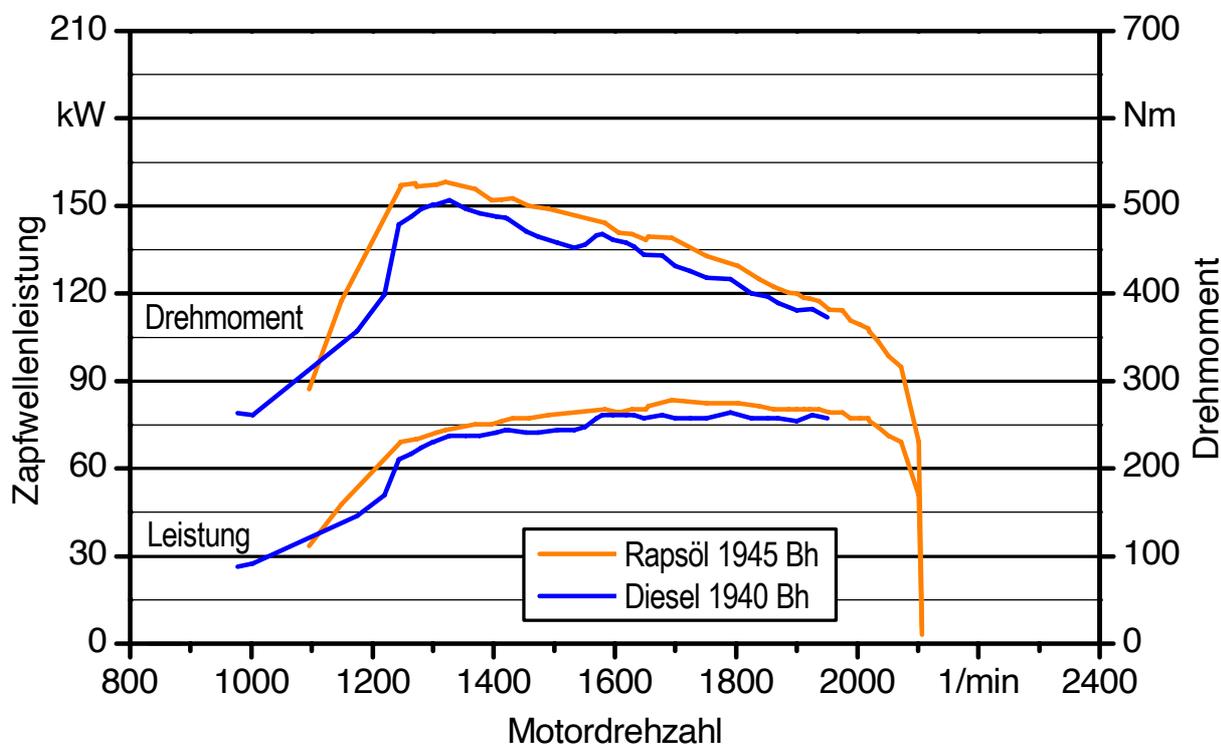


Abbildung 48: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 20.04.2007

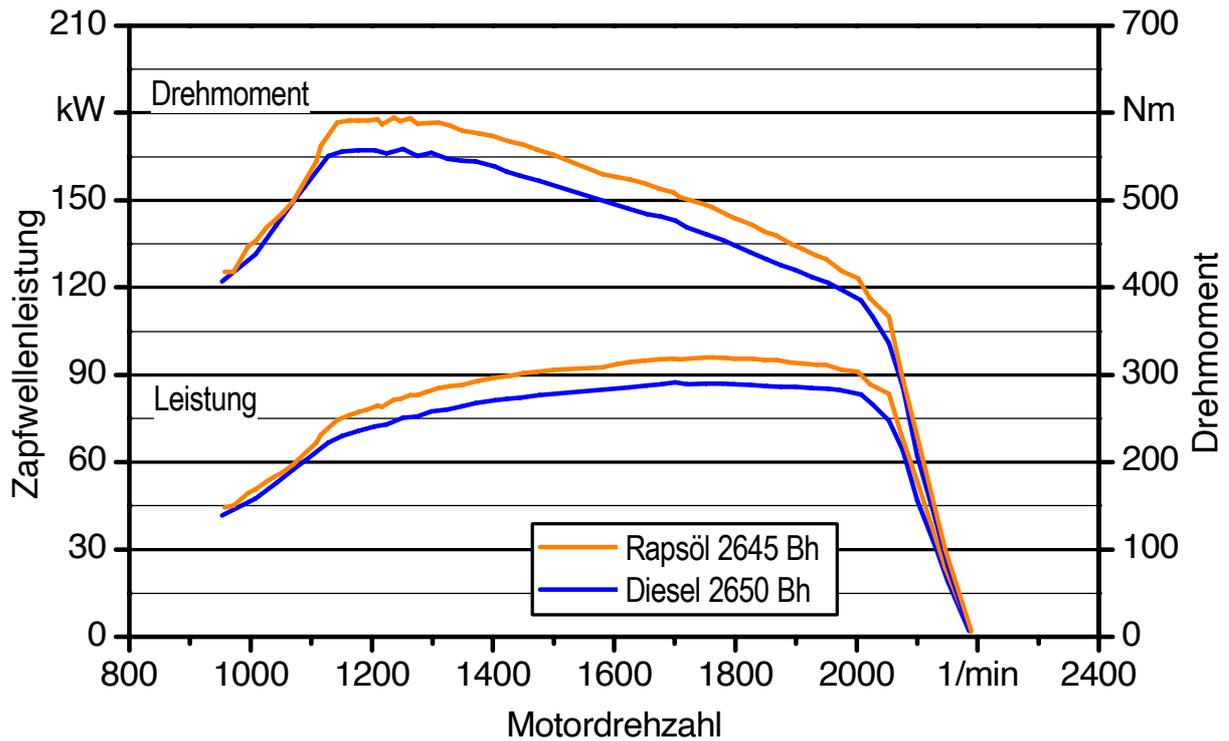


Abbildung 49: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 30.03.2007 und 02.04.2007

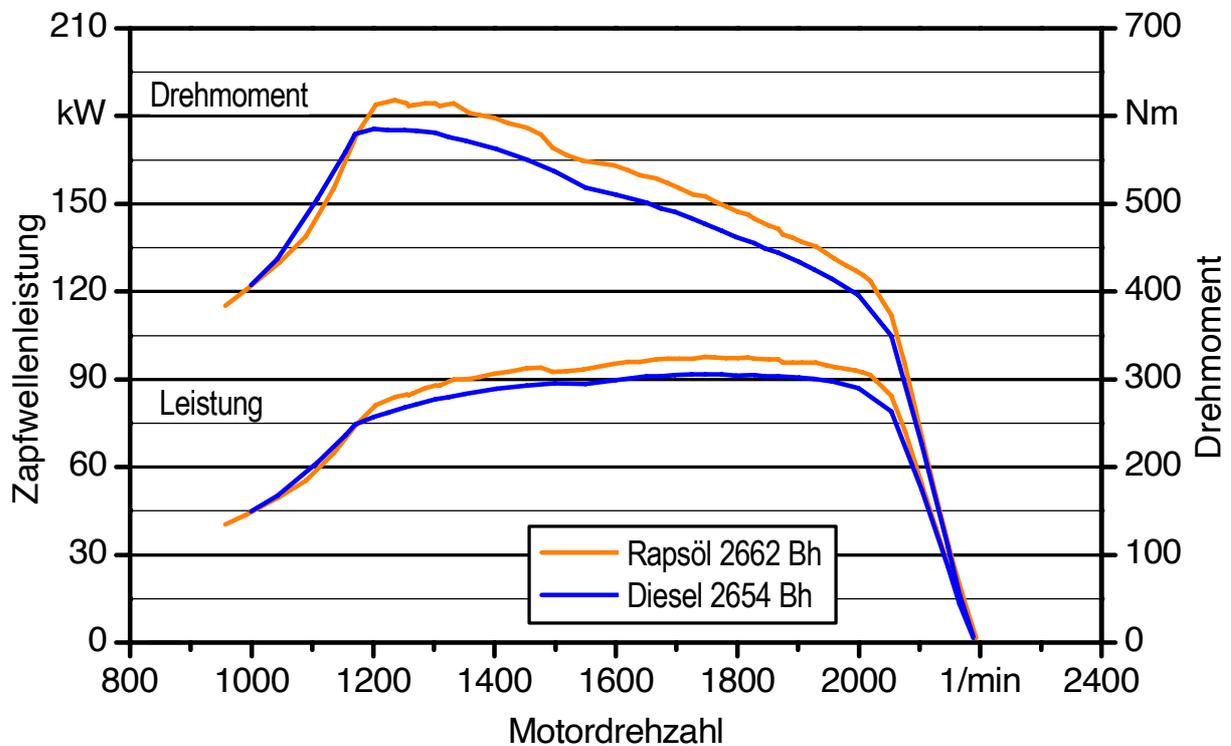


Abbildung 50: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 04./05.04.2007

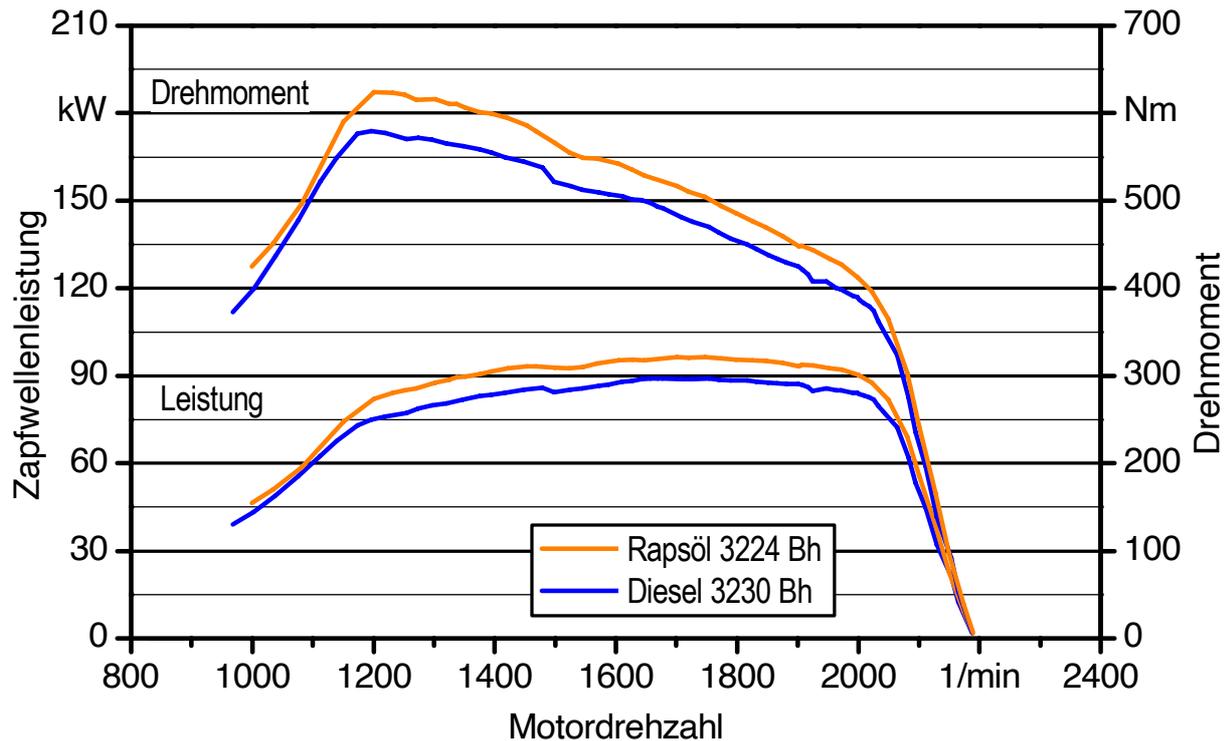


Abbildung 51: Leistungs- und Drehmomentverlauf in Abhängigkeit von der Motordrehzahl des Fendt Farmer Vario 412 bei den Emissionsmessungen am 11./12.12.2007

## 5.7 Spezifischer Kraftstoffverbrauch

### 5.7.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

Der spezifische Kraftstoffverbrauch in den einzelnen Prüfphasen ist für den Deutz-Fahr Traktor in Abbildung 52 beim Einsatz von Rapsölkraftstoff und in Abbildung 53 beim Einsatz von Dieselloskraftstoff dargestellt. Der spezifische Verbrauch lag mit Rapsölkraftstoff bei Nennlast (Prüfphase 1) zwischen ca. 292 und 311 g/kWh (Messreihen 2 bis 6) bzw. bei 325 g/kWh bei der ersten Messung. Mit abnehmender Last nahm der spezifische Kraftstoffverbrauch geringfügig zu und erhöhte sich bei einer Teillast von 10 % in Prüfphase 4 auf das Drei- bis Vierfache, nämlich auf 1.100 bis 1.300 g/kWh.

Demgegenüber betrug der spezifische Dieselloskraftstoffverbrauch zwischen 274 und 281 g/kWh bzw. bei der zweiten wiederkehrenden Messung 301 g/kWh. Der spezifische Verbrauch von Dieselloskraftstoff bei Nennlast lag demnach etwa 7 bis 12 % niedriger als von Rapsölkraftstoff. Die korrespondierenden Messungen bei 263 Bh (Rapsöl) bzw. 269 Bh (Diesel) wiesen in allen Betriebsphasen die höchsten Kraftstoffverbräuche auf. Dies kann möglicherweise darin begründet liegen, dass bei diesen Messungen im Jahr 2006 eine gegenüber den nachfolgenden Messungen längere Rohrleitung zur Abgasabführung notwendig war, die einen höheren Abgasgedruck und damit einen Kraftstoffverbrauchsanstieg verursacht haben könnten.

Bei den Messungen bei 1.520 bzw. 1.525 Bh wurde der Kraftstoffverbrauch aus dem CAN-Bus des Deutz-Fahr Traktors ausgelesen, da eine Fehlfunktion der Wägeeinrichtung vorlag. Hierzu

wurden die gravimetrisch ermittelten Kraftstoffverbräuche in Abhängigkeit der Ausgabewerte des CAN-Bus Speichers der vorangegangenen Messungen in einem Koordinatensystem aufgetragen. Die Regressionsanalyse ergab eine Abweichung des linearen Zusammenhangs von weniger als 1 %. Mithilfe der kraftstoffspezifischen Regressionskoeffizienten konnten die Kraftstoffverbräuche bei den Messungen bei 1.520 bzw. 1.525 Bh berechnet werden.

Mit abnehmender Leistung, bzw. bei geringer werdenden absoluten Kraftstoffverbräuchen sind die Ergebnisse größeren Schwankungen unterworfen (z. B. Prüfphase 4), weil sich dabei die Unsicherheit des Bestimmungsverfahrens stärker auf das Ergebnis auswirkt. Daneben sind auch die Betriebspunkte nicht bei allen Messungen immer exakt gleich einstellbar, so dass geringfügige Abweichungen von Drehzahl und Last je nach Betriebspunkt zu mehr oder weniger starken Veränderungen des Kraftstoffverbrauchs führen können.

Für den Leerlaufbetrieb (Prüfphase 8) kann kein spezifischer Kraftstoffverbrauch angegeben werden, da an der Zapfwelle keine Leistung abgefordert wird.

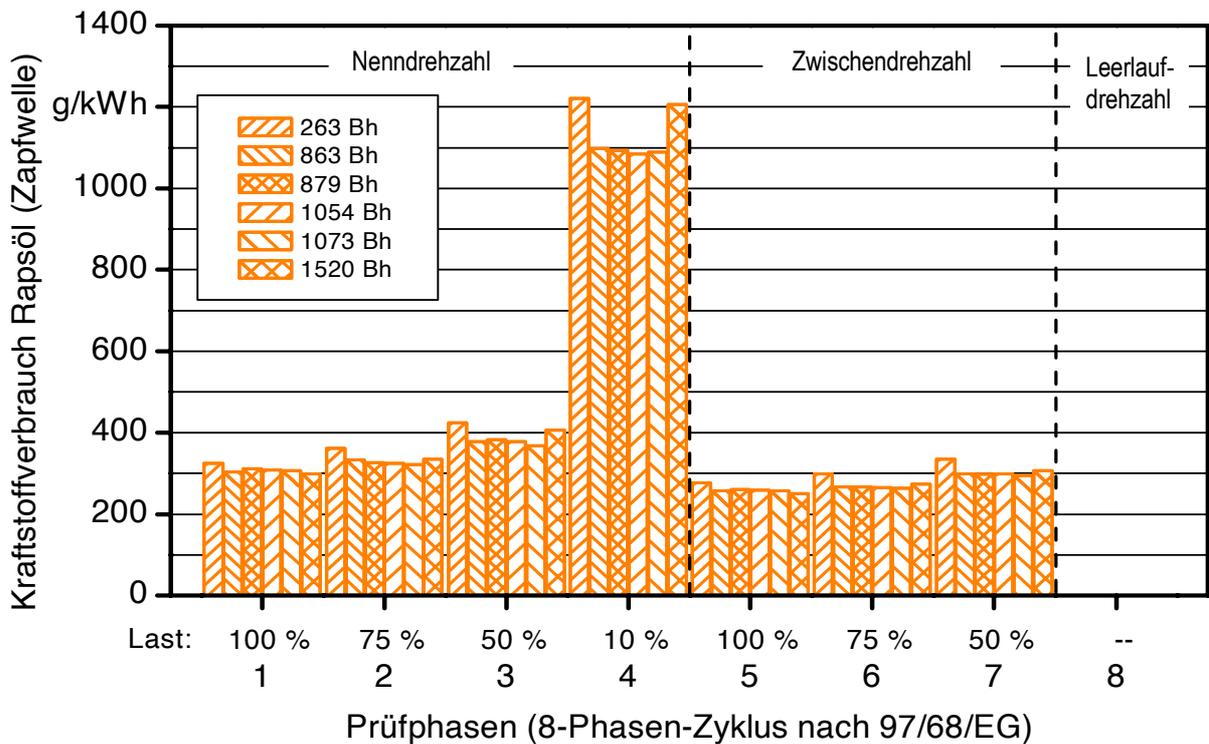


Abbildung 52: Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit)

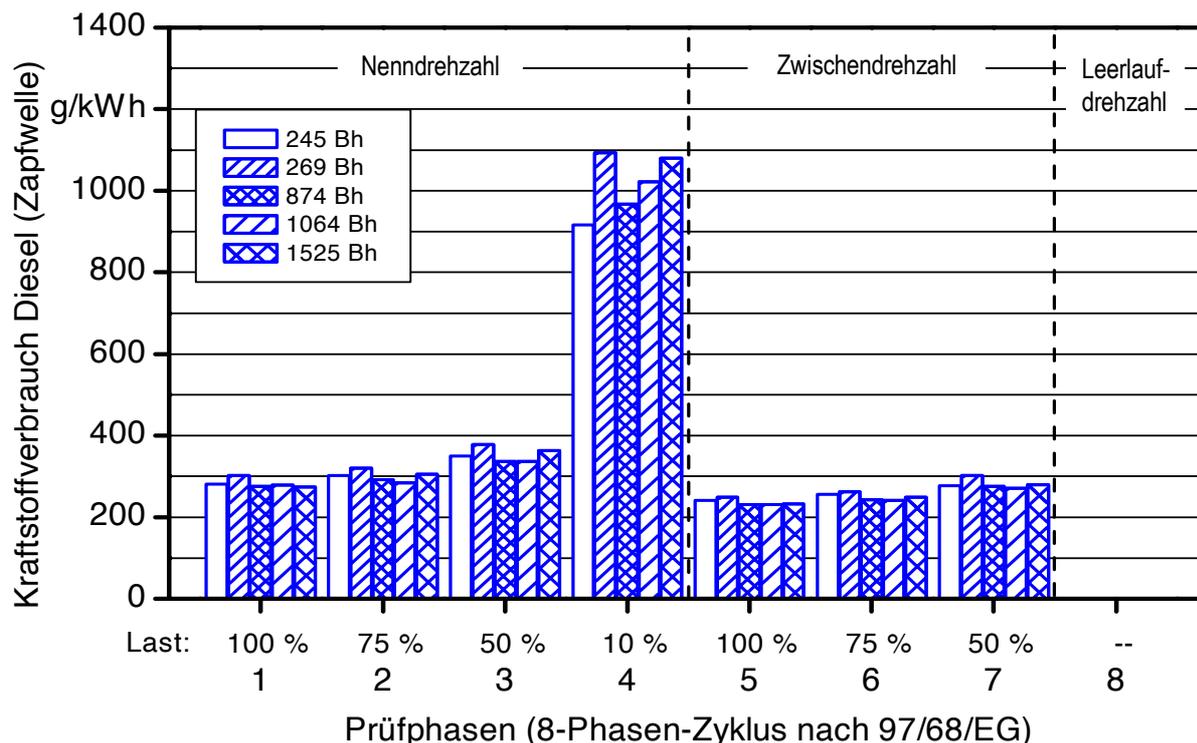


Abbildung 53: Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit)

### 5.7.2 Fendt Farmer Vario 412

Abbildung 54 und Abbildung 55 zeigen den spezifischen Kraftstoffverbrauch in den einzelnen Prüfphasen für den Fendt Traktor mit Rapsöl- bzw. Dieseldieselkraftstoff. Mit Rapsölkraftstoff lag der spezifische Verbrauch bei Nennlast bei etwa 300 g/kWh zu Beginn der Untersuchungen bei 1.945 Bh und zwischen ca. 266 und 271 g/kWh bei den darauffolgenden Messungen. Mit abnehmender Last nahm der spezifische Kraftstoffverbrauch wie beim Deutz-Fahr Agrottron in den meisten Fällen geringfügig zu und wies in Prüfphase 4 bei einer Teillast von 10 % etwas mehr als das Doppelte auf.

Die höchsten Werte wurden wie beim Deutz-Fahr Traktor bei den ersten Messungen bei 1.940 bzw. 1.945 Bh ermittelt. Dies kann, wie oben erwähnt, auf den etwas höheren Abgasgedruck durch die längere Rohrleitung bei der Abgasabführung zurückgeführt werden. Daneben könnte auch die nach der ersten Messung beim Fendt Traktor erfolgte Leistungsanhebung zu einer Verringerung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs beigetragen haben.

Der spezifische Verbrauch des Fendt Traktors bei Dieseldieselkraftstoffbetrieb war ähnlich wie beim Deutz-Fahr Traktor etwa 8 bis 12 % geringer als beim Rapsölkraftstoffbetrieb und betrug bei der ersten Messung bei Vollast 266 g/kWh sowie bei den weiteren Messreihen 239 bis 248 g/kWh. Gegenüber dem Deutz-Fahr Traktor lag der spezifische Kraftstoffverbrauch des Fendt Farmer Vario 412 bei Nennlast etwa um 25 bis 40 g/kWh günstiger.

Die Motorenoptimierung mit Erneuerung der Einspritzdüsen nach den Messungen bei 2.645 Bh machte sich in einem lediglich geringfügigen Rückgang des spezifischen Kraftstoffverbrauchs in fast allen Prüfphasen bemerkbar.

Für den Leerlaufbetrieb (Prüfphase 8) konnte wie oben erwähnt kein spezifischer Kraftstoffverbrauch ermittelt werden.

Aufgrund des sehr hohen spezifischen Kraftstoffverbrauchs in Prüfphase 4 bei beiden Traktoren sollte Schwachlastbetrieb insbesondere im oberen Drehzahlbereich, wie bekannt, im Praxisbetrieb auf das notwendige Maß beschränkt werden.

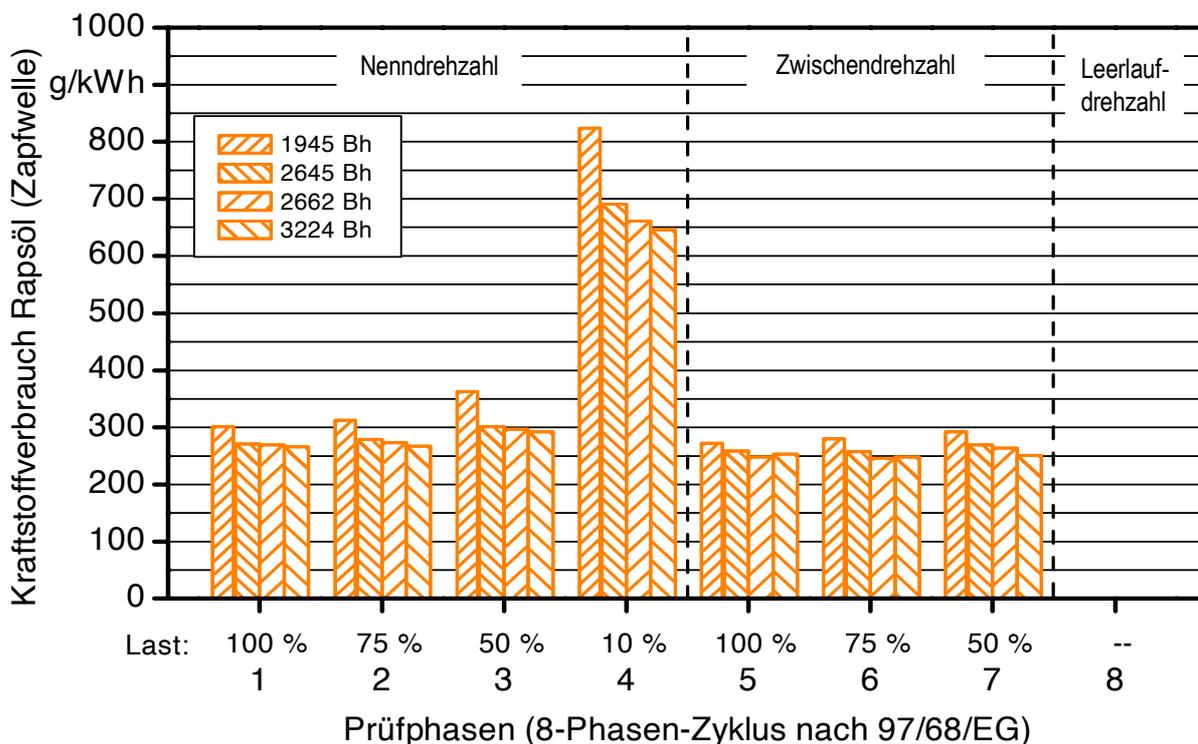


Abbildung 54: Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Fendt Farmer Vario bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit)

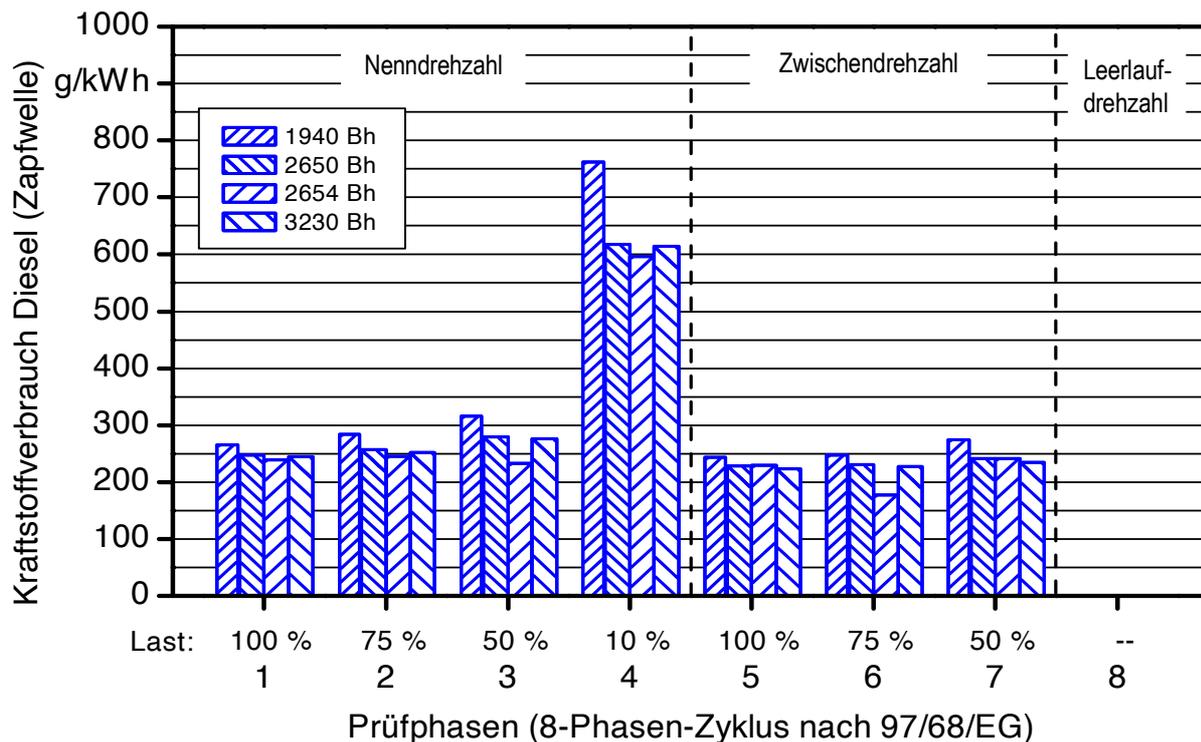


Abbildung 55: Spezifischer Kraftstoffverbrauch des Fendt Farmer Vario bei den Prüfphasen 1 bis 7 bei den wiederkehrenden Emissionsmessungen (bezogen auf Zapfwellenarbeit)

## 5.8 Limitierte Abgaskomponenten

Die Ergebnisse der wiederkehrenden Emissionsmessungen am Abgasprüfstand des Technologie- und Förderzentrums werden in den nachfolgenden Kapiteln dargestellt. Die einzelnen Werte sind in Anhang 27 und Anhang 28 aufgeführt. Zur Charakterisierung der Bedingungen während der Emissionsmessungen sind die Mittelwerte und Standardabweichungen der kontinuierlich erfassten Betriebsdaten der Traktoren und des Prüfstands sowie die Randbedingungen prüfphasenspezifisch in Anhang 29 bis Anhang 54 angegeben.

### 5.8.1 Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160

Die Emissionsmessungen mit dem Deutz-Fahr Traktor fanden unmittelbar vor der Umrüstung mit Dieselkraftstoff (bei ca. 245 Betriebsstunden) sowie wiederkehrend nach der Umrüstung mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff statt. Nach 870 Bh wurden die Einspritzdüsen erneuert, um ggf. Auswirkungen auf die Abgasemissionen festzustellen. Bei den Untersuchungen bei 1.064 Bh mit Dieselkraftstoff wurde die Düsenbeheizung und Kraftstoffvorwärmung abgeschaltet, da diese lediglich als Anpassungsmaßnahme bei der Umrüstung für den Einsatz von Rapsölkraftstoff dient. Gleiches gilt für die Emissionsmessungen bei 1.525 Bh.

Im Dieselbetrieb vor der Umrüstung erfüllte der Deutz-Fahr Traktor die Abgasstufe II (Abbildung 56, Abbildung 57, Abbildung 58, Abbildung 59). Die  $\text{NO}_x$ -Emissionen lagen exakt

am Grenzwert. Bei der Umrüstung wurden die Einspritzdüsen ausgetauscht, der Einspritzdruck erhöht und die Kraftstofftemperatur über eine Düsenvorheizung angehoben, wodurch sich das Emissionsverhalten änderte. So wurden anschließend beim Betrieb mit Dieselmotorkraftstoff ca. 50 % höhere Partikelmasse- und ca. 4 % höhere NO<sub>x</sub>-Emissionen ermittelt.

Beim Betrieb mit Rapsölmotorkraftstoff konnte eine weitere Erhöhung der NO<sub>x</sub>-Emissionen festgestellt werden, so dass der Grenzwert um ca. 14 % überschritten wurde (Abbildung 57). Bei den Partikelmasse-Emissionen wurde hingegen ein Rückgang mit Rapsölmotorkraftstoff beobachtet (Abbildung 59). Eine deutliche Reduzierung um über 60 % konnte im Rapsölmotorkraftstoffbetrieb bei den Kohlenwasserstoffen (HC), verglichen mit dem Dieselmotorkraftstoffbetrieb vor und nach der Umrüstung, beobachtet werden, so dass sogar die Anforderung der Abgasstufe III B hinsichtlich der HC-Emissionen mit Rapsölmotorkraftstoff eingehalten wurde.

Der Düsenwechsel bei 870 Betriebsstunden führte zu einer Verminderung von CO, HC und Partikelmasse beim Betrieb mit Rapsölmotorkraftstoff und für HC beim Dieselmotorkraftstoffbetrieb. Dieser Vorteil war jedoch bei den darauffolgenden Messreihen nicht mehr erkennbar, was auf eine schnelle Rückstandsbildung an den Düsen Spitzen schließen lässt.

Zu Beginn der Untersuchungen bei 245 und 265 Bh wurde die Partikelmasse im heißen Abgas nach VDI 2066 bestimmt. Bei 863 und 875 Bh wurde zusätzlich die Partikelprobenahme nach ISO 8178 entsprechend der Richtlinie 97/68/EG durchgeführt (Kapitel 4.4.5). Dabei zeigten sich erwartungsgemäß um 12 bis 27 % höhere Partikel-Emissionen. Der Grund für die höheren Werte nach ISO 8178 liegt darin, dass es bei der Probenahme im kalten Abgas zur Kondensation von Kohlenwasserstoffen kommt, die sich an den Partikeln anlagern können und somit bei der gravimetrischen Auswertung miterfasst werden. Bei allen weiteren Messungen erfolgte die Bestimmung der Partikel-Emission nach ISO 8178 bzw. Richtlinie 97/68/EG.

Bei den Emissionsmessungen bei 1.064 und 1.073 Bh entsprachen die spezifischen Emissionen der limitierten Abgaskomponenten im Wesentlichen denen der vorangegangenen Messungen. Lediglich im Dieselmotorkraftstoffbetrieb bei 1.064 Bh waren höhere CO- und Partikelmasse-Emissionen zu verzeichnen. Das zeitweise Außerkräftsetzen der Rapsöl-Umrüstung führte also entgegen der Erwartungen zu einer Verschlechterung des Emissionsverhaltens gegenüber dem Dieselmotorkraftstoffbetrieb mit Kraftstoffvorwärmung und Düsenbeheizung. Gleiches zeigte sich, wenn auch in geringerem Ausmaß, bei den Emissionsmessungen bei 1.525 Bh.

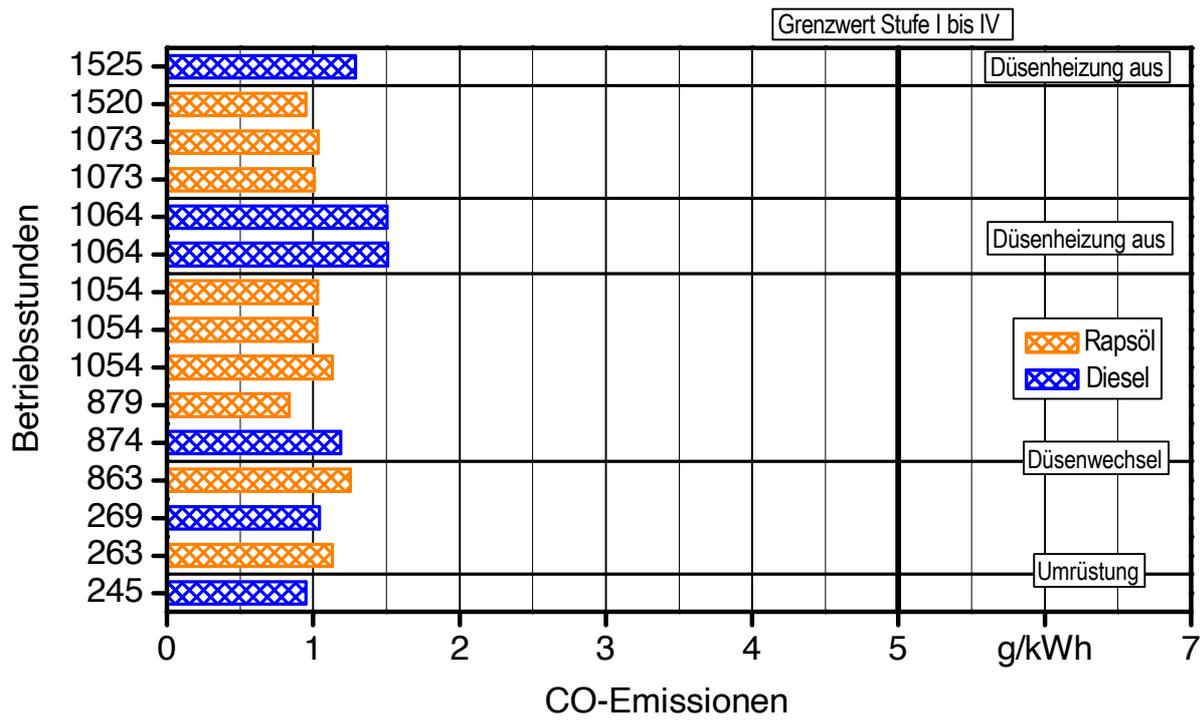


Abbildung 56: CO-Emissionen des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

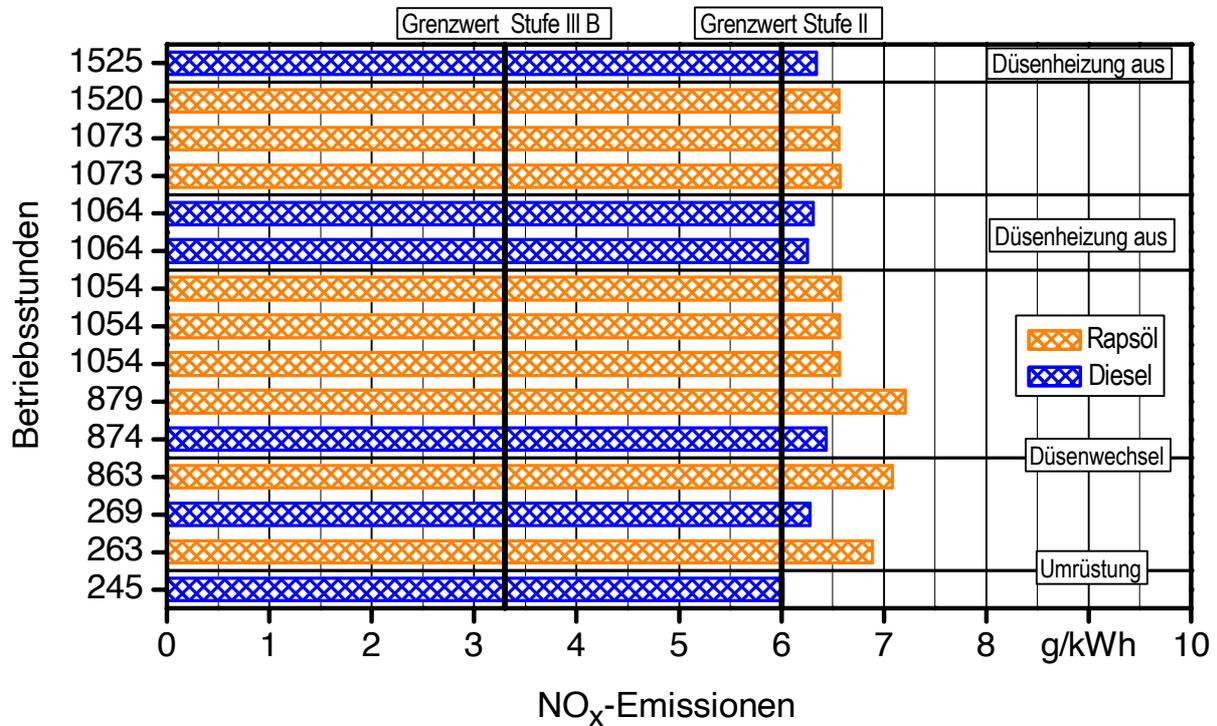


Abbildung 57: NOx-Emissionen des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

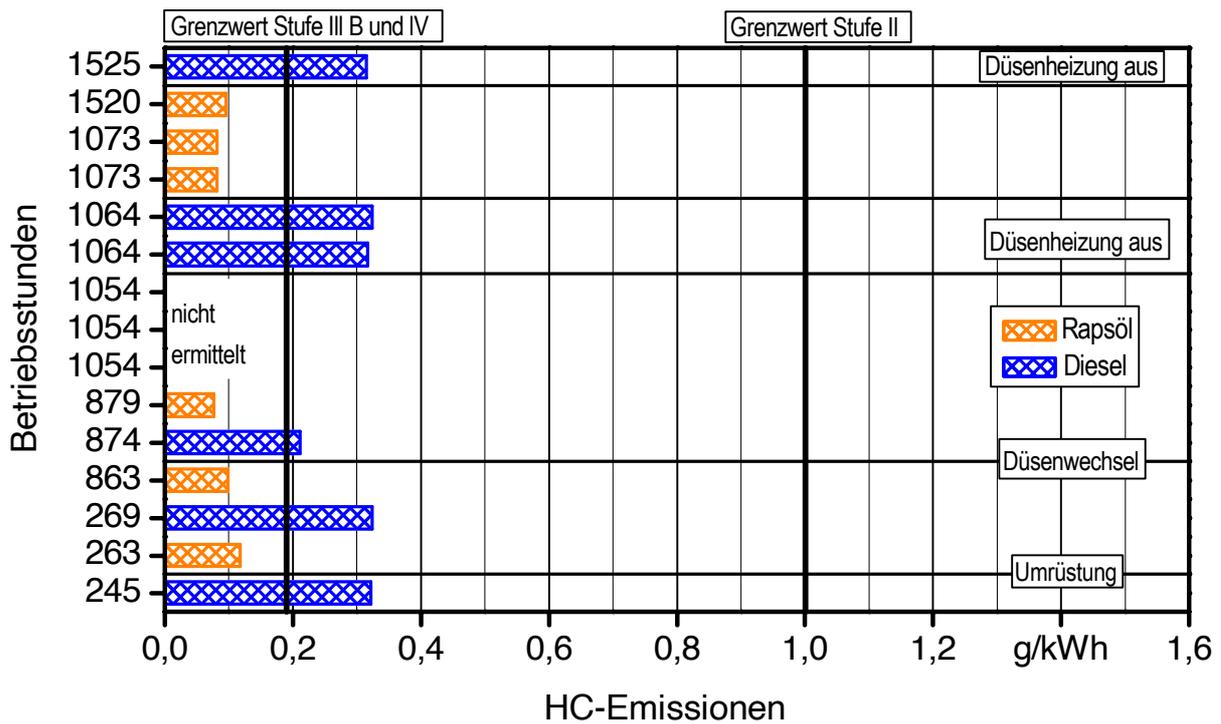


Abbildung 58: HC-Emissionen des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

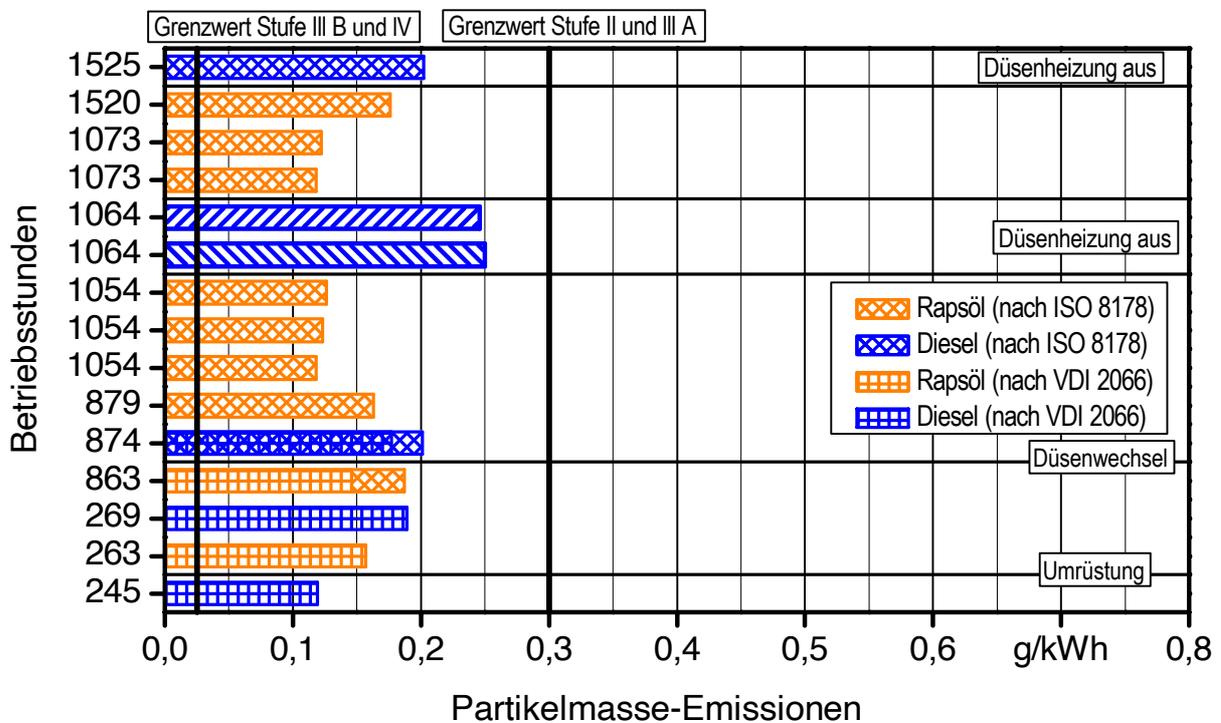


Abbildung 59: Partikelmasse-Emissionen des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

Bei detaillierter Betrachtung der limitierten Abgasemissionen des Traktors in den einzelnen Prüfphasen, beispielhaft für die Emissionsmessungen bei 1.064 und 1.073 Bh, wird deutlich, dass es im Leerlauf (Prüfphase 8) mit Rapsölkraftstoff zu höheren CO- und Partikelmasse-Emissionen kommt als mit Dieseldieselkraftstoff (Abbildung 60 und Abbildung 63).

In allen anderen Lastpunkten waren die CO- und Partikelmasse-Emissionen geringer. In sieben der acht Prüfphasen wies der Betrieb mit Rapsölkraftstoff leicht höhere NO<sub>x</sub>-Emissionen auf (Abbildung 61), wohingegen die HC-Emissionen über alle Prüfphasen deutlich geringer waren als mit Dieseldieselkraftstoff (Abbildung 62).

Hohe Drehzahlen und Lasten wirken sich im Allgemeinen günstig auf den Verbrennungsprozess von Rapsölkraftstoff aus, da die dabei herrschenden Bedingungen im Brennraum, wie hohe Drücke, Temperaturen und verstärkte Ladungsbewegung zu einem besseren Sprühbild, einer intensiveren Gemischbildung und geringeren Abgasemissionen führen [22]. Im Schwachlastbetrieb hingegen bedingt die hohe Viskosität des Rapsölkraftstoffs eine zunehmend schlechtere Zerstäubungsqualität und damit einen erhöhten Schadstoffausstoß.

Es kann festgestellt werden, dass über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg, abgesehen von den Stickstoffoxiden, die Grenzwerte der limitierten Abgaskomponenten bei allen Messungen sowohl im Diesel- als auch im Rapsölkraftstoffbetrieb eingehalten wurden. Verfahrensbedingt unterliegen die Ergebnisse gewissen Schwankungen. Dennoch lässt sich keine signifikante Veränderung des Emissionsverhaltens im Laufe der wiederkehrenden Messungen feststellen.

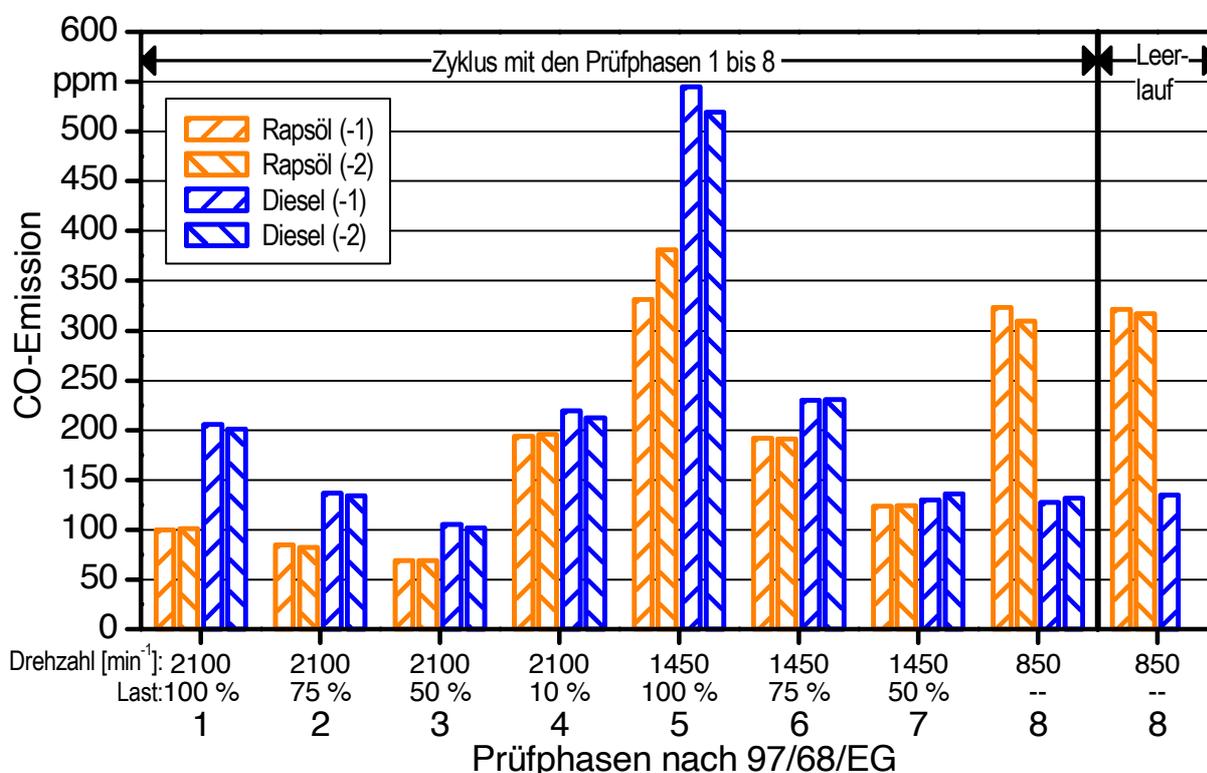


Abbildung 60: CO-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieseldieselkraftstoff bei 1.064 und 1.073 Bh

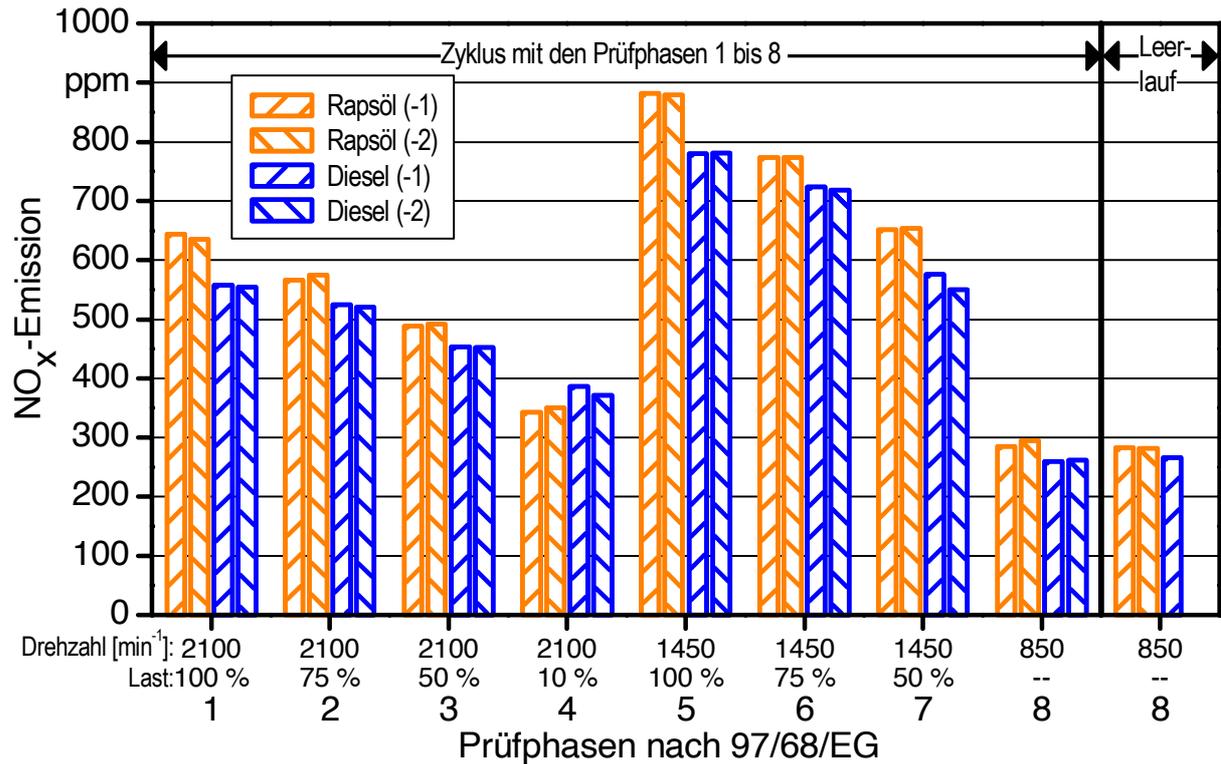


Abbildung 61: NO<sub>x</sub>-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei 1.064 und 1.073 B/h

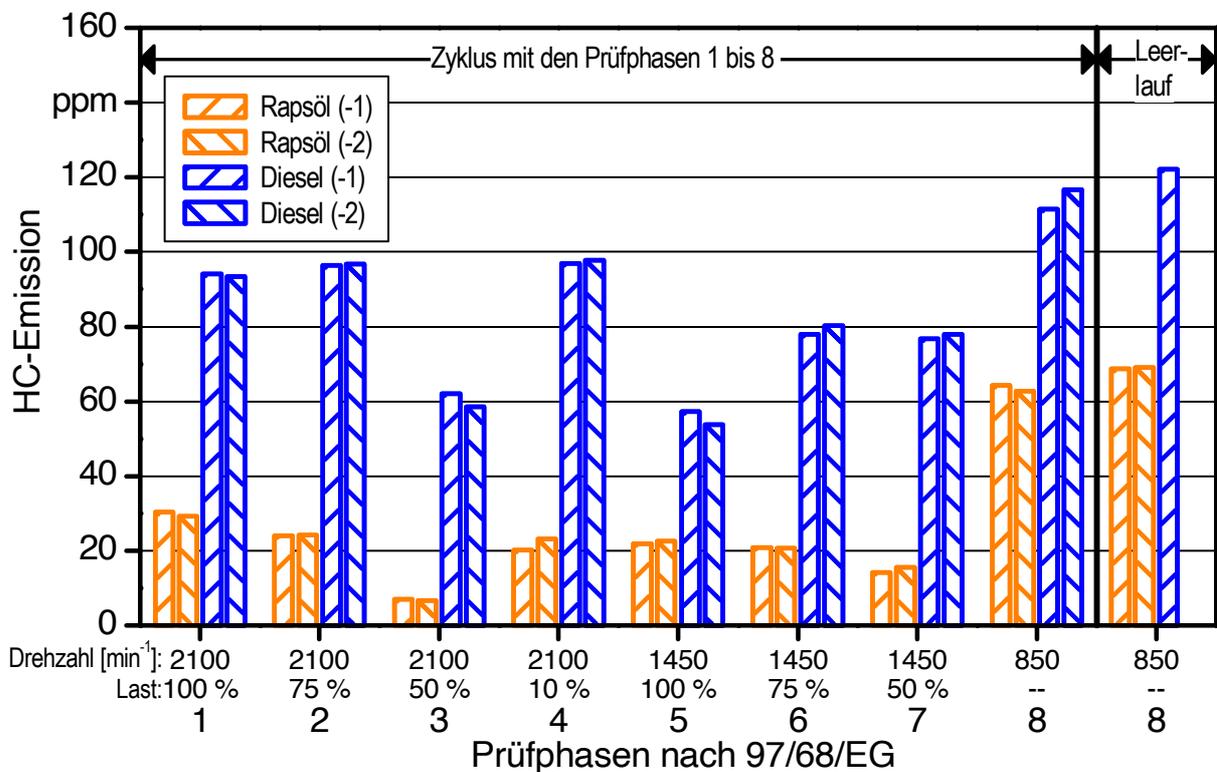


Abbildung 62: HC-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei 1.064 und 1.073 B/h

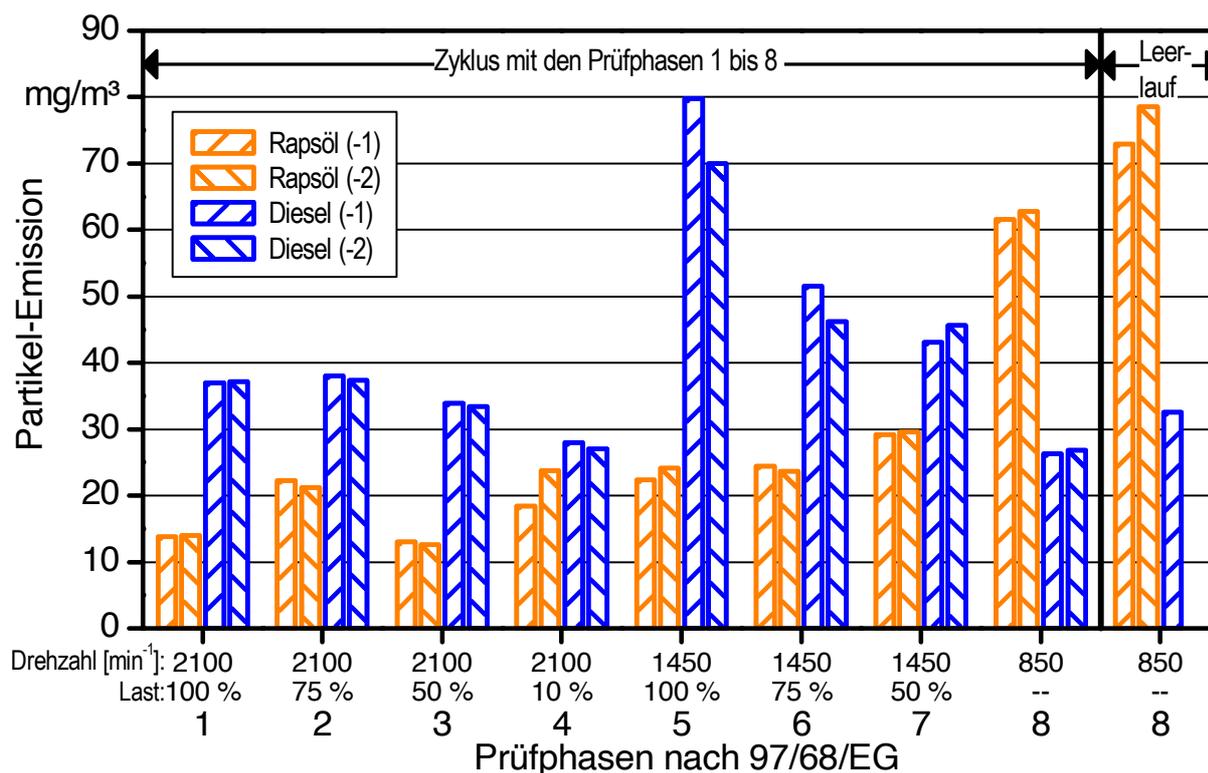


Abbildung 63: Partikel-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 (Abgasstufe II) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei 1.064 und 1.073 Bh

### 5.8.2 Fendt Farmer Vario 412

Der Fendt Traktor (Abgasstufe I) wurde im Jahre 2003 im Neuzustand auf Rapsölkraftstoff umgerüstet und hatte bis zu Beginn der Emissionsmessungen insgesamt etwa 1.950 Bh ausschließlich mit Rapsölkraftstoff absolviert. Bei 2.267 Bh wurde die eingespritzte Kraftstoffmenge zur Leistungsanhebung erhöht und nach etwa 2.650 Bh wurde ein Einspritzdüsenwechsel vorgenommen.

Die Einhaltung der Abgasstufe I konnte im Rapsölbetrieb nachgewiesen werden (Abbildung 64, Abbildung 65, Abbildung 66, Abbildung 67). Im Dieselmotorkraftstoffbetrieb kam es bei den ersten Messungen bei 1.940 Bh zu einer Überschreitung des Grenzwertes für CO um ca. 13 %. Jedoch waren die Einspritzdüsen bei den Emissionsmessungen bereits 2.000 Bh ohne Wartung im Einsatz. Durch Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge konnte eine deutliche Reduzierung der CO- und Partikelmasse-Emissionen festgestellt werden. Dies begründet sich möglicherweise dadurch, dass durch eine frühere Düsenöffnung auch die Verbrennung im Brennraum eher beginnt und dadurch eine vollständigere Verbrennung erfolgen kann. Bei zu spätem Einspritzen insbesondere von Rapsölkraftstoff mit einem größeren Zündverzug kann der Verbrennungsverlauf des Kraftstoff-/Luftgemisches weiter in die Expansionsphase verschleppt werden, wodurch die Flamme vorzeitig erlischt und die Rußoxidation endet. Der Wechsel der Einspritzdüsen führte zu einem weiteren Rückgang der CO- und Partikelmasse-Emissionen. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen waren beim Betrieb mit Rapsölkraftstoff um bis zu 13 % höher als im Dieselmotorkraftstoffbetrieb. Bei allen anderen limitierten Emissionen zeigte der Betrieb mit Rapsölkraftstoff meist deutliche Vorteile gegenüber dem Betrieb mit Dieselmotorkraftstoff, so dass für diese auch die Anforderungen der Abgasstufe II und mit Ausnahme

von NO<sub>x</sub> auch der Abgasstufe III A mit dem Fendt Traktor (Abgasstufe I) eingehalten werden konnten.

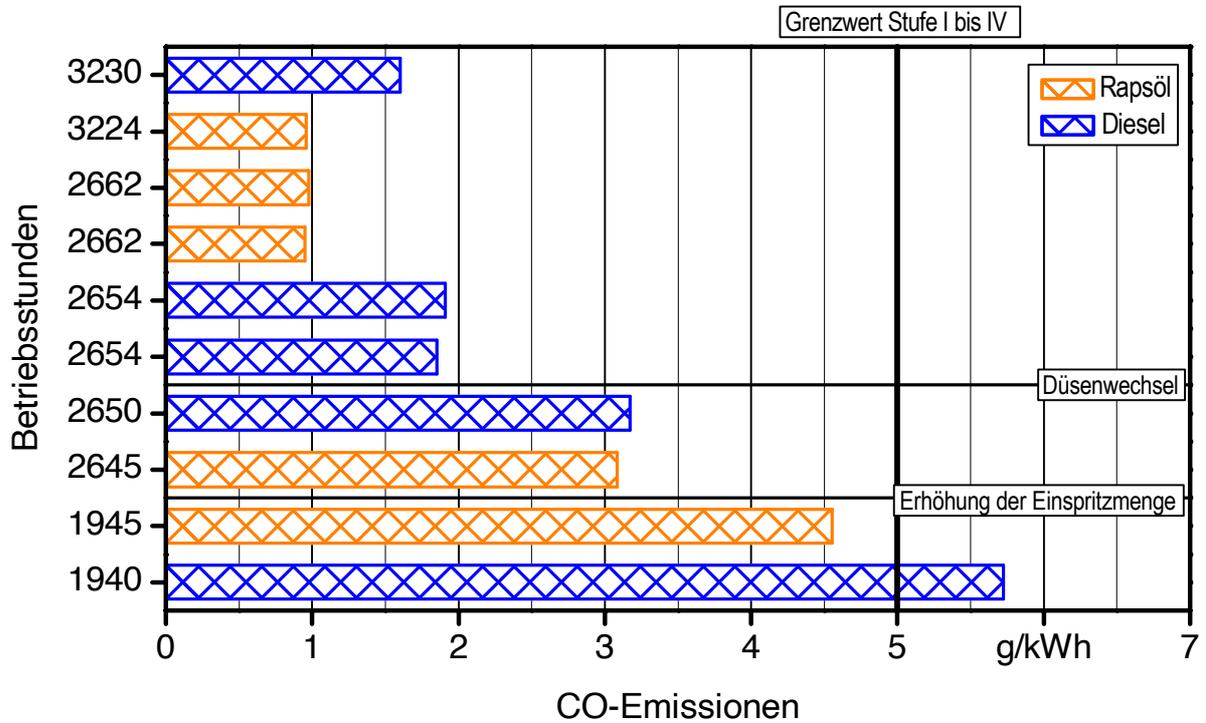


Abbildung 64: CO-Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

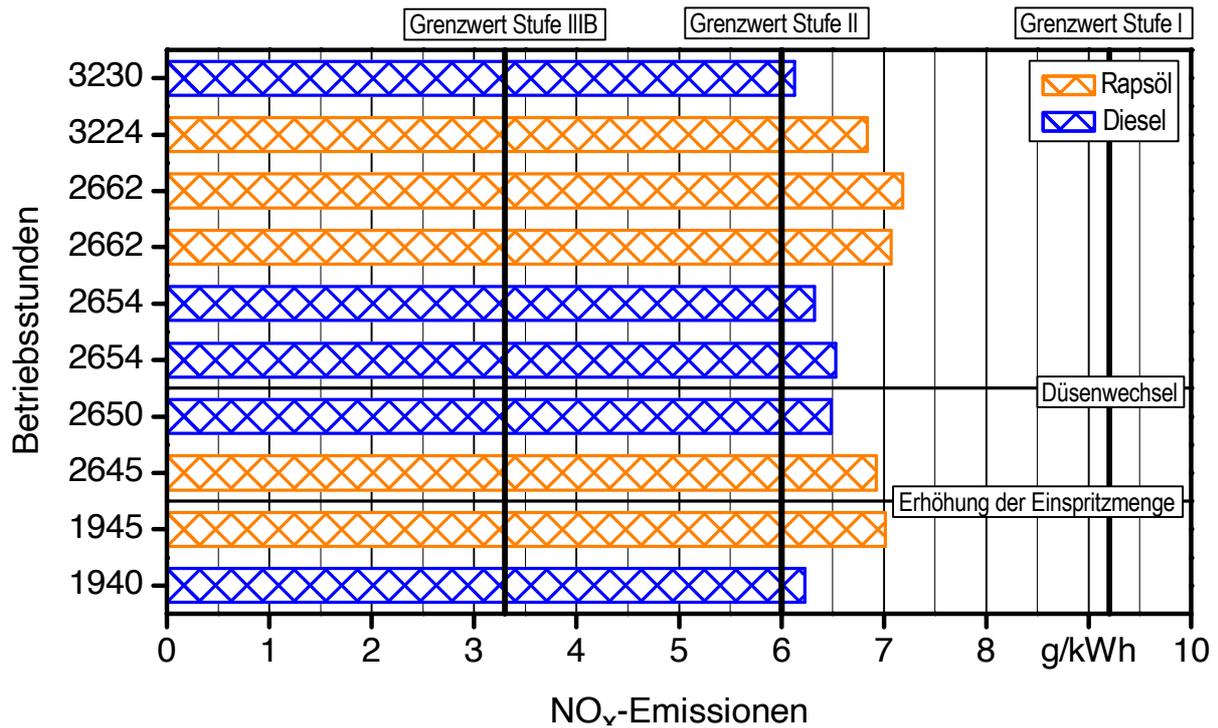


Abbildung 65: NO<sub>x</sub>-Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

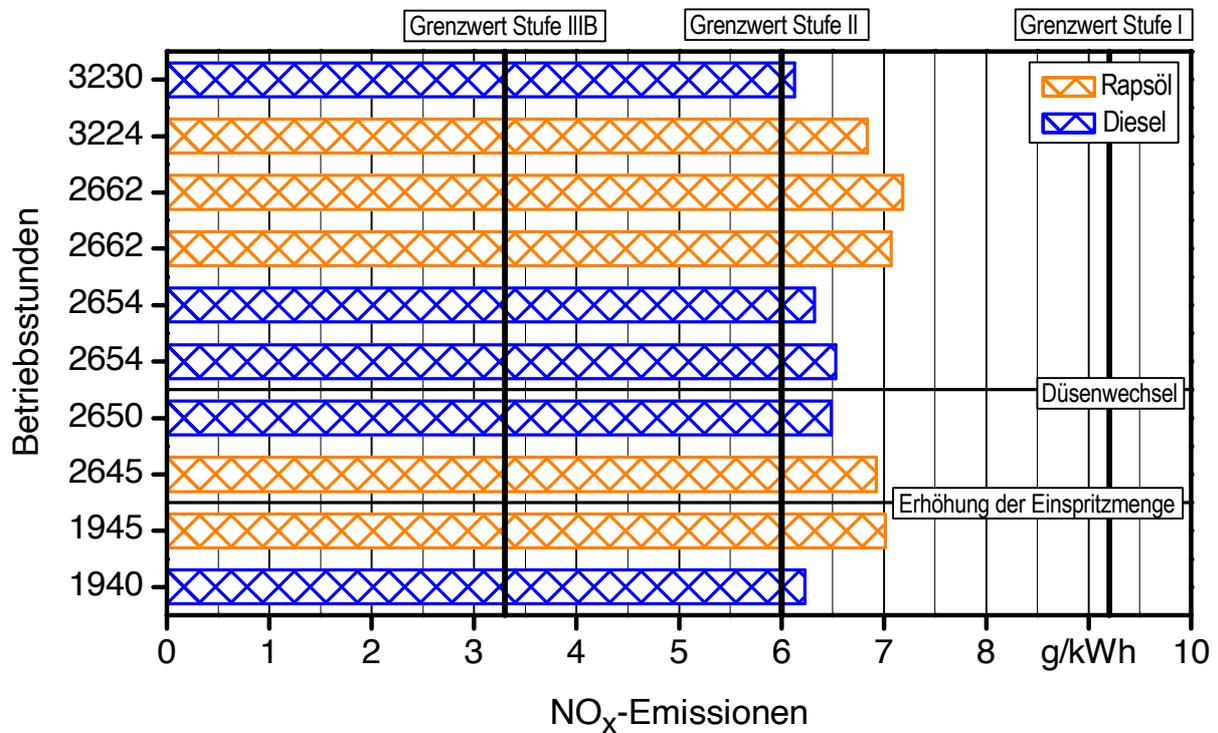


Abbildung 66: HC-Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

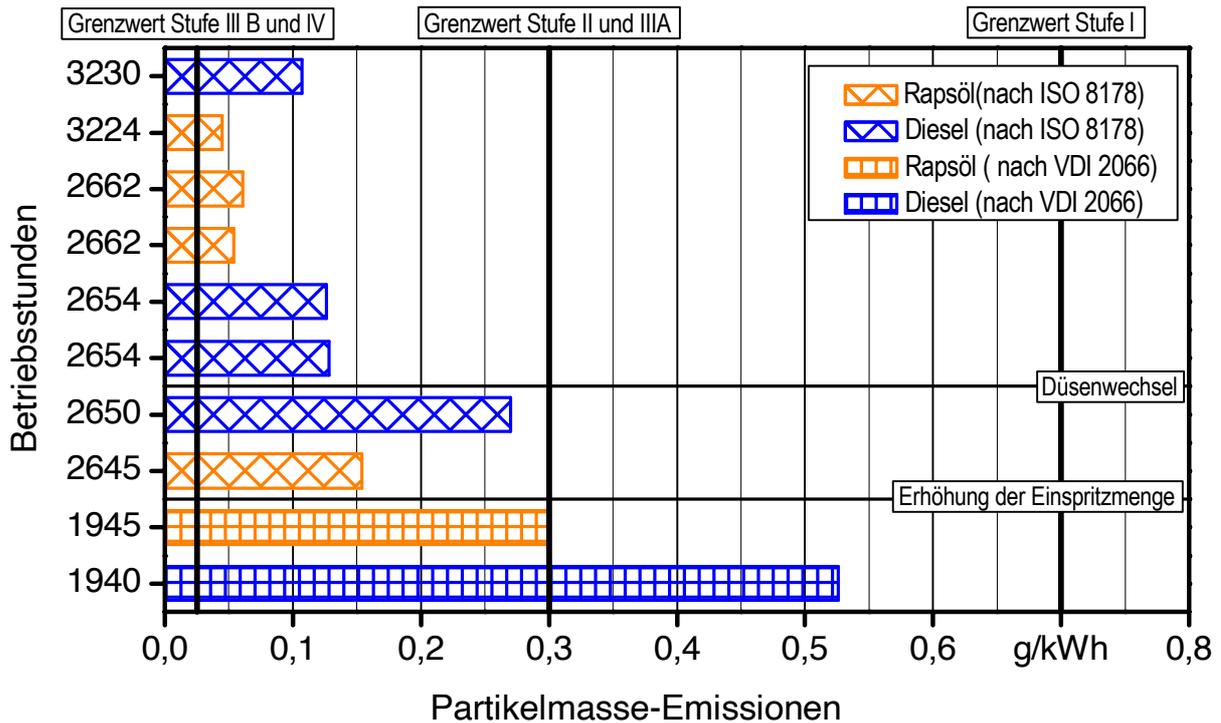


Abbildung 67: Partikelmasse-Emissionen des Fendt-Traktors (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei wiederkehrenden Messungen

Werden die Abgasemissionen in jeder Betriebsphase einzeln betrachtet, so zeigt sich im Wesentlichen ein ähnliches Bild, wie beim Deutz-Fahr Traktor. In Abbildung 68 bis Abbildung 71 sind die Emissionskonzentrationen beispielhaft für die Messungen bei 2.662 und 2.654 Bh für Rapsöl- und Dieselkraftstoff prüfphasenspezifisch dargestellt. Leerlaufbetrieb führte beim Betrieb mit Rapsölkraftstoff zu höheren Partikelmasse- und CO-Emissionen als mit Dieselkraftstoff. Bei Teil- und Nennlast hingegen, waren die Partikelmasse- und CO-Emissionen gleich hoch oder geringer. Stickstoffoxide waren über alle Prüfphasen hinweg mit Rapsölkraftstoff durchweg geringfügig höher, Kohlenwasserstoffe dagegen deutlich geringer als mit Dieselkraftstoff.

Die wiederkehrenden Emissionsmessungen zeigen, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum von nahezu 1.300 Bh keinesfalls eine Verschlechterung des Emissionsverhaltens eintrat. Im Vergleich zu den gültigen Grenzwerten lagen die Messwerte meist auf deutlich geringerem Niveau und konnten durch Optimierungsmaßnahmen am Einspritzsystem noch weiter abgesenkt werden.

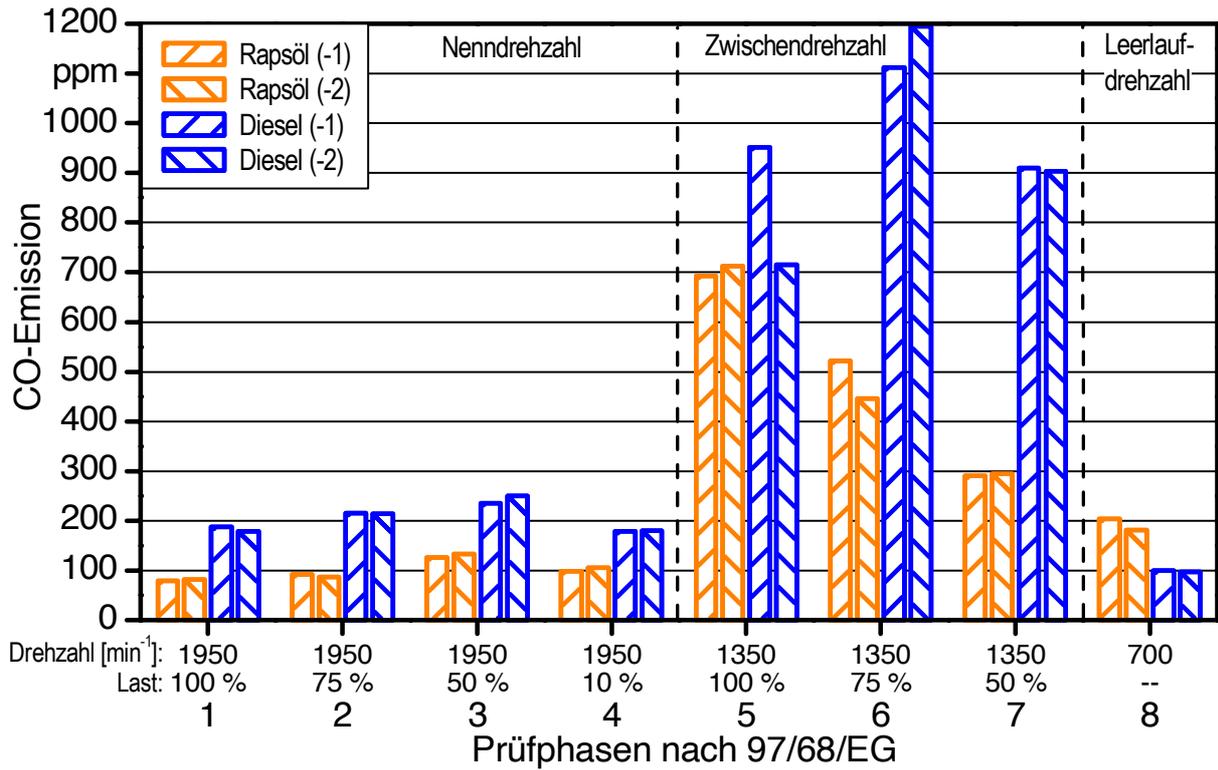


Abbildung 68: CO-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bhp

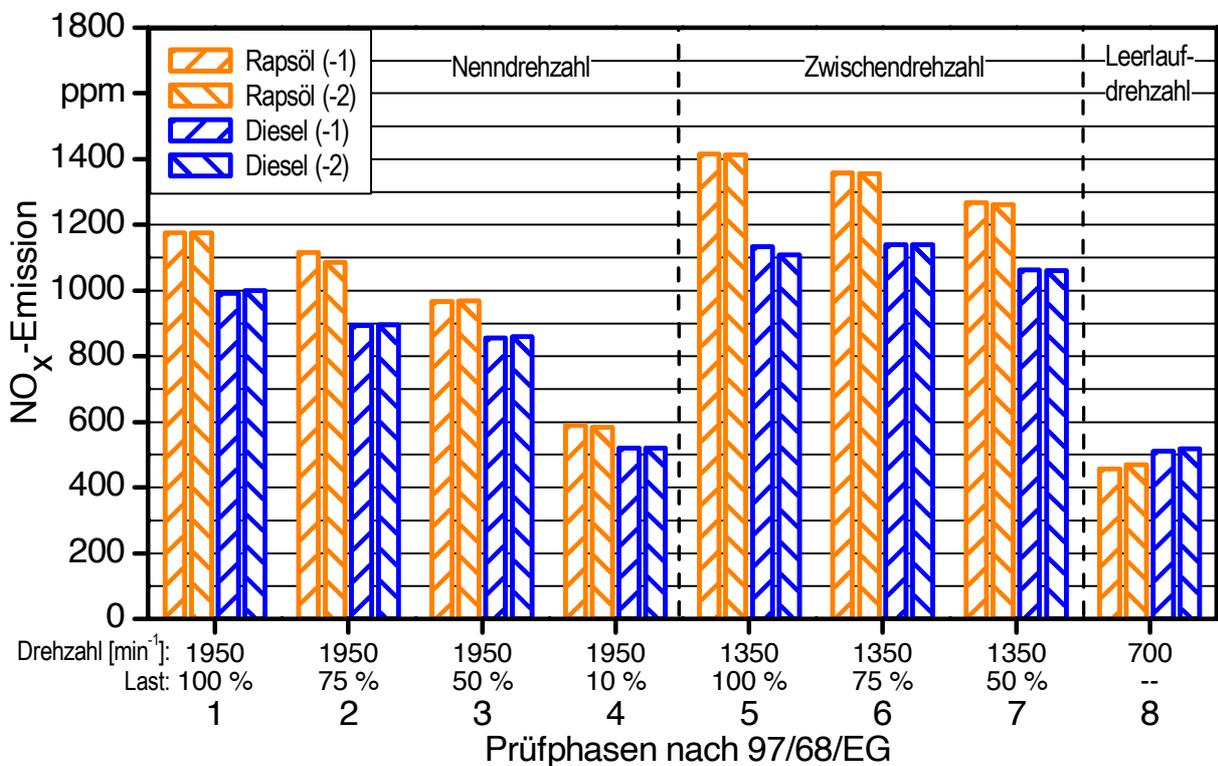


Abbildung 69: NO<sub>x</sub>-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselmotorkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bhp

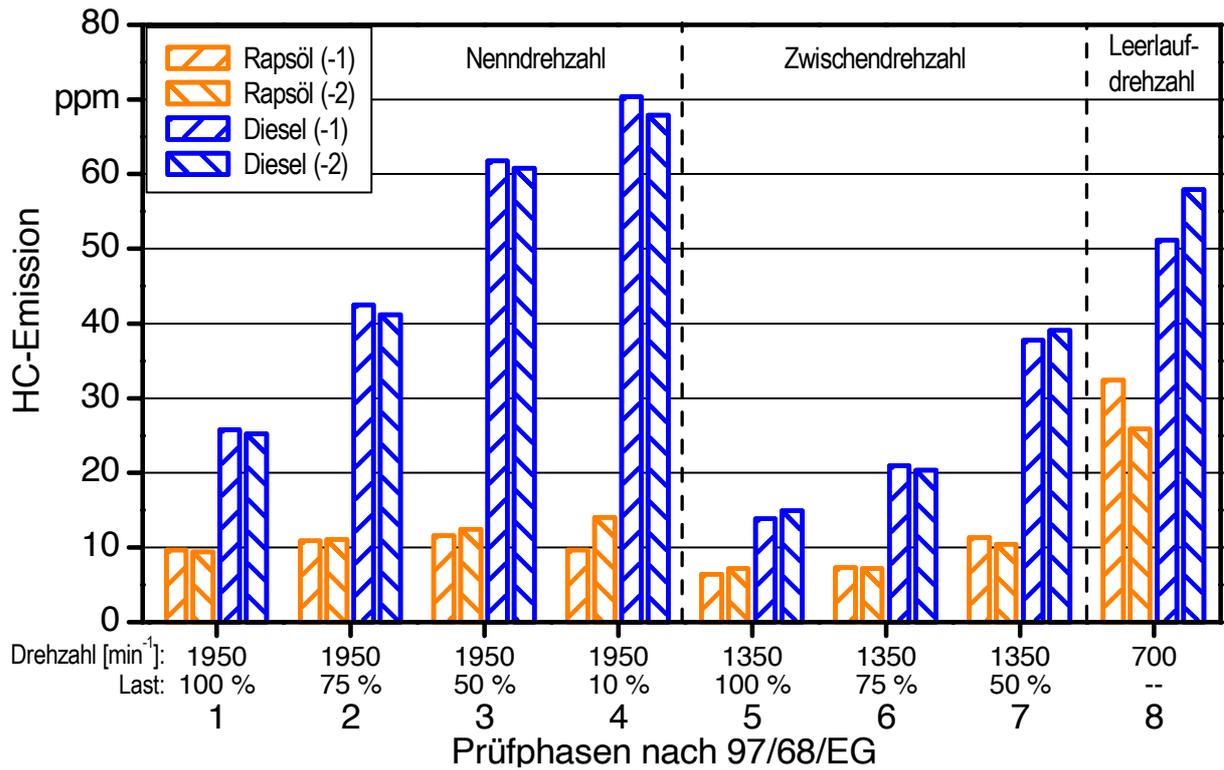


Abbildung 70: HC-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bh

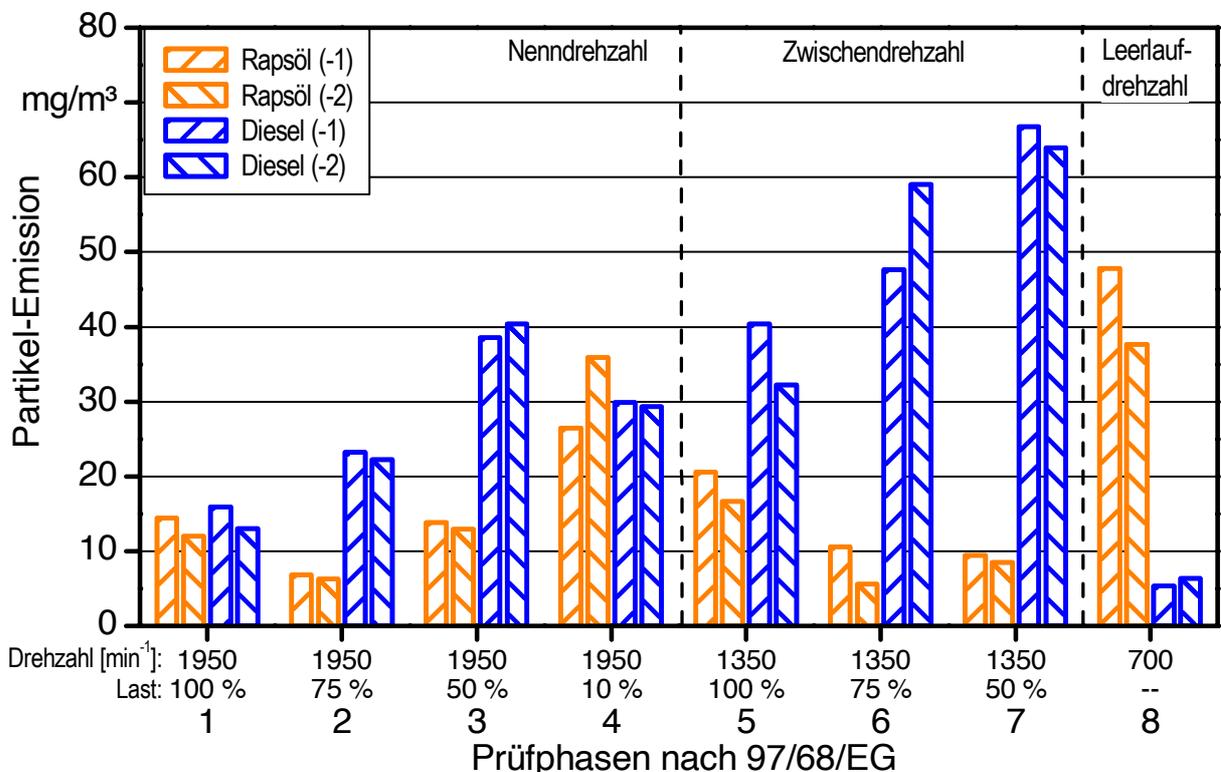


Abbildung 71: Partikel-Emissionen (bezogen auf trockenes Abgas) des Fendt Farmer Vario 412 (Abgasstufe I) mit Rapsöl- und Dieselkraftstoff bei 2.662 bzw. 2.654 Bh



## 6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die Nutzung von Rapsölkraftstoff in pflanzenöлтаuglichen Traktoren kann einen erheblichen Beitrag zum Klimaschutz leisten. Darüber hinaus bietet die Nutzung von Rapsölkraftstoff weitere Vorteile hinsichtlich des Boden- und Gewässerschutzes, der Erhöhung der Versorgungssicherheit und Steigerung der Wertschöpfung in der Landwirtschaft durch heimische Futtermittel- und Kraftstofferzeugung. Aufgrund der Energiesteuerbefreiung von Rapsölkraftstoff im Bereich der Landwirtschaft bietet sich in vielen Fällen auch die Möglichkeit der Kraftstoffkosteneinsparung im Vergleich zur Nutzung von fossilem Dieselmotorkraftstoff.

Die Entwicklung pflanzenöлтаuglicher Traktoren wurde bislang fast ausnahmslos von kleinen und mittelständischen Firmen durch Anpassung von Serien-Dieselmotoren vorgenommen. Gleichzeitig veränderte sich die konventionelle Dieselmotorentechnik rasant, z. B. durch die Einführung neuer Einspritzsysteme, angetrieben durch steigende Anforderungen von Seiten des Gesetzgebers und der Betreiber. Seit kürzerer Zeit engagieren sich auch namhafte Firmen der Landmaschinen- und Motorenindustrie bei der Entwicklung rapsölkraftstoffbetriebener Traktoren. Dies begründet sich unter anderem durch eine Vielzahl positiver Beispiele von rapsölbetriebenen Traktoren, auf die voranschreitende Normung von Rapsölkraftstoff und der Chance auf verbesserte Absatzzahlen bei weiterhin steigender Kundennachfrage aus dem In- und Ausland.

Bisherige Erfahrungen mit rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren sind vielversprechend. Dies zeigte beispielsweise das 100-Traktoren-Demonstrationsvorhaben. Auch mehrjährige Praxiseinsätze auf landwirtschaftlichen Betrieben der öffentlichen Verwaltung in Bayern verliefen überwiegend erfolgreich. Dennoch traten bisweilen auch technische Probleme auf, die auf eine mangelnde Abstimmung von Motor- und Umrüstsystem, Betriebsweise und Kraftstoffqualität beruhen. Dies sind z. B. unzureichender Kraftstofffluss im Kraftstoffsystem oder die Anreicherung von Rapsölkraftstoff im Motorenöl. Darüber hinaus können Fehlbedienungen und Fehlfunktionen beim Einsatz von Rapsölkraftstoff bereits frühzeitiger zu Störungen und Motorschäden führen als beim Einsatz von Dieselmotorkraftstoff.

Hemmnisse für eine stärkere Verbreitung von rapsölkraftstofftauglichen Traktoren in der Praxis sind die höheren Anschaffungskosten und die Befürchtung eines erhöhten Ausfallrisikos. Ein noch stärkeres Engagement der Industrie wird unter anderem durch die Unsicherheiten hinsichtlich der Einhaltbarkeit zukünftiger Emissionsgrenzwerte mit Rapsölkraftstoff gebremst.

Um zur Beantwortung von noch offenen Fragen hinsichtlich des Betriebs- und Emissionsverhaltens von rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren beizutragen, wurde das diesem Bericht zu Grunde liegende Untersuchungsvorhaben mit Mitteln des BayStMELF durchgeführt. Damit soll ein Beitrag geleistet werden, die Betriebssicherheit rapsölkraftstofftauglicher Traktoren zu erhöhen, technische Entwicklungen zu unterstützen, einen emissionsarmen Betrieb zu gewährleisten und die Diskussionen über zukünftige Strategien anzuregen.

Die Untersuchungen wurden an zwei rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren über einen Zeitraum von zwei Jahren durchgeführt, die am LVFZ Kringell im Praxiseinsatz betrieben wurden und vier bzw. fünfmal wiederkehrend am Prüfstand des Technologie- und Förderzentrums hinsichtlich Leistung, Drehmoment, Kraftstoffverbrauch und limitierter Abgasemissionen überprüft wurden. Dies sind ein Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (119 kW), Baujahr 2005 der Abgasstufe II und ein

Fendt Farmer Vario 412 (94 kW), Baujahr 2003 der Abgasstufe I. Zwar entsprechen die untersuchten Traktoren dem technischen Stand der derzeit überwiegend im Einsatz befindlichen Traktoren, aber eine Verallgemeinerung auf andere Traktoren oder die Übertragung der Ergebnisse auf neuere Traktorengenerationen, z. B. der Abgasstufe III A ist nicht uneingeschränkt möglich. Dennoch können aus den gewonnenen Erkenntnissen wichtige allgemeine Hinweise für einen sicheren und emissionsarmen Betrieb von rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren abgeleitet werden.

Die beiden Traktoren bewiesen während des Untersuchungszeitraums von 22 Monaten zwischen März 2006 und Dezember 2007 ihre volle Einsatztauglichkeit. Innerhalb der etwa 1.300 absolvierten Betriebsstunden je Traktor waren kaum Betriebsstörungen zu beanstanden. Lediglich beim Deutz-Fahr Traktor führte ein unzureichender Kraftstoffförderdruck, ausgelöst durch eine Ermüdung der Kraftstoffpumpe bzw. des Druckhalteventils zu einer Minderleistung. Dies wurde bei einer Leistungsmessung am Prüfstand beim Betrieb mit Dieselmotorkraftstoff bemerkt. Dieses Schadensbild ist nicht eindeutig dem Einsatz von Rapsölkraftstoff zuzuordnen. Bei Feststellung einer Minderleistung sollte daher auch stets geprüft werden, ob ein ausreichender Kraftstoffvordruck vorhanden ist.

Bezüglich der Wintertauglichkeit der beiden mit Ein-Tank-Systemen ausgestatteten Traktoren konnten im Rahmen dieses Vorhabens keine wesentlichen Erkenntnisse gewonnen werden, da nur wenige Einsatzstunden im Winter bei Temperaturen um den Gefrierpunkt absolviert wurden.

Die Anreicherung von Rapsölkraftstoff im Motoröl erfordert erfahrungsgemäß frühzeitigere Motorölwechsel als dies bei Dieselmotorbetrieb üblich ist. Die Untersuchungen ergaben beim Deutz-Fahr Traktor einen linearen Anstieg des Kraftstoffgehalts im Motorenöl von 5 % innerhalb von 60 Betriebsstunden. Beim Fendt Traktor kam es zu einem 5 %igen Anstieg in 130 Betriebsstunden. Der beim Deutz-Fahr Traktor binnen ca. 180 Bh auf 15 % angestiegene Rapsölanteil im Motoröl sollte nicht überschritten werden, weil es sonst zu einer starken Verdünnung der Funktionsadditive im Motoröl kommt. Der maximal zulässige Kraftstoffanteil im Motoröl ist jedoch nicht absolut anzugeben, da dieser von der Motorölformulierung (Grundöl, Additivierung) und den Betriebsbedingungen im Motor (z. B. Motoröltemperatur) abhängt. Beim Fendt Traktor mit kleinerem Ölvolu-men und höherer Motorölbetriebstemperatur ist trotz geringerem Kraftstoffeintrag in etwa das gleiche Motorölwechselintervall anzusetzen wie beim Deutz-Fahr Traktor. Dies leitet sich anhand von Ölanalysen ab, wo es nach einem anfänglichen Rückgang zu einem Anstieg der Viskosität bei ca. 200 Bh gekommen war. Dieser Umkehrpunkt markiert den Beginn einer beginnenden schnell voranschreitenden unkontrollierten Motorenölbildung und sollte daher nicht überschritten werden. Zukünftig gilt es verstärkt den Eintrag von Kraftstoff zu minimieren, die Motoröltemperaturen durch eine effektive Ölkühlung auf das für den jeweiligen Motor günstige Niveau zu begrenzen und Entwicklungen zu einem Motorenölprodukt mit geringerer Polymerisationsneigung voranzutreiben. Daneben sollte auch geprüft werden, welchen Beitrag dazu die Verbesserung der Rapsölkraftstoffqualität, z. B. durch Additivierung leisten kann.

In diesem Zusammenhang sollten auch Möglichkeiten zur Minderung der Rückstandsbildung im Motor untersucht werden. Die Motorbefundungen an den beiden Traktoren weisen angesichts der Sauberkeit von Zylinder, Kolben, Ventilen und Abgasturbolader auf eine hohe Verbrennungsqualität hin. Allerdings ist eine Reduzierung der Verkokung an den Einspritzdüsen erforderlich, um ein gleichmäßig gutes Zerstäubungsverhalten sowie niedrige CO- und Partikelmasse-Emissionen

langfristig zu gewährleisten. Entgegen den Erwartungen trat jedoch innerhalb des Beobachtungszeitraums von zweimal ca. 650 Bh beim Deutz-Fahr und 700 bzw. 600 Bh beim Fendt Traktor trotz erkennbarer Ablagerungen an den Düsen keine signifikante Verschlechterung des Emissionsverhaltens im Vergleich zu neuen Düsen auf. Möglicherweise verstärken sich die gebildeten Ablagerungen ab einem bestimmten Grad nicht weiter oder lösen sich während des Betriebs zumindest teilweise wieder ab. Letzteres wird durch die poröse Struktur der Rückstände an den Düsen spitzen untermauert. Ein Verschleiß an Zylinderwänden oder Kolbenringen konnte im betrachteten Untersuchungszeitraum aufgrund der sehr gut sichtbaren, gleichmäßigen Honriefen und der an allen Zylindern einheitlichen Kompressionsdrücke nicht festgestellt werden.

Bei den vorliegenden Untersuchungen konnte zwar ein geringfügiger Anstieg von Leistung und Drehmoment um bis zu 10 %, aber auch ein massenbezogener, spezifischer Kraftstoffmehrverbrauch um ca. 10 % beim Einsatz von Rapsölkraftstoff beobachtet werden. Der Leistungsanstieg erklärt sich bei mechanischen Einspritzsystemen durch frühere Düsenöffnungszeiten und den meist höher anstehenden Kraftstoffdruck infolge von Unterschieden bei den physikalischen Kraftstoffeigenschaften Viskosität und Kompressibilität. Bei elektronisch gesteuerten Einspritzsystemen, wie z. B. Common-Rail ist dagegen eine geringere Leistung bei gleichem eingespritzten Kraftstoffvolumen zu erwarten, was auf den geringeren Heizwert von Rapsölkraftstoff zurückzuführen ist. Nach einer Leistungsanhebung, die beim Fendt Traktor durch Erhöhung der eingespritzten Kraftstoffmenge erfolgte, war ein deutlicher Anstieg von Drehmoment und Leistung über den gesamten Drehzahlbereich feststellbar. Gleichzeitig verringerte sich auch der spezifische Kraftstoffverbrauch. Grund dafür könnte sein, dass sich durch eine frühere Düsenöffnung ein günstigerer Verbrennungsablauf ergab. Diese Annahme wird auch durch den Rückgang der CO- und Partikelmasse-Emissionen gestützt.

Wiederkehrende Emissionsmessungen an den beiden Traktoren haben gezeigt, dass die Einhaltung der Grenzwerte entsprechend der gültigen Abgasnormen für Diesel- und Rapsölkraftstoff für CO, HC und Partikelmasse meist problemlos möglich war. Mit Ausnahme des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 beim Betrieb mit Dieselkraftstoff erfüllten beide Traktoren sogar die Grenzwerte für Kohlenwasserstoffe der Abgasstufe IV. Auch die Partikelmasse-Emissionen des Fendt Traktors (Abgasstufe I) lagen mit Rapsölkraftstoff nach der Leistungsanhebung bereits in der Größenordnung des Grenzwerts der Abgasstufen III B und IV, welche allerdings mit einem anderen Prüfzyklus zu bestimmen sind.

Die gemäß des Prüfzyklus nach ISO 8178 ermittelten Werte wiesen bei den Komponenten HC und Partikelmasse auf deutliche Vorteile beim Betrieb mit Rapsöl- im Vergleich zu Dieselkraftstoff hin. Die Konzentrationen von CO im Abgas waren bei beiden Kraftstoffen in etwa gleich hoch. Lediglich die NO<sub>x</sub>-Emissionen waren beim Betrieb mit Rapsölkraftstoff um bis zu 10 % höher als mit Dieselkraftstoff. Der Deutz-Fahr Traktor überschritt nach der Umrüstung den geforderten Grenzwert von 6 g/kWh um ca. 10 bis 20 %. Werden die einzelnen Prüfphasen gesondert betrachtet, so zeigt sich, dass im Leerlauf- und Schwachlastbetrieb die Verwendung von Rapsölkraftstoff zu höheren Partikelmasse- und CO-Emissionen geführt hat als mit Dieselkraftstoff. In allen anderen Betriebspunkten verhielt es sich umgekehrt. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen waren mit Rapsölkraftstoff über alle Betriebsphasen hinweg durchweg höher, die HC-Emissionen dagegen deutlich niedriger als mit Dieselkraftstoff.

Über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg konnte keine Verschlechterung des Emissionsverhaltens festgestellt werden. Mit Maßnahmen wie der Leistungsanhebung durch Erhöhung der eingespritzten Kraftstoffmenge beim Fendt Traktor oder Erneuerung der Einspritzdüsen ließ sich zum Teil eine Minderung limitierter Abgaskomponenten erreichen.

Die Ergebnisse der wiederkehrenden Emissionsmessungen deuten darauf hin, dass die Einhaltung aktueller wie auch zukünftiger Grenzwerte beim Einsatz von Rapsölkraftstoff in pflanzenötauglichen Motoren möglich ist. Sowohl für diesel- als auch für rapsölkraftstoffbetriebene Traktoren sind jedoch Entwicklungsarbeiten zu leisten, um die Anforderungen der Abgasstufen III B und IV für  $\text{NO}_x$  und Partikelmasse zu erfüllen. Nach heutigem Kenntnisstand ist dies nur durch die Einführung von Abgasnachbehandlungssystemen wie Entstickungskatalysatoren und Partikelfiltersystemen möglich. Die derzeit verfolgten Konzepte unterscheiden sich dahingehend, ob eine innermotorische Optimierung hinsichtlich der Partikelmasse oder der Stickstoffoxide erfolgt und die jeweils andere Abgaskomponente nachmotorisch mit der geeigneten Nachbehandlungstechnologie gesenkt wird. Beim Einsatz von Partikelfiltersystemen bei pflanzenölbetriebenen Motoren ist insbesondere darauf zu achten, dass die Rußfilterregeneration z. B. durch Temperaturanhebung nachmotorisch im Abgassystem erfolgen sollte und nicht, wie derzeit bei PKW durch eine Nachspritzung, da dies zu einem erhöhten Eintrag von unverbranntem Kraftstoff in das Motoröl führen kann. Neben der Partikelmassereduktion wird zukünftig verstärkt auch die Partikelanzahl und Partikelgrößenverteilung in die Bewertung des Schadstoffausstoßes von landwirtschaftlichen Maschinen einfließen. Hierzu sind dringend Untersuchungen erforderlich, da die Datenbasis noch sehr gering ist.

### Fazit

Die beiden mit Rapsölkraftstoff betriebenen pflanzenötauglichen Traktoren wiesen im Untersuchungszeitraum einen hohen Stand an Betriebssicherheit auf. Grundlage dafür waren eine sorgfältige Betriebsüberwachung und Wartung, geschulte Betreiber und fachkundiges Werkstattpersonal, ein günstiges Einsatzprofil und eine hohe Rapsölkraftstoffqualität gemäß Vornorm DIN V 51605. Dennoch sind zur Verringerung des Wartungsaufwands und zur Minimierung des Schadensrisikos Maßnahmen insbesondere zur Verminderung der Ablagerungsbildung an den Einspritzdüsen und zur Reduzierung des Kraftstoffeintrags in das Motorenöl wünschenswert.

Drehmoment und Leistung aber auch der spezifische Kraftstoffverbrauch waren mit Rapsölkraftstoff bei den mechanischen PLD-Einspritzsystemen bis zu 10 % höher als mit Dieselmotoren, so dass im Praxiseinsatz keine Einbußen gegenüber dem Betrieb mit Dieselmotoren hingenommen werden mussten. Bei Common-Rail Einspritzsystemen ist hingegen ohne Anpassung der Einspritzparameter eher von einer Leistungsminderung beim Einsatz von Rapsölkraftstoff auszugehen.

Das Abgasemissionsverhalten der hier untersuchten rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren wies mit Ausnahme eines geringfügigen  $\text{NO}_x$ -Anstiegs Vorteile hinsichtlich der Minderung limitierter Abgaskomponenten auf. Auch mit zunehmenden Betriebsstunden konnte keine Verschlechterung des Emissionsbildes festgestellt werden. Die vorgenommenen Einstellungen am Einspritzsystem

zur Optimierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs und des Schadstoffausstoßes zeigten eine große Wirkung.

Aufgrund der uneingeschränkten Praxistauglichkeit der beiden rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren war die Zufriedenheit des Betreibers sehr hoch. Es besteht der feste Wille auch zukünftig Rapsölkraftstoff in Traktoren einzusetzen. Der mitunter etwas höhere Wartungsaufwand wird aufgrund der Chance einer unabhängigen Kraftstoffversorgung in der Landwirtschaft akzeptiert.

Der Einsatz rapsölkraftstofftauglicher Traktoren in landwirtschaftlichen Betrieben ist nach vorliegender Untersuchung eine voll praxistaugliche Alternative zu dieselbetriebenen Maschinen wenn folgende Aspekte erfüllt sind:

- Einsatzvoraussetzungen durch hohe Auslastung gegeben,
- Traktor- bzw. Motorsystemkomponenten grundsätzlich für Rapsölkraftstoffbetrieb geeignet,
- hochwertiges Umrüstsystem bzw. seriengefertigter pflanzenöлтаuglicher Traktor gegeben,
- fachkundiges, engagiertes Bedien- und Wartungspersonal vorhanden

Insbesondere landwirtschaftliche Betriebe der öffentlichen Verwaltung sollten nach Überprüfung dieser Voraussetzungen aufgrund Ihrer Vorbildfunktion sowie der möglichen Kosteneinsparung noch stärker den Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren in Betracht ziehen.

Für die Weiterentwicklung rapsölkraftstofftauglicher Traktoren besteht Handlungsbedarf vor allem bezüglich:

- Langzeitbeobachtung von rapsölkraftstoffbetriebenen Traktoren hinsichtlich Betriebssicherheit, Verschleiß und Emissionsverhalten
- Maßnahmen zur Verbesserung der Düsensauberkeit
- Minderung des Motoröleintrags, Entwicklung spezieller Motoröle für Rapsölkraftstoffbetrieb, Vereinfachung der Kontrolle der Motorölqualität durch Sensoren oder Schnelltests
- Erweiterung der Datenbasis zum Betriebs- und Emissionsverhalten von rapsölkraftstoffbetriebenen modernen Stufe III A Traktoren
- Untersuchung von nicht limitierten Emissionskomponenten, wie Aldehyde, PAK, Partikelanzahl und -größenverteilung, etc.
- Anpassung von Abgasnachbehandlungssystemen an die Erfordernisse des Rapsölkraftstoffbetriebs



## Quellenverzeichnis

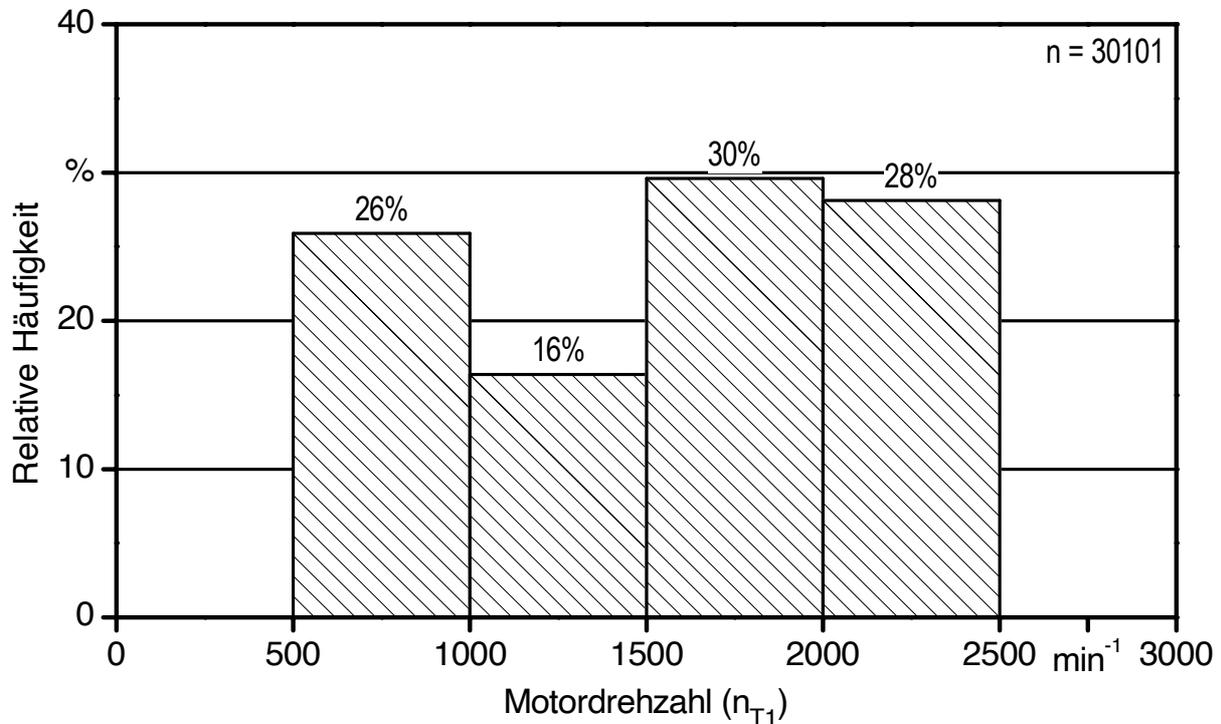
- [1] BÜNGER, J.; KRAHL, J.; MUNACK, A.; RUSCHEL, Y.; SCHRÖDER, O.; EMMERT, B.; WESTPHAL, G.; MÜLLER, M.; HALLIER, E.; BRÜNING, T. (2007): Strong mutagenic effects of diesel engine emissions using vegetable oil as fuel. *Archives Toxicology*, Jg. 81, Nr. 8, S. 599-603
- [2] CLAUSTHALER UMWELTECHNIK-INSTITUT GMBH (2008): Untersuchung der Emissionen bei Einsatz von Diesel und Rapsöl als Kraftstoff eines LKW Dieselmotors auf Mutagenität und Kanzerogenität. Bericht im Auftrag von eoil automotive & technologies GmbH TecCenter, Bad Salzdetfurth: Clausthaler Umwelttechnik-Institut GmbH – CUTEC-Institut GmbH, Clausthal-Zellerfeld, 89 Seiten
- [3] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E.V. (2006): DIN V 51605, Kraftstoffe für pflanzenöläugliche Motoren - Rapsölkraftstoff - Anforderungen und Prüfverfahren, Beuth Verlag, Berlin
- [4] DIEDRICH, F.: Europäische Abgasrichtlinien für mobile Maschinen und Traktoren - Technical Review 2007. Available at: <http://www.vdma.org/>. Accessed at 20<sup>th</sup> May 2008
- [5] DÖNGES, P.; TRAULSEN, H. (2006): Felderprobung Rapsöl pur. Rendsburg: DEULA Schleswig-Holstein GmbH, 51 Seiten
- [6] EUROPÄISCHE UNION (1997): Richtlinie 97/68/EG des europäischen Parlaments und des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission von gasförmigen Schadstoffen und luftverunreinigenden Partikeln aus Verbrennungsmotoren für mobile Maschinen und Geräte. ABl. Nr. L 59 vom 27.02.1998, zuletzt geändert durch Richtlinie 2004/26/EG (ABl. Nr. L 225 vom 25.06.2004) des Europäischen Parlaments u. des Rates, 232 Seiten
- [7] EUROPÄISCHE UNION (2000): Richtlinie 2000/25/EG des europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen zur Bekämpfung der Emission gasförmiger Schadstoffe und luftverunreinigender Partikel aus Motoren, die für den Antrieb von land- und forstwirtschaftlichen Zugmaschinen bestimmt sind, und zur Änderung der Richtlinie 74/150/EWG. ABl. Nr. L 173 vom 12.07.2000, zuletzt geändert durch Richtlinie 2005/13/EG (ABl. Nr. L 55 v. 01.03.2005) der Kommission, 38 Seiten
- [8] FISCHER, H.; KRIST, H.; HOPPENHEIDT, K. (2007): Prüfung der Mutagenität von Inhaltsstoffen partikulärer Abgasbestandteile im Ames-Test. Bericht für die Flughafen München GmbH. Augsburg: bifa Umweltinstitut, 19 Seiten
- [9] GRUBER, G. (2007): Reines Pflanzenöl auf dem Weg zum Serienmotor. PKW, LKW und Traktor (John Deere) - Stand der Technik, Zielkonflikte. In: NOVA INSTITUT GMBH (Hrsg.): Erster Internationaler Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen. Tagungsband zum Ersten Internationalen Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen, Messe Erfurt, 6.-7. September 2007. Hürth: nova-Verlag, S. 249-260
- [10] HARNDORF, H.; BAHL, B.; FISCHER, R.-J.; FLÜGGE, E.; SCHÜMANN, U.; WICHMANN, V. (2008): Untersuchungen der Mutagenität von Motorabgasen an einem EURO IIIa Traktormotor im DK-, Biodiesel- und Rapsölbetrieb. *Raps* Jg. 26, Nr. 2 (in Vorbereitung)
- [11] HASSEL, E.; PRESCHER, K.; BERNDT, S.; FLÜGGE, E.; GOLISCH, J.; HARKNER, W.; SCHÜMANN, U.; SY, G.; WICHMANN, V. (2005): Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöläuglichen Traktoren. Abschlussbericht. Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren der Universität Rostock. Rostock: Eigenverlag, 222 Seiten

- [12] HÖCK, R.; WIDMANN, B. (1994): Betriebserfahrungen mit pflanzenölbetriebenen Dieselmotoren (Natur- und Biodiesel). In: Pflanzenöle als Kraftstoffe für Fahrzeugmotoren und Blockheizkraftwerke; VDI-Berichte. Vol. 1126. VDI-Gesellschaft Energietechnik (Hrsg.) VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 231-238
- [13] HORN, M. (2008): Fendt 820 Vario <sup>Greentec</sup> - Fendt Vario für Rapsöleinsatz. Vortrag gehalten am 14.02.2008 am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing im Rahmen der Veranstaltung „Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren“. Available at: <http://www.biokraftstoff-portal.de/>. Accessed at 20<sup>th</sup> May 2008
- [14] JOHN DEERE WERKE MANNHEIM (2008): Rapsölbefeuerte Traktoren mit abgaszertifizierten Motoren nach Euro Stufe 3. Teilprojekt John Deere Werke Mannheim inkl. Unterauftrag VWP. Available at: <http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22014905.pdf>. Accessed at 03rd March 2009
- [15] KIELHORN, J.; WAHNSCHAFFE, U.; MANGELSDORF, I. (2003): Selected Nitro- and Nitrooxy-polycyclic aromatic hydrocarbons. Environmental Health Criteria Series, Nr. 229, WHO, Geneva, 65 Seiten
- [16] KRAHL, J.; MUNACK, A.; GROPE, N.; RUSCHEL, Y.; SCHRÖDER, O.; BÜNGER, J. (2006) Emissionen von Biodiesel und Pflanzenöl im Vergleich. (Manuskript und Vortragsfolien) In: BUNDESVERBAND BIOENERGIE E.V. UND UNION ZUR FÖRDERUNG VON ÖL- UND PROTEINPFLANZEN E.V. (Hrsg.): Kraftstoffe der Zukunft 2006, 4. Internationaler Fachkongress 27. – 28. November 2006 in Berlin, Berlin: Bundesverband Bioenergie e.V., 250 Seiten
- [17] KRAHL, J.; MUNACK, A.; SCHRÖDER, O.; BÜNGER, J. (2003): Influence of biodiesel and different designed diesel fuels on the exhaust gas emissions and health effects. Society of Automotive Engineers, SAE Technical Paper, 2003-01-3199, S. 1-9
- [18] KRIST, H.; FISCHER, H.; HOPPENHEIDT, K. (2007): Prüfung der Mutagenität von Inhaltsstoffen partikulärer Abgasbestandteile im Ames-Test. Bericht für bioltec evolw-ram GmbH. Augsburg: bifa Umweltinstitut, 19 Seiten
- [19] LENGE, R. (2006): Mehr Durst als im Prospekt. In: top agrar, Nr. 7, S. 68-71
- [20] MAHON, G. A. T.; MIDDLETON, B.; ROBINSON, W.D.; GREEN, M. H. L.; MITCHELL, I. DE G.; TWEATS, D. J. (1989): Analysis of data from microbial colony assays. In: KIRKLAND, D. J. (Hrsg.): Statistical evaluation of mutagenicity test data. Cambridge University Press: Cambridge, S. 26-65
- [21] MARON, D. M.; AMES, B. N. (1983): Revised methods for the Salmonella mutagenicity test. Mutation Research, Jg. 113, Nr. 3-4, S. 173-215
- [22] MOLLENHAUER, K. (2002): Handbuch Dieselmotoren. 2. Auflage. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1.069 Seiten
- [23] MORTELMANS, K.; ZEIGER, E. (2000): The Ames Salmonella/microsome mutagenicity assay. Mutation Research, Nr. 455, S. 29-60
- [24] MÜCKE, W.; HUBER, W.; HUNSTEIN, R.; NICKEL, T.; KOCH, M.; WEINDL, J.; BRAUN, A. (2002): Mutagenität und Nitro-PAK-Gehalt von Feinstaub – Untersuchungen an einem verkehrsbelasteten Standort. Endbericht zum Forschungsvorhaben im Auftrag des Bayerischen Landesamts für Umwelt. Altendorf bei Bamberg: M. & D. Gräbner, 136 Seiten

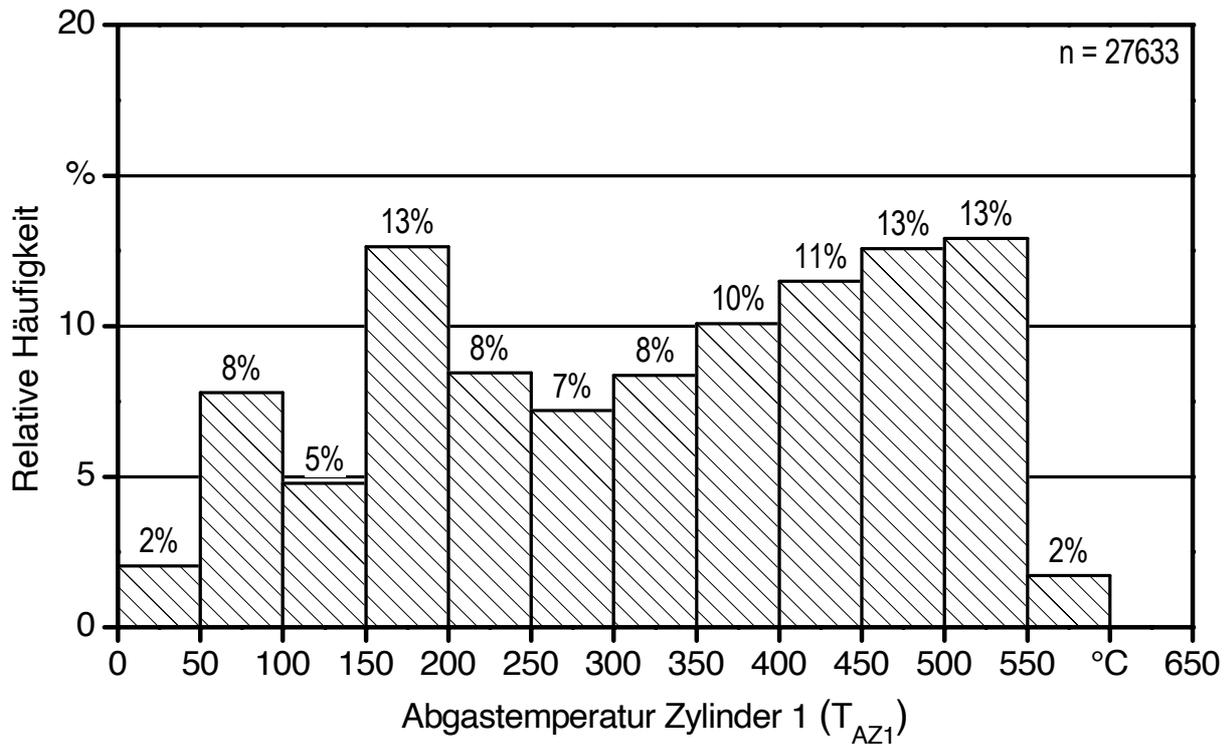
- [25] NEUHAUS, M (2008): Deutz Natural Fuel Engine. Vortrag gehalten am 14.02.2008 am Technologie- und Förderzentrum (TFZ) in Straubing im Rahmen der Veranstaltung „Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren“. Available at: <http://www.biokraftstoff-portal.de/>. Accessed at 20<sup>th</sup> May 2008
- [26] NYLUND, N.-O.; ERKKILÄ, K.; LAPPI, M.; IKONEN, M. (2004): Transit Bus Emission Study: Comparison of Emissions from Diesel and Natural Gas Buses. VTT RESEARCH REPORT PRO3/P5150/04, 63 Seiten
- [27] RATHBAUER, J.; KRAMMER, K.; KRIECHBAUM, T.; PRANKL, H.; BREINESBERGER, J. (2008): Rapsöl als Treibstoffalternative in der Landwirtschaft. BMLFUW-LE. 1.3.2/0037-II/1/2006, Forschungsprojekt Nr. 1337, Endbericht. Wieselburg: HBLFA Francisco Josephinum, BLT – Biomass/Logistics/Technology; St. Pölten: AGRAR PLUS GmbH, 1078 Seiten
- [28] REMMELE, E. (2007): Handbuch. Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen. [nachwachsende-rohstoffe.de](http://www.nachwachsende-rohstoffe.de), 1. Aufl. Gülzow: FNR, 83 Seiten
- [29] SAME DEUTZ-FAHR DEUTSCHLAND GMBH (2008): Weltneuheit: Der Pflanzenöltraktor Agrotron Natural Power von Deutz-Fahr. Available at: [http://www.deutz-fahr.de/deutsch/aktionen/natural\\_power/](http://www.deutz-fahr.de/deutsch/aktionen/natural_power/). Accessed at 20<sup>th</sup> May 2008
- [30] STALDER, K.; GERHARD, V.; KRAHL, J. (1994): Zur kanzerogenen Wirkung von Rußen aus Dieselmotoren im Betrieb mit Rapsöl, RME und Dieselmotoren. In: C.A.R.M.E.N. e. V. (Hrsg.): Emissionen von Pflanzenöl-Kraftstoffen und ihre Umweltwirkungen, Rimparr: C.A.R.M.E.N. e.V., S. 30-35
- [31] THUNEKE, K.; WILHARM, T.; STOTZ, K. (2005): Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenöлтаuglichen Motoren. Berichte aus dem TFZ, Nr. 7. Straubing: TFZ, 109 Seiten
- [32] VDMA MOTOREN UND SYSTEME (2007): Abgasgesetzgebung Diesel- und Gasmotoren. Available at: <http://www.vdma.org/>. Accessed at 20<sup>th</sup> May 2008
- [33] WACHTER, W. (2007): Die Umweltrelevanz des Dieselmotors. Dozentenvorlesung im Rahmen der Lehrveranstaltung „Ausgewählte Kapitel der Verbrennungskraftmaschine“ Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik, 35 Seiten; Available at: <http://fvkma.tu-graz.ac.at/>. Accessed at 14<sup>th</sup> October 2007
- [34] WEILNHAMMER, U. (2007): Abgase und Pflanzenkraftstoffe – neueste Untersuchungen und Lösungen zum Thema „Mutagenität“. In: NOVA-INSTITUT GMBH (Hrsg.): Erster Internationaler Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen. Tagungsband zum Ersten Internationalen Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen, Messe Erfurt, 6.-7. September 2007. Hürth: nova-Verlag, S. 205-225

## Anhang

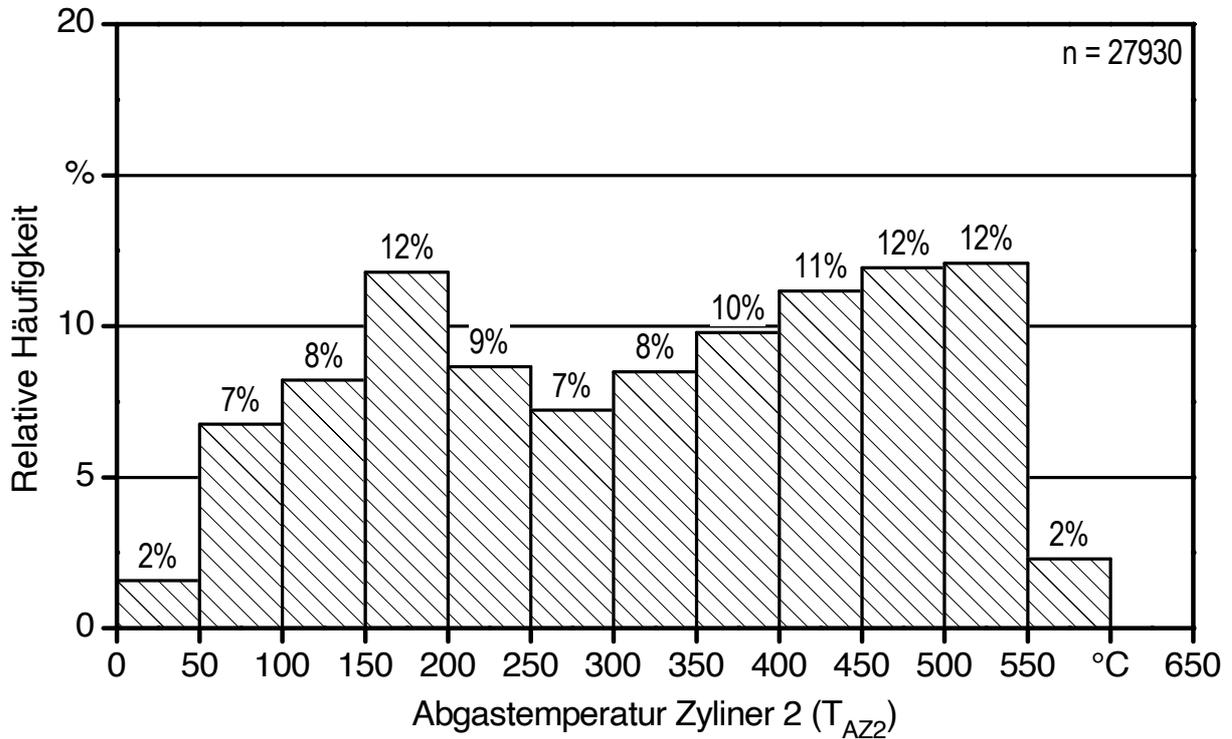
Anhang 1: Häufigkeitsverteilung der Motordrehzahl während des Betriebs des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 über ca. 1.085 Bh



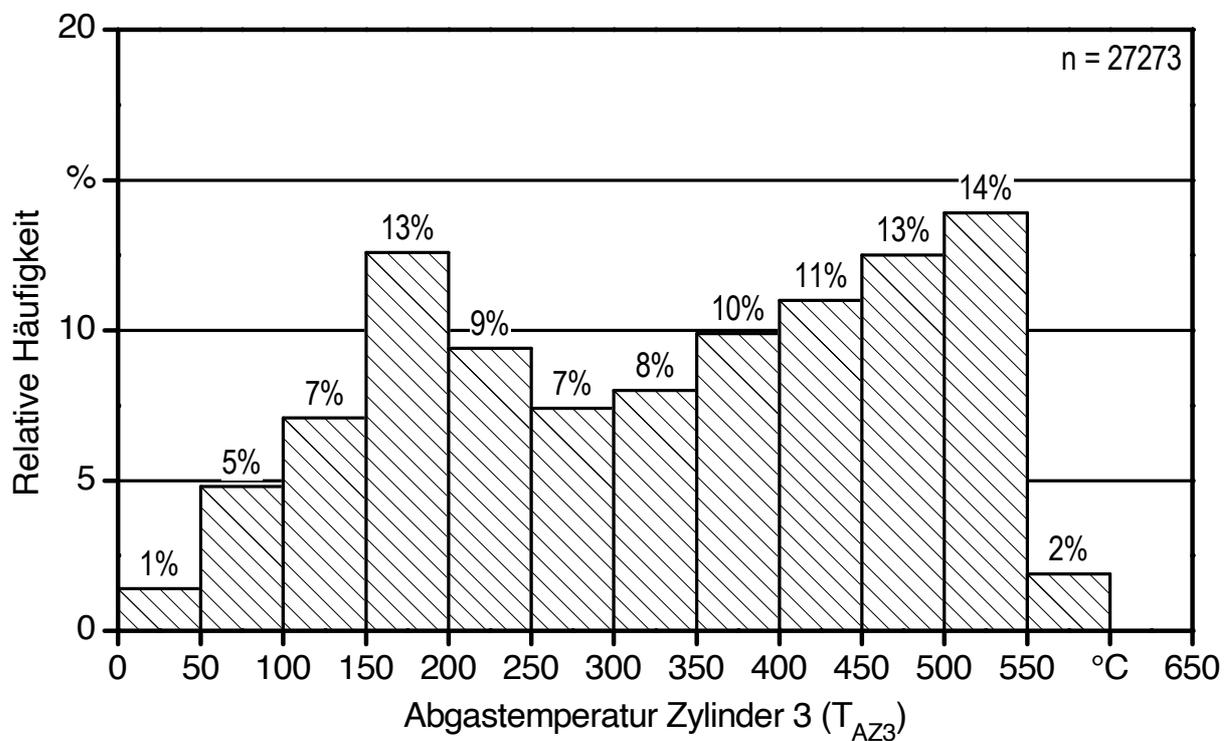
Anhang 2: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 1 des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.005 Bh



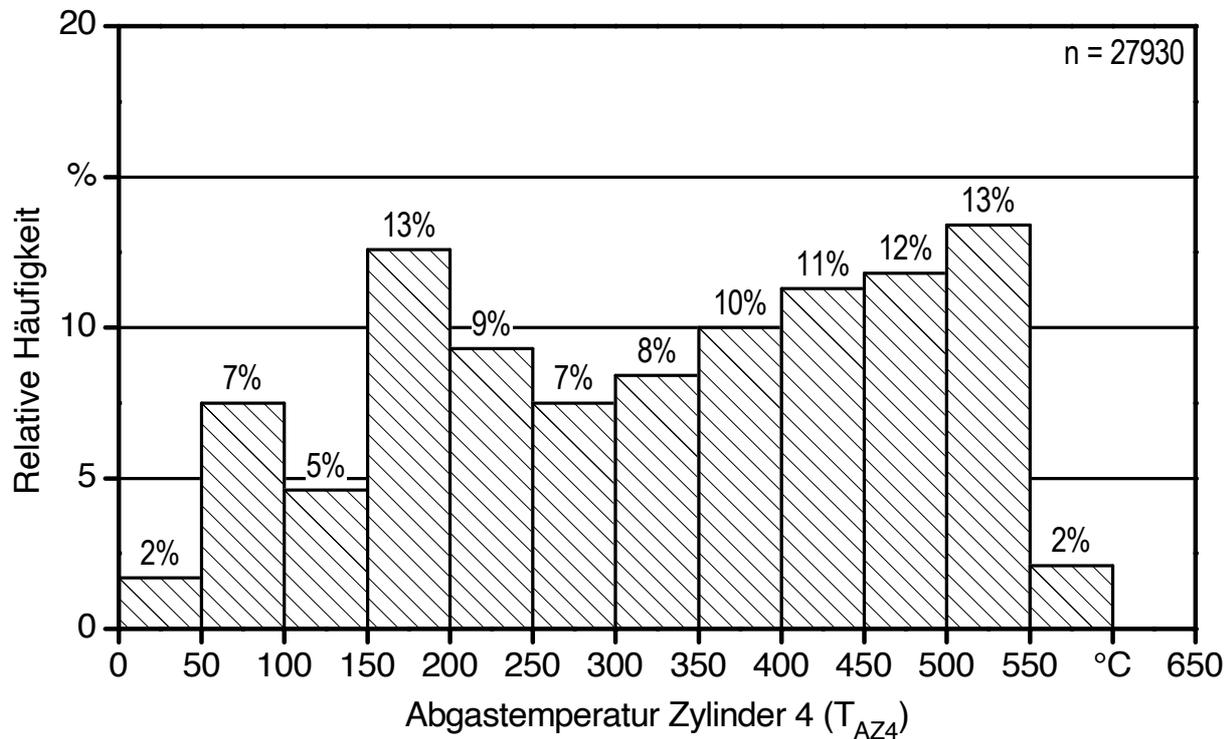
Anhang 3: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 2 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.015 Bh



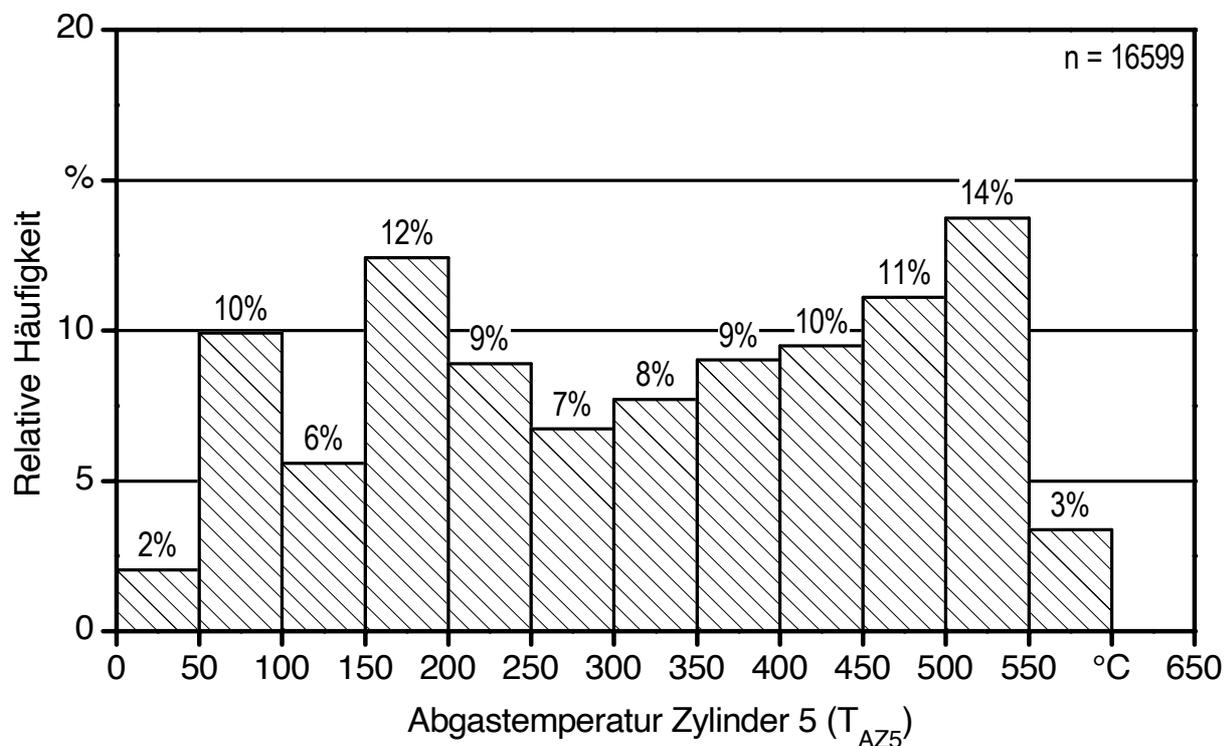
Anhang 4: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 3 des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 960 Bh



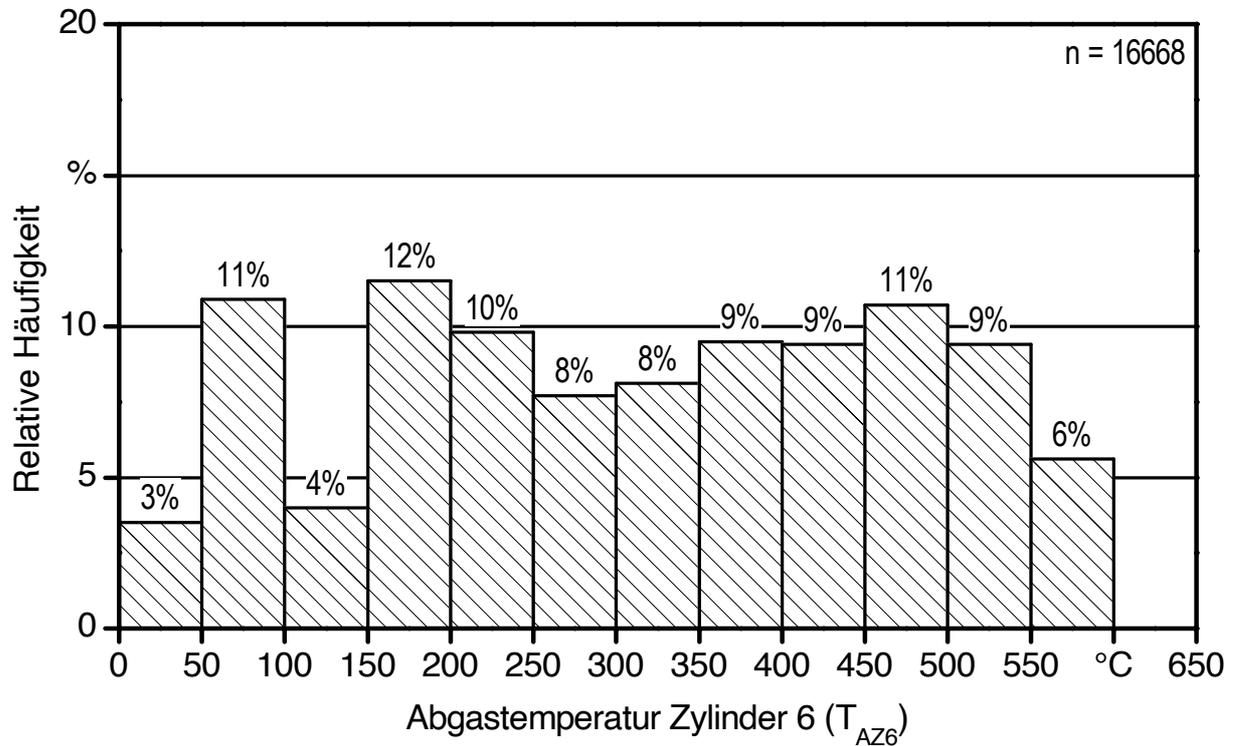
Anhang 5: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 4 des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.015 Bh



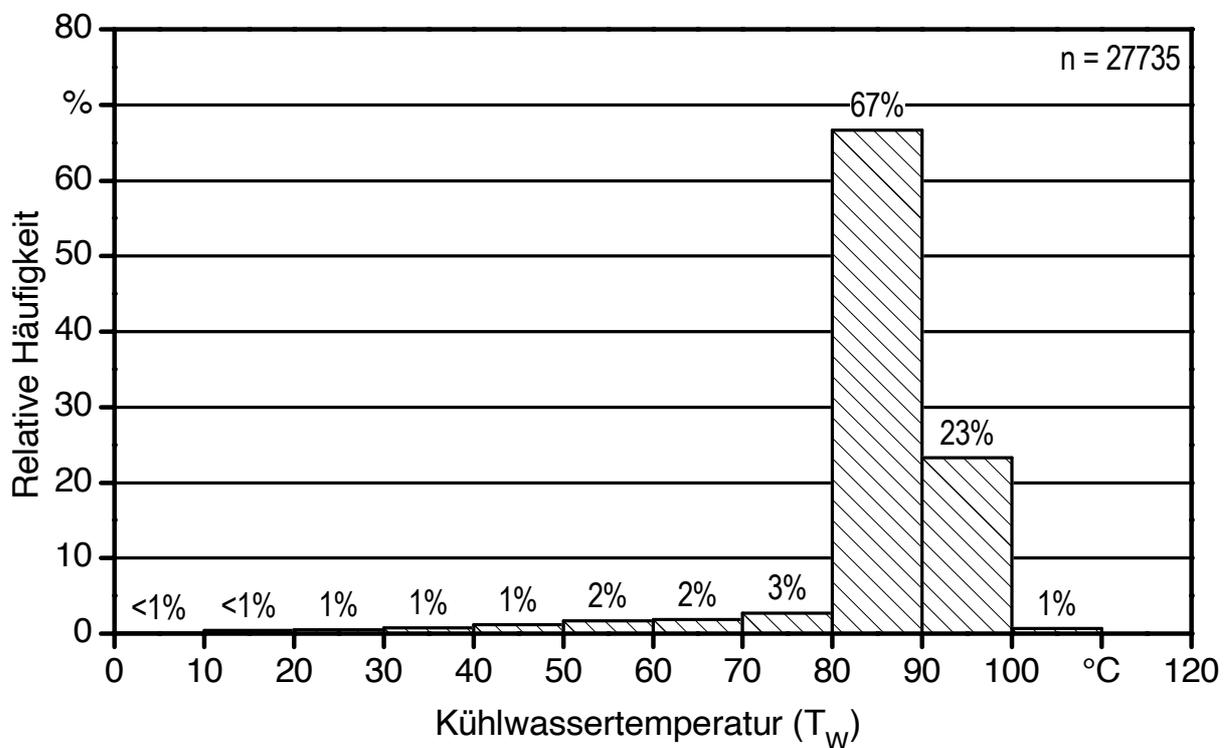
Anhang 6: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 5 des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 565 Bh



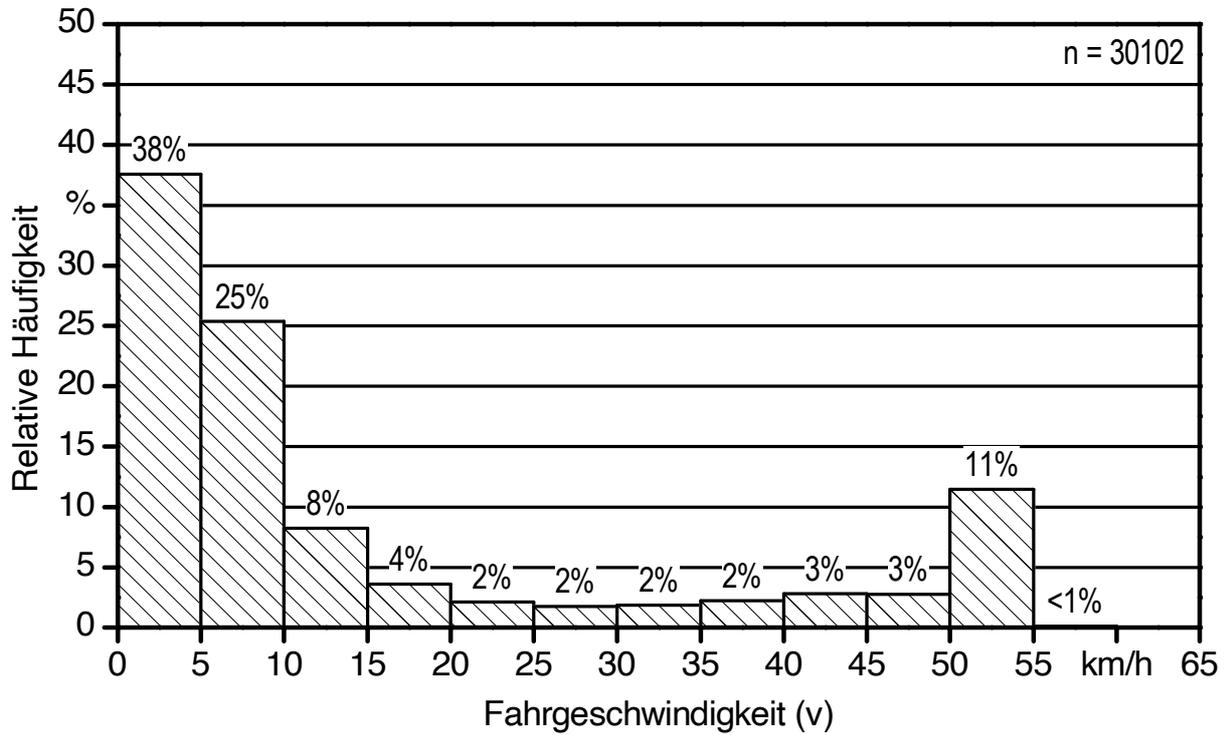
Anhang 7: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 6 des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 570 Bh



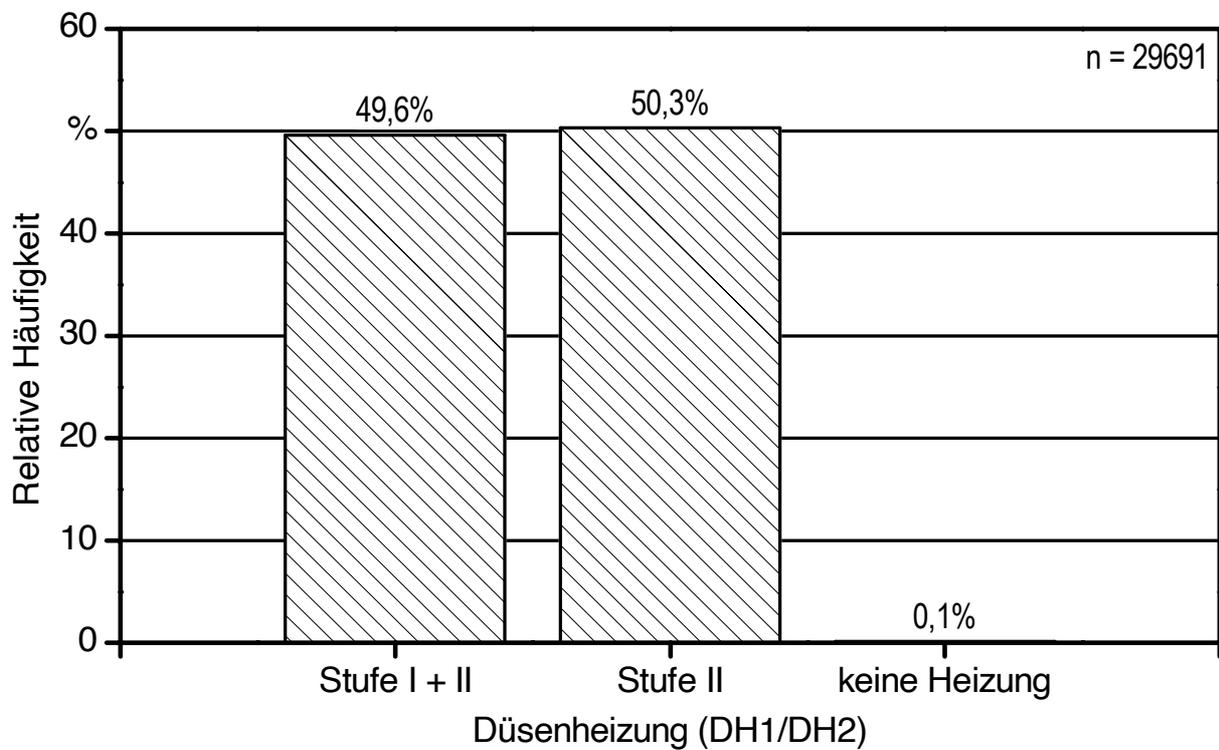
Anhang 8: Häufigkeitsverteilung der Kühlwassertemperatur des Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 990 Bh



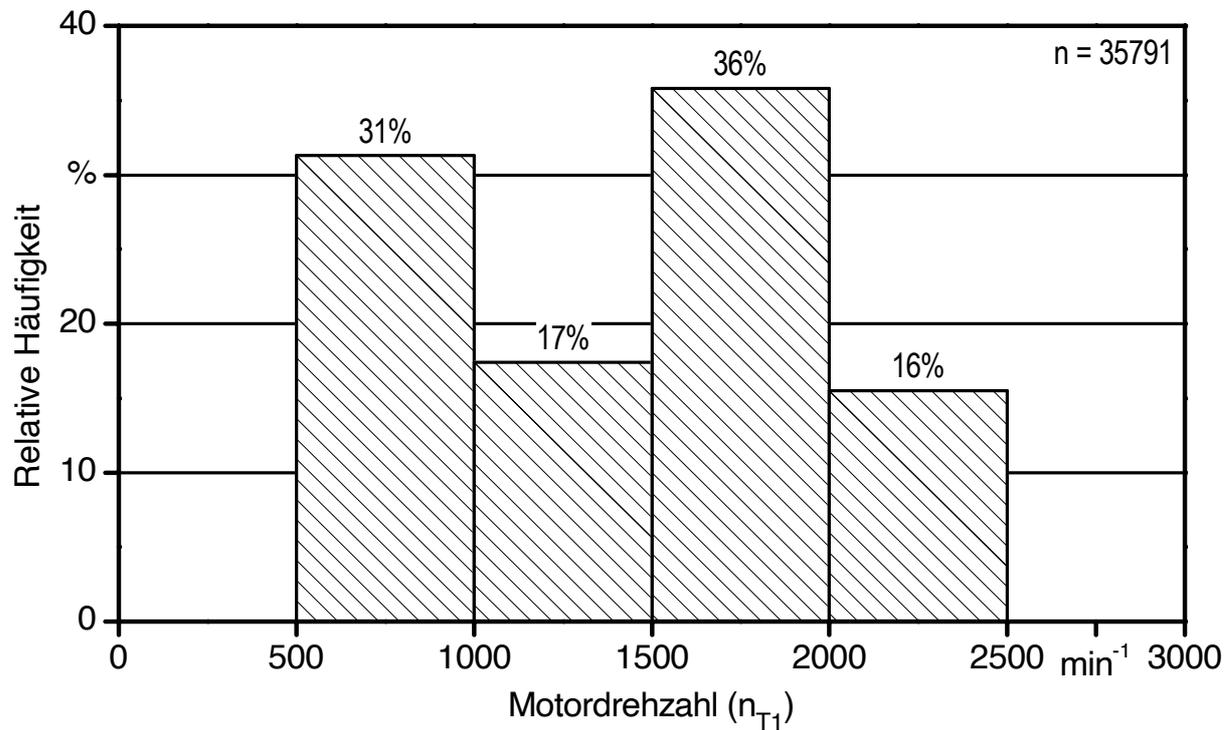
Anhang 9: Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.085 Bh



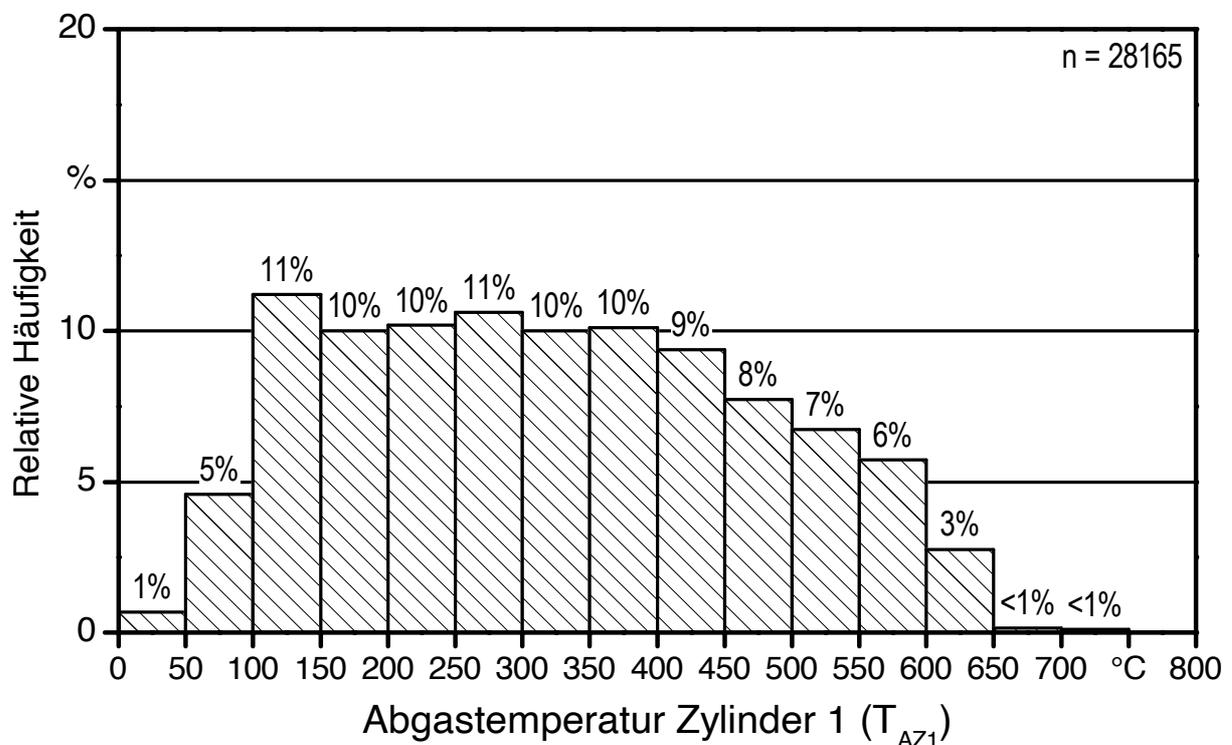
Anhang 10: Häufigkeit des Betriebs der beiden Stufen der Düsenheizung des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.070 Bh



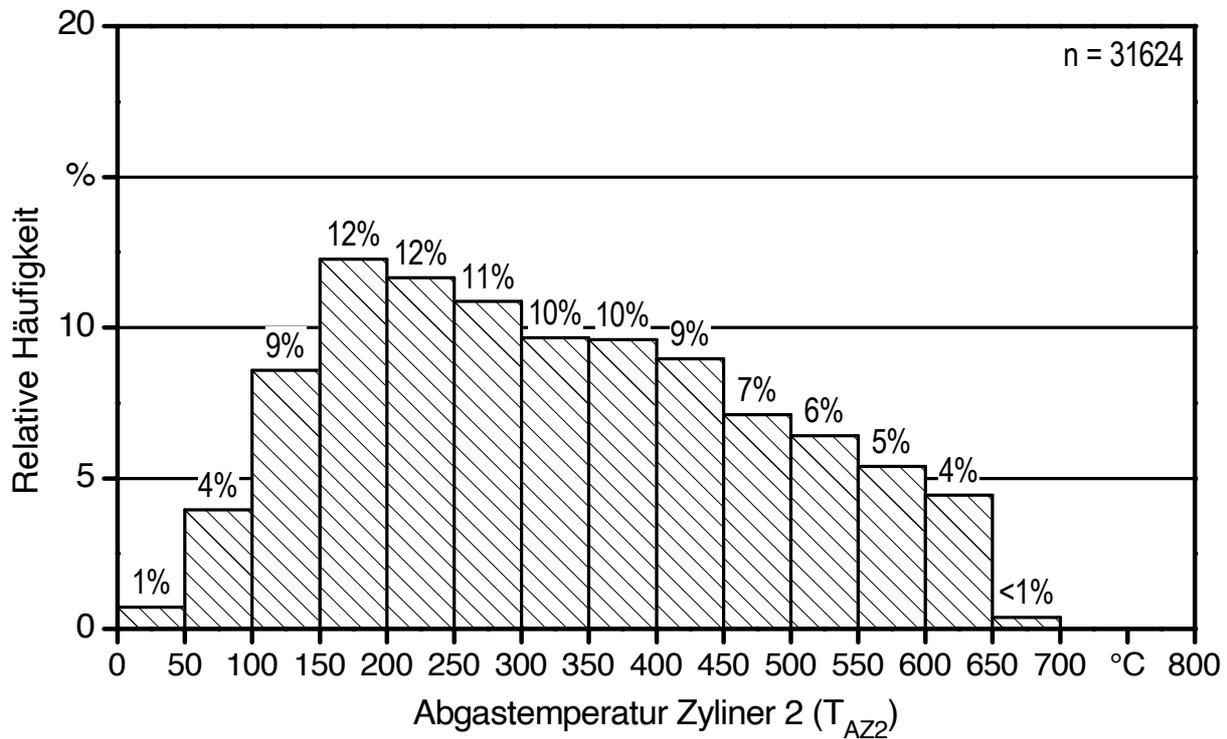
Anhang 11: Häufigkeitsverteilung der Motordrehzahl während des Betriebs des Fendt Farmer Vario 412 über ca. 1.500 Bh



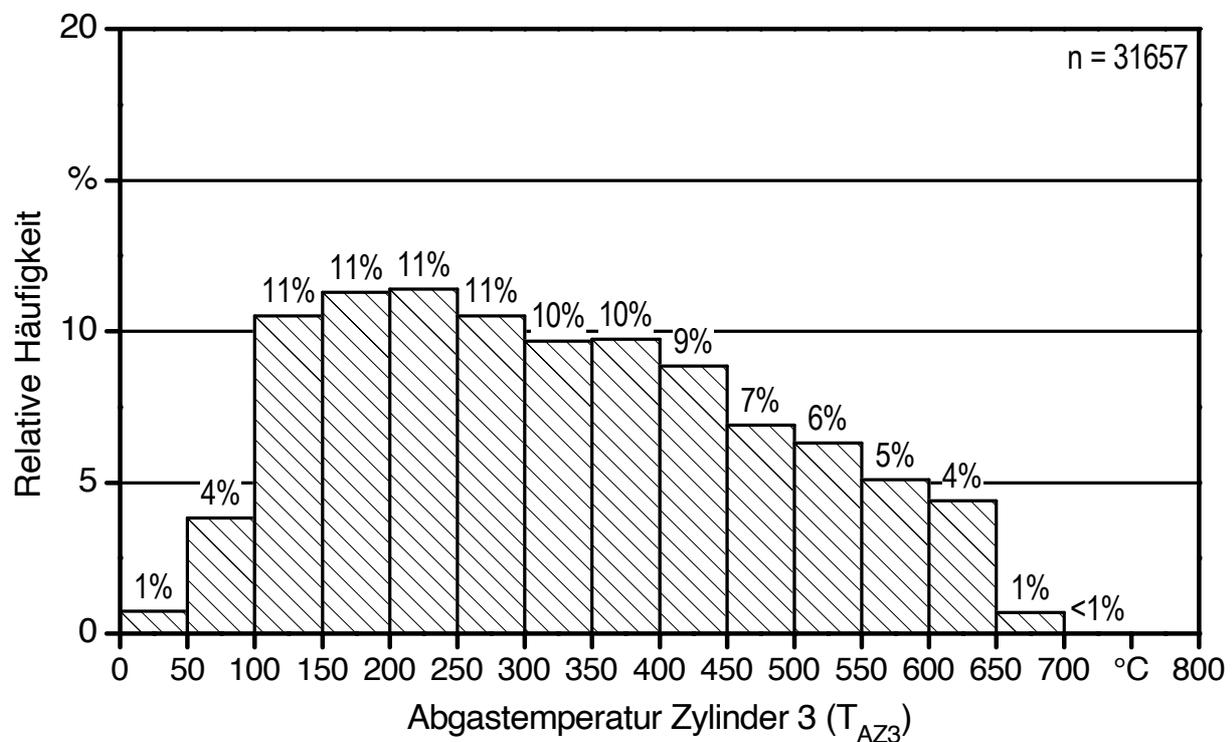
Anhang 12: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 1 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.090 Bh



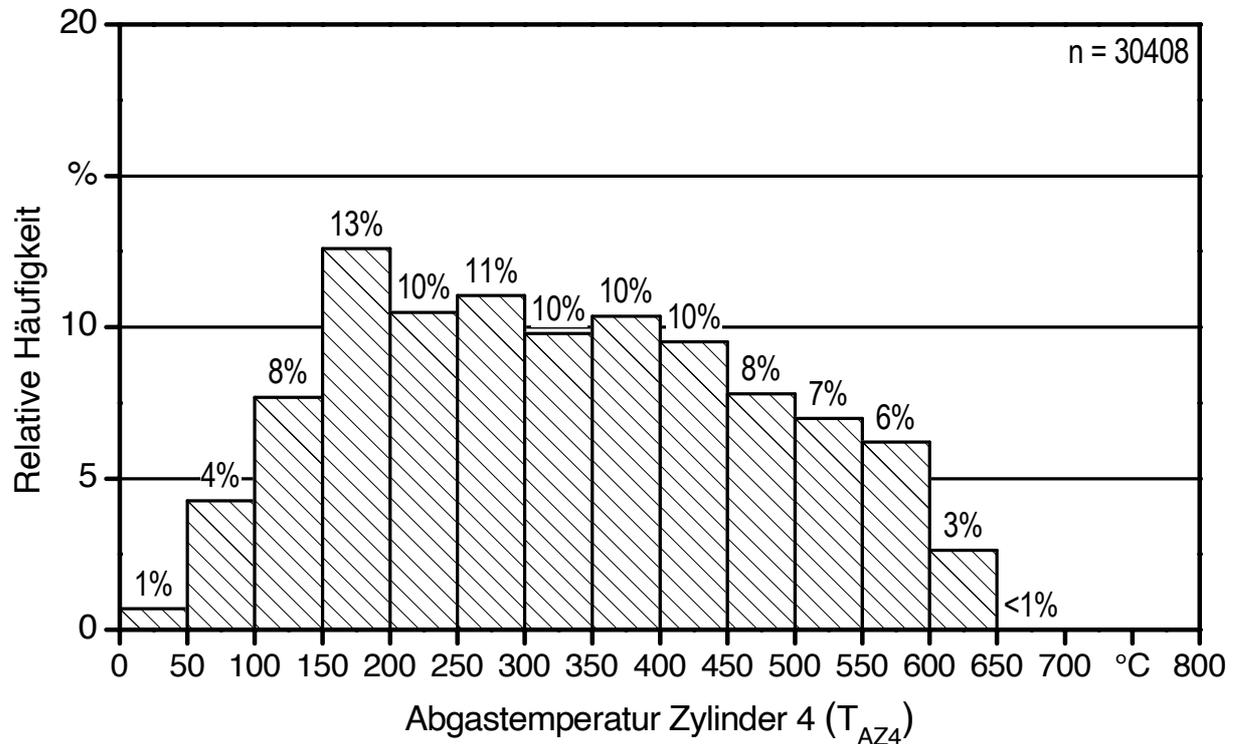
Anhang 13: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 2 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.215 Bh



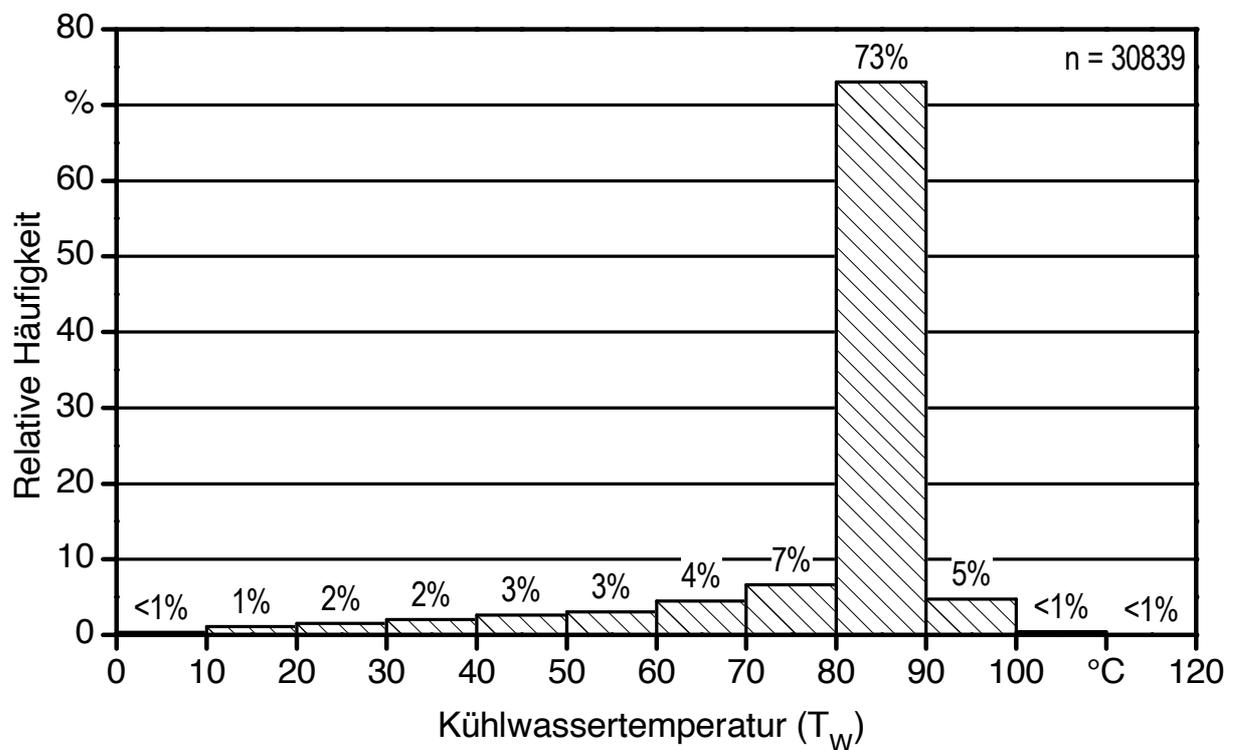
Anhang 14: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 3 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.220 Bh



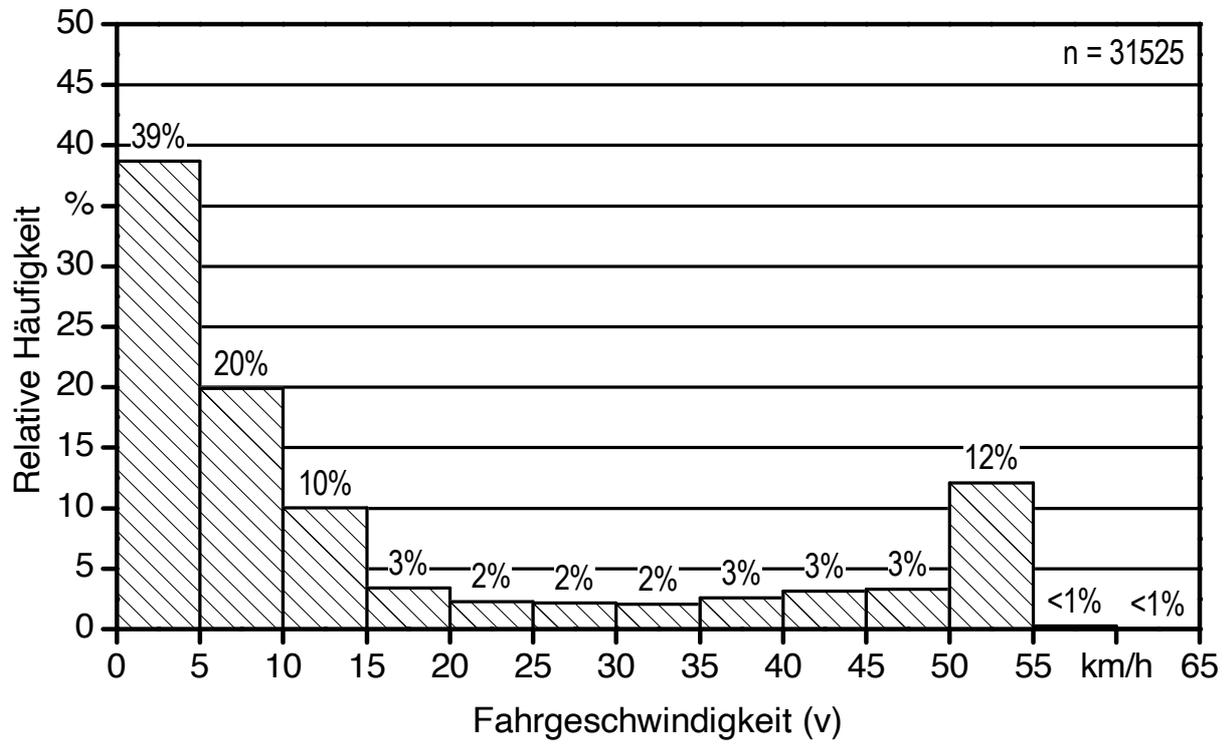
Anhang 15: Häufigkeitsverteilung der Abgastemperatur am Zylinder 4 des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.175 Bh



Anhang 16: Häufigkeitsverteilung der Kühlwassertemperatur des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.130 Bh



Anhang 17: Häufigkeitsverteilung der Fahrgeschwindigkeiten des Fendt Farmer Vario 412 während des Beobachtungszeitraums von ca. 1.300 Bh



Anhang 18: Ergebnisse der Motorölanalysen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 aus dem Jahr 2006

Viskosität bei 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskosität bei 100 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskositätsindex	TBN [mg KOH/g]	Flammpunkt [°C]	Ferroggraphie-Index	Pb-Gehalt [mg/kg]	Fe-Gehalt [mg/kg]	Zn-Gehalt [mg/kg]	Si-Gehalt [mg/kg]	Cu-Gehalt [mg/kg]	Mg-Gehalt [mg/kg]	Na-Gehalt [mg/kg]	Ca-Gehalt [mg/kg]	P-Gehalt [mg/kg]	B-Gehalt [mg/kg]	Wassergehalt (KF) [mg/kg]	Rußgehalt [%wt]	Kraftstoffgehalt (GC-IG) [%wt]
Frischölwerte Plantomot					Grenzwertvorgaben Plantomot													
72,1	14,0	203	11,6	--	125	20	200	--	30	20	--	--	--	--	--	1000	2,0	10,0
22.03.06_Deutz(181/245 Bh)																		
82,67	12,18	143	10,2	214	6	n.n.	16	1120	10	10	465	n.n.	2500	1020	106	344	0,1	0,1
19.04.06_Deutz(207/271 Bh)																		
93,08	12,32	144	10,1	222	9	n.n.	22	1090	10	10	459	n.n.	2450	989	100	324	0,1	1,15
21.04.06_Deutz(226/290 Bh)																		
83,33	12,38	145	9,9	218	11	n.n.	31	1040	9	10	441	n.n.	2370	947	93	1336	0,3	5,12
08.05.06_Deutz(354 Bh)_Produktwechsel von Mobil Delvac MX 15W-40 auf Plantomot SAE 5W-40																		
26.06.06_Deutz(103/457 Bh)																		
66,63	12,88	197	12,9	232	11	n.n.	14	1120	13	n.n.	380	n.n.	3020	1040	227	563	0,3	3,80
13.07.06_Deutz(146/500 Bh)																		
66,61	12,83	197	12,5	212	12	n.n.	20	1020	6	n.n.	339	n.n.	2850	967	223	465	0,4	11,26
01.08.06_Deutz(36/536 Bh)																		
68,50	13,27	199	13,4	244	17	n.n.	7	1210	8	n.n.	395	11	3230	1130	415	514	0,2	3,80
21.08.06_Deutz(98/598 Bh)																		
68,83	12,99	193	13,2	230	13	n.n.	12	1020	5	n.n.	329	5	2910	986	507	573	0,3	8,88
12.09.06_Deutz(160/660 Bh)																		
66,55	12,78	196	12,0	240	13	n.n.	23	1100	6	n.n.	338	n.n.	3020	1010	654	582	0,5	13,97
19.09.06_Deutz(16/676 Bh)																		
70,02	13,46	198	13,2	220	10	n.n.	7	1150	n.n.	n.n.	377	n.n.	3160	1110	815	505	0,2	4,48
10.10.06_Deutz(70/730 Bh)																		
67,36	12,96	197	11,6	240	12	n.n.	12	1100	n.n.	n.n.	309	10	3140	1100	268	593	0,4	8,83
19.10.06_Deutz(123/783 Bh)																		
66,51	12,80	196	12,8	222	11	n.n.	21	1030	n.n.	n.n.	350	8	3080	1070	270	609	0,6	12,61
20.11.06_Deutz(176/836 Bh)																		
66,42	12,73	195	12,0	240	14	n.n.	27	980	n.n.	n.n.	335	n.n.	2740	929	217	571	0,7	17,00

n.n. = nicht nachweisbar

n.e. = nicht ermittelt

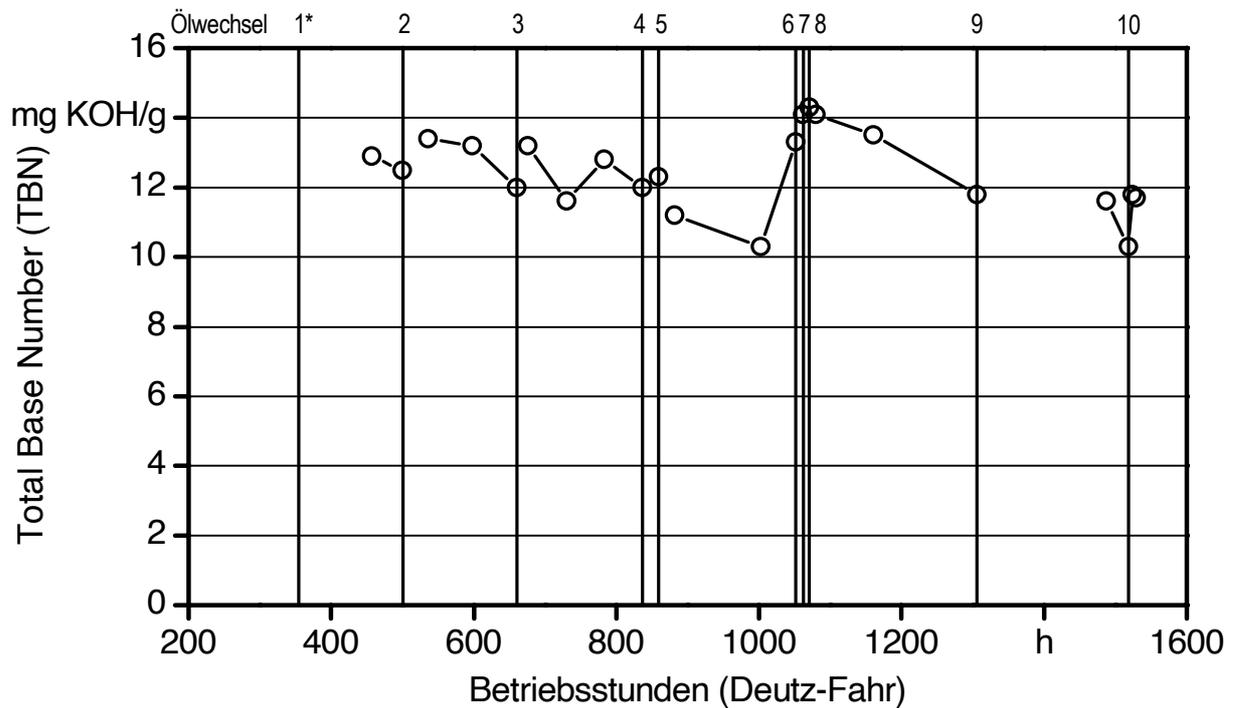
Anhang 19: Ergebnisse der Motorölanalysen des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 aus dem Jahr 2007

Viskosität bei 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskosität bei 100 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskositätsindex	TBN [mg KOH/g]	Flammpunkt [°C]	Ferrographie-Index	Pb-Gehalt [mg/kg]	Fe-Gehalt [mg/kg]	Zn-Gehalt [mg/kg]	Si-Gehalt [mg/kg]	Cu-Gehalt [mg/kg]	Mg-Gehalt [mg/kg]	Na-Gehalt [mg/kg]	Ca-Gehalt [mg/kg]	P-Gehalt [mg/kg]	B-Gehalt [mg/kg]	Wassergehalt (KF) [mg/kg]	Rußgehalt [%wt]	Kraftstoffgehalt (GC-TG) [%wt]
Frischölwerte Plantomot					Grenzwertvorgaben Plantomot													
72,1	14,0	203	11,6	--	125	20	200	--	30	20	--	--	--	--	--	1000	2,0	10,0
07.03.07_Deutz(23/859 Bh)																		
70,09	13,47	199	12,3	n.e.	20	n.n.	7	1140	7	n.n.	396	n.n.	3210	1100	283	446	0,2	4,90
27.03.07_Deutz(23/882 Bh)																		
70,43	13,50	198	11,2	n.e.	18	n.n.	n.n.	1160	6	n.n.	453	n.n.	3240	1100	309	334	0,1	1,30
26.04.07_Deutz(144/1003 Bh)																		
66,52	12,81	196	10,3	n.e.	16	n.n.	10	984	6	n.n.	350	n.n.	3720	958	248	513	0,2	6,1
22.05.07_Deutz(193/1052 Bh)																		
66,01	12,61	194	13,3	204	13	n.n.	15	1000	6	n.n.	389	n.n.	2760	965	474	526	0,3	15,40
23.05.07_Deutz(10/1062 Bh)																		
73,04	13,84	197	14,1	182	17	n.n.	n.n.	1140	5	n.n.	439	n.n.	3050	1090	610	516	0,1	2,30
24.05.07_Deutz(9/1071 Bh)																		
72,83	13,98	200	14,3	210	20	n.n.	n.n.	1190	n.n.	n.n.	467	n.n.	3180	1120	616	391	0,1	0,20
25.05.07_Deutz(9/1080 Bh)																		
74,33	14,14	199	14,1	176	18	n.n.	n.n.	1160	n.n.	n.n.	458	n.n.	3190	1080	592	630	0,1	0,60
26.06.07_Deutz(90/1161 Bh)																		
68,12	12,98	195	13,5	n.e.	18	n.n.	6	1110	5	n.n.	413	n.n.	3070	1030	276	656	0,2	8,50
27.08.07_Deutz(244/1306 Bh)																		
66,36	12,72	195	11,8	n.e.	17	7	11	586	n.n.	n.n.	265	n.n.	2210	475	127	641	0,5	18,70
31.10.07_Deutz(181/1487 Bh)																		
66,24	12,84	198	11,6	n.e.	17	n.n.	20	1070	6	n.n.	326	n.n.	2990	1020	246	513	0,7	17,00
05.12.07_Deutz(212/1518 Bh)																		
64,89	12,57	197	10,3	n.e.	18	7	22	1040	5	n.n.	n.n.	n.n.	3010	997	509	425	0,7	21,60
05.12.07_Deutz(6/1524 Bh)																		
70,84	13,64	200	11,8	n.e.	14	n.n.	6	1320	5	n.n.	n.n.	n.n.	3560	1260	723	490	0,15	4,30
05.12.07_Deutz(5/1529 Bh)																		
69,31	13,61	204	11,7	n.e.	14	n.n.	6	1300	6	n.n.	n.n.	n.n.	3540	1240	700	471	0,15	4,00

n.n. = nicht nachweisbar

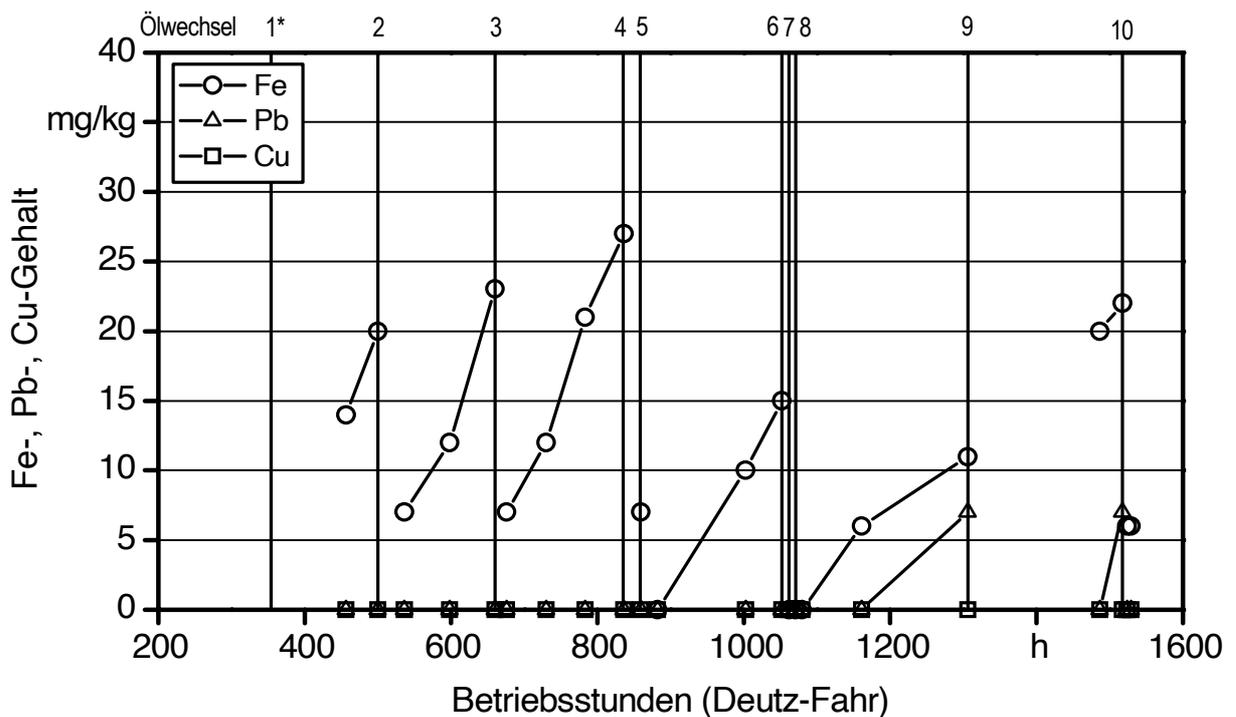
n.e. = nicht ermittelt

Anhang 20: Total Base Number (TBN) von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen



\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

Anhang 21: Gehalte an Verschleißelementen Fe, Pb und Cu von Motorölproben des Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen



\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

## Anhang 22: Ergebnisse der Motorölanalysen des Fendt Farmer Vario 412 aus dem Jahr 2006

Viskosität bei 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskosität bei 100 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskositätsindex	TBN [mg KOH/g]	Flammpunkt [°C]	Ferrographie-Index	Pb-Gehalt [mg/kg]	Fe-Gehalt [mg/kg]	Zn-Gehalt [mg/kg]	Si-Gehalt [mg/kg]	Mg-Gehalt [mg/kg]	Mo-Gehalt [mg/kg]	Na-Gehalt [mg/kg]	Ca-Gehalt [mg/kg]	P-Gehalt [mg/kg]	B-Gehalt [mg/kg]	Wassergehalt (KF) [mg/kg]	Rußgehalt [%wt]	Kraftstoffgehalt (GC-TG) [%wt]	
Frischölwerte Plantomot					Grenzwertvorgaben Plantomot														
72,1	14,0	203	11,6	--	125	20	200	--	30	20	--	--	--	--	--	1000	2,0	10,0	
20.04.06_Fendt(110/1948 Bh)																			
87,61	12,70	143	10,6	214	7	n.n.	14	1110	6	421	14	n.n.	2450	1040	96	381	0,2	0,81	
01.07.06_Fendt(363/2201 Bh)_Produktwechsel von Mobil Delvac MX 15W-40 auf Plantomot SAE 5W-40																			
87,97	13,21	151	9,6	215	11	n.n.	30	1010	7	396	11	n.n.	2340	904	86	451	0,4	6,83	
04.08.06_Fendt(10/2211 Bh)																			
72,19	13,72	197	13,1	230	14	n.n.	5	1220	n.n.	401	n.n.	n.n.	3100	1140	375	535	0,1	1,27	
21.08.06_Fendt(62/2263 Bh)																			
71,01	12,73	181	13,3	224	9	n.n.	8	1100	n.n.	354	n.n.	7	3070	1080	547	716	0,1	3,83	
29.09.06_Fendt(170/2371 Bh)																			
69,37	12,95	190	11,7	234	16	n.n.	15	1150	n.n.	365	n.n.	n.n.	3100	1060	194	723	0,3	6,53	
19.10.06_Fendt(247/2448 Bh)																			
69,20	12,71	186	12,3	234	16	5	18	1000	n.n.	315	n.n.	6	2840	966	184	3741	0,4	8,68	
20.11.06_Fendt(305/2506 Bh)																			
70,41	13,03	189	11,4	238	17	18	29	1030	5	354	n.n.	n.n.	2850	990	183	602	0,5	11,10	
18.12.06_Fendt(336/2537 Bh)																			
71,50	13,19	189	10,2	n.e.	19	22	31	970	5	300	n.n.	7	2770	972	293	513	0,5	11,70	

n.n. = nicht nachweisbar

n.e. = nicht ermittelt

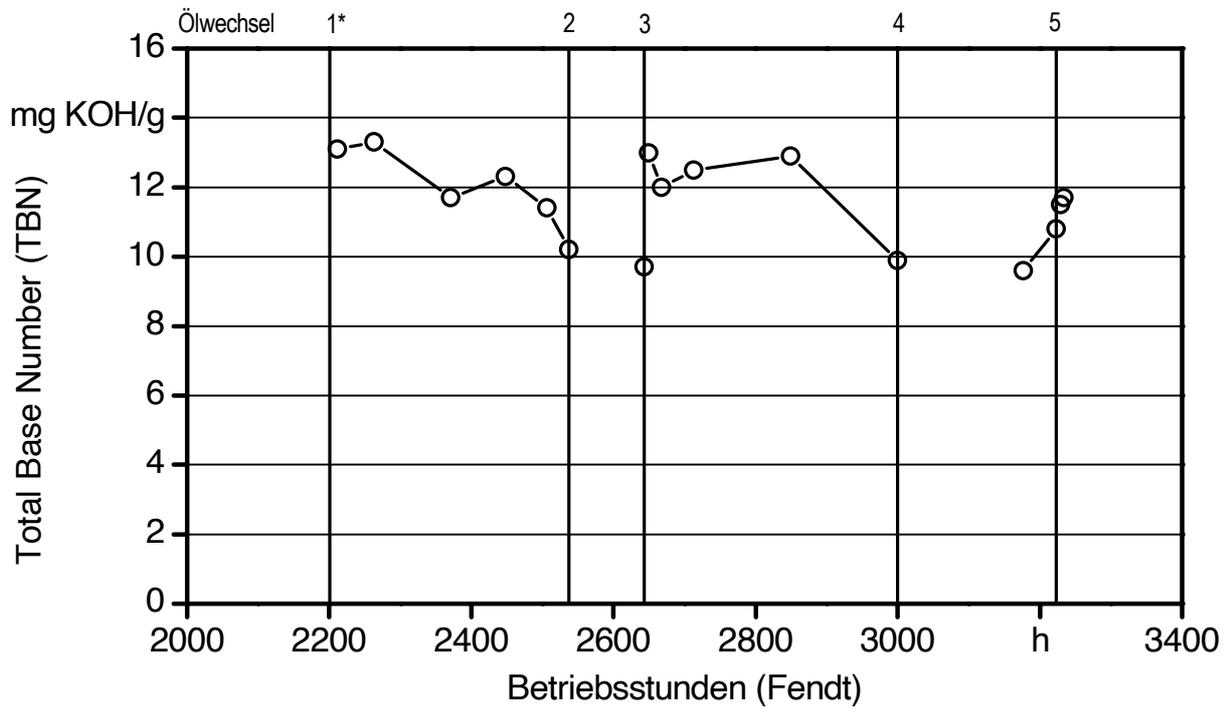
## Anhang 23: Ergebnisse der Motorölanalysen des Fendt Farmer Vario 412 aus dem Jahr 2007

Viskosität bei 40 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskosität bei 100 °C [mm <sup>2</sup> /s]	Viskositätsindex	TBN [mg KOH/g]	Flammpunkt [°C]	Ferroggraphie-Index	Pb-Gehalt [mg/kg]	Fe-Gehalt [mg/kg]	Zn-Gehalt [mg/kg]	Si-Gehalt [mg/kg]	Mg-Gehalt [mg/kg]	Mo-Gehalt [mg/kg]	Na-Gehalt [mg/kg]	Ca-Gehalt [mg/kg]	P-Gehalt [mg/kg]	B-Gehalt [mg/kg]	Wassergehalt (KF) [mg/kg]	Rußgehalt [%wt]	Kraftstoffgehalt (GC-TG) [%wt]	
Frischölwerte Plantomot					Grenzwertvorgaben Plantomot														
72,1	14,0	203	11,6	--	125	20	200	--	30	20	--	--	--	--	--	1000	2,0	10,0	
29.03.07_Fendt(106/2643 Bh)																			
66,67	12,70	194	9,7	n.e.	25	5	18	1180	7	411	n.n.	n.n.	3320	1120	264	491	0,2	1,80	
02.04.07_Fendt(7/2650 Bh)																			
72,38	13,89	200	13,0	n.e.	25	n.n.	5	1180	n.n.	467	n.n.	n.n.	3300	1110	305	426	0,1	0,40	
05.04.07_Fendt(25/2668 Bh)																			
70,97	13,57	198	12,0	n.e.	25	n.n.	7	1190	5	467	n.n.	n.n.	3320	1100	294	394	0,1	0,70	
26.04.07_Fendt(70/2713 Bh)																			
68,30	13,07	196	12,5	n.e.	21	n.n.	11	1070	5	381	n.n.	n.n.	2930	1020	259	713	0,2	1,30	
26.06.07_Fendt(206/2849 Bh)																			
67,50	12,82	193	12,9	n.e.	21	n.n.	21	1090	5	403	n.n.	n.n.	2990	1040	230	n.e.	0,3	8,60	
27.08.07_Fendt(357/3000 Bh)																			
69,20	12,98	192	9,9	n.e.	21	n.n.	n.e.	n.e.	n.e.	717	0,5	13,40							
31.10.07_Fendt(177/3177 Bh)																			
66,49	12,77	196	9,6	n.e.	18	7	18	1280	6	389	n.n.	n.n.	3460	1260	275	569	0,3	7,40	
10.12.07_Fendt(223/3223 Bh)																			
67,79	12,63	189	10,8	n.e.	17	10	21	1340	5	391	n.n.	n.n.	3640	1290	550	528	0,04	10,20	
11.12.07_Fendt(6/3229 Bh)																			
72,75	13,60	200	11,5	n.e.	15	n.n.	n.n.	1300	n.n.	399	n.n.	n.n.	3650	1240	710	449	0,1	1,60	
12.12.07_Fendt(5/3234 Bh)																			
71,28	13,72	200	11,7	n.e.	18	n.n.	5	1270	n.n.	391	n.n.	n.n.	3570	1210	682	438	0,1	1,60	

n.n. = nicht nachweisbar

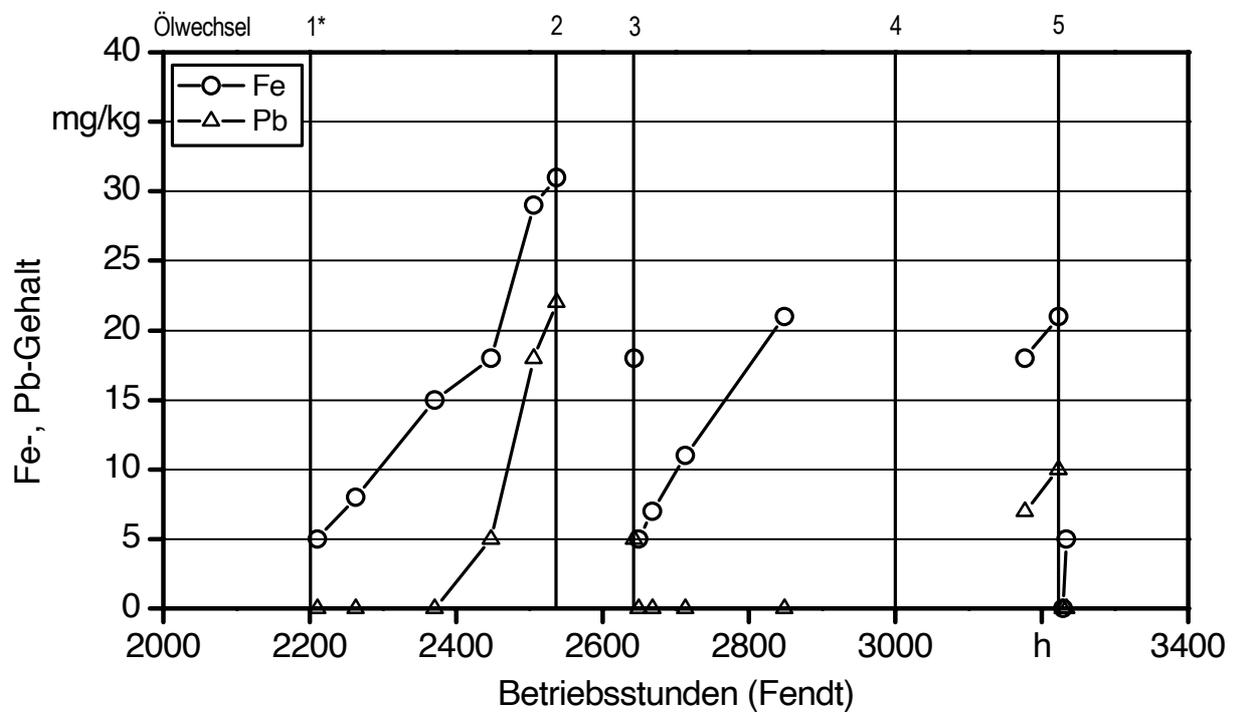
n.e. = nicht ermittelt

Anhang 24: Total Base Number (TBN) von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen



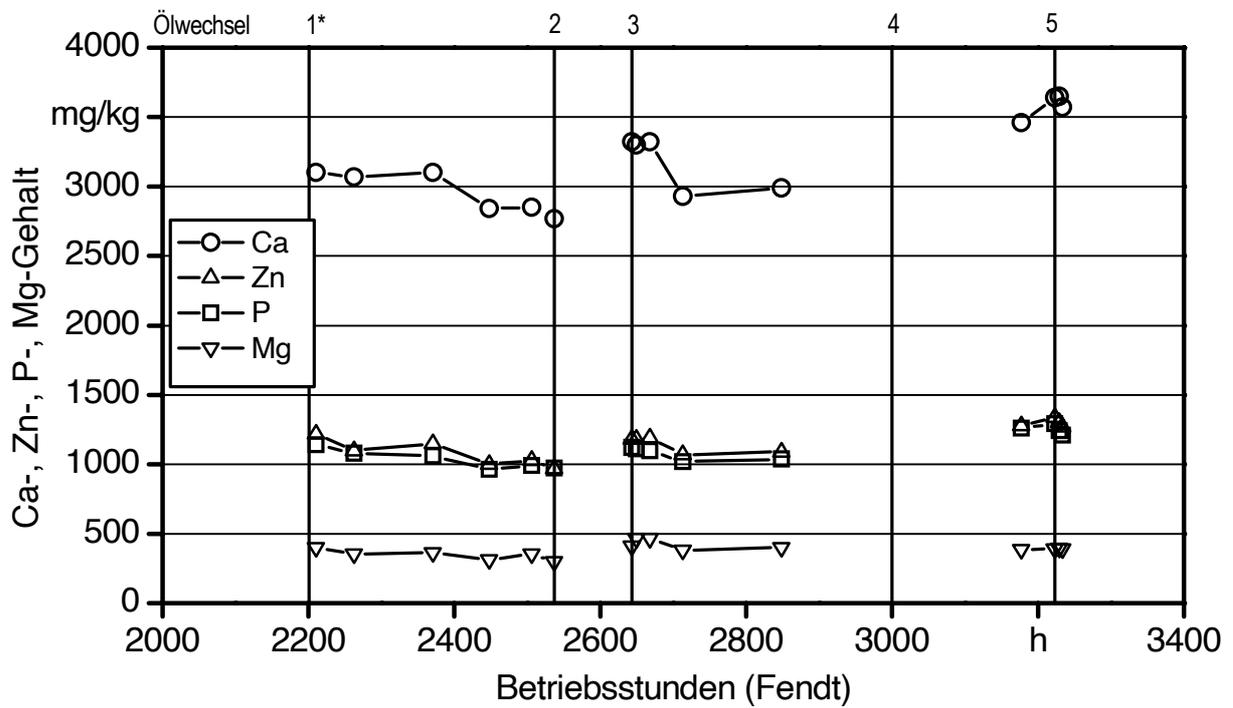
\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

Anhang 25: Gehalte an Verschleißelementen Fe und Pb von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen



\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

Anhang 26: Gehalte an Additivelementen Ca, Zn, P und Mg von Motorölproben des Fendt Farmer Vario 412 bei verschiedenen Betriebsstundenständen und Motorölfüllungen



\* Ölwechsel 1: Umstellung von Motoröl Mobil Delvac MX 15W40 auf BayWa Plantomot 5W40

Anhang 27: Emissionskonzentrationen wiederkehrender Messungen am Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160

Kraftstoff	Betriebs- stunden	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partikel (EPA)	Partikel (VDI)
	Bh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
Diesel	245	6,02	0,32	0,95	--	0,12
Rapsöl	263	6,89	0,12	1,13	--	0,16
Diesel	269	6,28	0,32	1,04	--	0,19
Rapsöl	863	7,08	0,10	1,25	0,19	0,15
Diesel	874	6,44	0,21	1,19	0,20	0,18
Rapsöl	879	7,21	0,08	0,84	0,16	--
Rapsöl	1054	6,57	n. e.	1,13	0,12	--
Rapsöl	1054	6,57	n. e.	1,02	0,12	--
Rapsöl	1054	6,58	n. e.	1,03	0,13	--
Diesel	1064	6,26	0,32	1,51	0,25	--
Diesel	1064	6,31	0,32	1,50	0,25	--
Rapsöl	1073	6,58	0,08	1,01	0,12	--
Rapsöl	1073	6,56	0,08	1,03	0,12	--
Rapsöl	1520	6,56	0,10	0,95	0,18	--
Diesel	1525	6,35	0,32	1,29	0,20	--

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 28: Emissionskonzentrationen wiederkehrender Messungen am Fendt Farmer Vario 412

Kraftstoff	Betriebs- stunden	NO <sub>x</sub>	HC	CO	Partikel (EPA)	Partikel (VDI)
	Bh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh
Diesel	1940	6,23	0,12	5,72	--	0,53
Rapsöl	1945	7,01	0,04	4,55	--	0,30
Rapsöl	2645	6,93	0,02	3,09	0,15	--
Diesel	2650	6,49	0,10	3,17	0,27	--
Diesel	2654	6,53	0,10	1,85	0,13	--
Diesel	2654	6,32	0,10	1,91	0,13	--
Rapsöl	2662	7,07	0,03	0,95	0,05	--
Rapsöl	2662	7,19	0,03	0,98	0,06	--
Rapsöl	3224	6,84	0,03	0,96	0,05	--
Diesel	3230	6,13	0,12	1,60	0,11	--

Anhäng 29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 22.03.2006 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 vor der Umrüstung mit Dieselmotortreibstoff bei 245 Bhp

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LL</sub>	°C	53,2	0,4	46,5	0,4	40,7	0,2	30,0	0,2	39,1	0,3	34,4	0,3	29,0	0,2	15,6	0,1
T <sub>KT2</sub>	°C	40,1	0,5	43,5	0,0	42,6	0,1	38,8	0,2	42,2	0,2	42,6	0,1	30,2	0,9	34,5	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	n.e.	n.e.														
M <sub>Z</sub>	Nm	460	5	344	2	234	3	51	0	534	2	405	1	272	1	3	2
n <sub>r2</sub>	rpm	2101	3	2109	2	2111	1	2113	1	1503	1	1502	1	1507	1	841	1
P <sub>Z</sub>	kW	101,9	0,8	76,3	0,6	51,9	0,8	11,1	0,0	84,5	0,5	63,6	0,0	42,9	0,6	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	34,46	--	27,69	--	21,82	--	12,28	--	24,52	--	19,67	--	14,34	--	2,39	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>AZ2</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>AZ3</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>AZ4</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>AZ5</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>AZ6</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>AE</sub>	°C	413,3	0,2	372,4	0,6	330,5	0,2	234,4	0,3	400,6	0,5	356,7	0,2	299,9	0,3	104,9	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 19.04.2006 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 nach der Umrüstung mit Dieselmotortreibstoff bei 269 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LL</sub>	°C	61,8	0,5	54,6	0,2	50,2	0,2	42,3	0,2	48,6	0,7	42,9	0,9	37,8	0,3	27,4	0,1
T <sub>KT2</sub>	°C	50,5	0,4	46,6	0,4	48,6	0,1	47,2	0,1	49,9	0,1	43,5	0,5	45,8	0,0	41,1	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	102,0	0,2	98,1	0,1	96,5	0,1	93,0	0,1	99,6	0,1	96,2	0,1	93,8	0,1	83,8	0,0
M <sub>Z</sub>	Nm	436	2	329	2	223	3	48	1	519	1	390	2	261	1	28	2
n <sub>T2</sub>	rpm	2108	1	2101	1	2107	1	2107	1	1464	2	1456	1	1466	1	845	1
P <sub>Z</sub>	kW	97,3	0,6	73,0	0,8	49,4	0,8	10,2	0,0	80,4	0,0	59,9	0,4	40,2	0,6	2,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	35,33	--	28,08	--	22,53	--	13,42	--	24,03	--	18,90	--	14,65	--	2,41	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	609,4	0,7	539,0	0,3	482,6	0,8	367,0	0,7	578,2	2,5	504,4	0,8	428,6	0,4	152,2	0,7
T <sub>AZ2</sub>	°C	585,5	0,7	514,5	1,0	455,9	0,9	340,4	1,2	547,1	0,8	473,1	1,0	397,1	0,5	156,8	0,6
T <sub>AZ3</sub>	°C	585,7	0,6	519,9	0,5	461,7	0,5	348,7	0,7	560,0	0,7	489,9	1,0	414,7	0,7	156,0	0,2
T <sub>AZ4</sub>	°C	597,5	0,5	533,0	0,5	472,4	0,6	348,3	0,6	565,3	0,4	488,8	0,9	410,8	0,7	149,3	0,3
T <sub>AZ5</sub>	°C	595,1	0,6	527,9	0,5	464,2	0,5	345,8	0,5	569,0	0,3	494,2	1,0	415,1	0,3	147,5	0,3
T <sub>AZ6</sub>	°C	573,0	0,9	509,6	1,0	448,0	0,6	344,5	1,4	535,9	1,1	472,6	1,3	400,0	0,6	147,8	0,2
T <sub>AE</sub>	°C	437,3	0,2	392,6	0,2	350,6	0,2	265,2	0,2	427,8	0,4	375,7	0,4	318,0	0,2	115,8	0,1

Anhang 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 19.04.2006 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 nach der Umrüstung mit Rapsölkraftstoff bei 263 B<sub>h</sub>

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LL</sub>	°C	58,1	0,8	53,1	0,5	48,5	0,2	40,0	0,2	46,6	0,5	41,2	0,3	36,5	0,4	26,8	0,1
T <sub>KT2</sub>	°C	55,5	0,2	53,6	0,1	52,1	0,0	48,9	0,1	53,7	0,1	50,4	0,1	47,7	0,1	38,1	0,0
T <sub>Oel</sub>	°C	101,6	0,1	98,5	0,1	96,5	0,1	93,8	0,1	99,3	0,1	95,9	0,1	93,4	0,1	84,4	0,0
M <sub>Z</sub>	Nm	441	2	325	5	228	2	49	1	527	1	400	3	264	1	16	1
n <sub>r2</sub>	rpm	2108	1	2105	3	2098	1	2121	1	1468	2	1461	0	1451	1	848	0
P <sub>Z</sub>	kW	98,5	0,5	72,3	1,1	50,3	0,6	10,4	0,4	81,9	0,6	61,8	0,5	40,5	0,5	1,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	34,94	n.e.	28,56	n.e.	23,31	n.e.	13,81	n.e.	24,78	n.e.	20,20	n.e.	14,79	n.e.	2,84	n.e.
T <sub>AZ1</sub>	°C	597,1	1,3	533,4	2,6	484,7	1,1	359,4	0,6	567,5	0,8	498,3	0,7	420,4	0,5	162,0	0,6
T <sub>AZ2</sub>	°C	567,4	1,0	501,5	2,0	449,5	0,8	331,1	0,3	543,1	0,5	469,0	0,5	389,5	0,8	142,4	0,3
T <sub>AZ3</sub>	°C	563,6	1,1	505,4	2,2	454,3	1,2	337,5	1,2	546,4	0,3	476,7	0,3	403,9	0,5	172,1	0,4
T <sub>AZ4</sub>	°C	574,6	1,0	514,7	2,0	458,5	1,0	338,1	0,6	554,5	0,3	484,0	0,4	397,5	0,6	142,1	0,1
T <sub>AZ5</sub>	°C	569,0	1,1	505,5	2,2	446,3	1,5	331,7	0,4	550,6	0,5	482,7	0,4	395,6	0,5	148,4	0,2
T <sub>AZ6</sub>	°C	567,2	1,8	496,2	1,7	452,4	2,2	337,3	0,9	528,2	1,7	478,3	1,1	390,5	2,5	149,5	0,3
T <sub>AE</sub>	°C	422,2	0,4	381,2	1,1	342,2	0,2	257,4	0,1	416,9	0,3	368,0	0,1	307,1	0,1	115,8	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 32: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 07.03.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff bei 863 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>LU2</sub>	°C	40,3	1,7	40,6	0,7	37,8	0,8	31,7	0,7	33,0	2,2	31,4	0,6	30,3	0,8	24,5	0,4
t	s	900	--	900	--	890	--	900	--	900	--	900	--	815	--	900	--
Bh	h	863	--	863	--	864	--	864	--	865	--	865	--	866	--	866	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	27,9	0,7	22,9	0,4	18,6	0,3	15,5	0,3	14,9	0,3	14,4	0,3	15,1	0,8	26,1	0,6
T <sub>LL</sub>	°C	59,1	2,3	52,7	1,1	45,9	1,0	35,0	1,2	38,1	1,0	38,8	1,5	29,6	1,3	25,5	0,2
p <sub>LL</sub>	mbar	185	1	160	1	139	1	112	0	154	1	136	0	118	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KT2</sub>	°C	48,1	0,5	42,6	2,6	41,2	1,6	42,7	0,5	38,0	0,8	41,1	0,6	39,0	0,4	38,7	0,0
T <sub>KE</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KR</sub>	°C	69,9	0,6	64,6	1,1	61,8	1,0	59,6	0,5	57,3	0,7	57,5	0,5	54,5	0,5	50,0	0,0
B	l/h	34,8	0,1	28,1	0,2	23,0	0,1	13,4	0,1	23,3	0,1	19,2	0,1	14,0	0,2	2,8	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	93,2	9,5	89,0	0,4	85,0	0,2	78,4	0,5	85,3	3,7	83,7	0,3	78,2	0,4	73,8	0,0
T <sub>W</sub>	°C	98,6	0,9	93,4	0,5	91,0	0,0	87,0	0,5	93,4	0,5	91,9	0,4	88,0	0,0	84,0	0,0
n <sub>T1</sub>	rpm	2088	3	2081	1	2075	3	2079	3	1395	2	1398	3	1398	1	831	11
P <sub>TR</sub>	%	100	0	78	1	62	1	31	0	100	0	80	1	55	1	13	3
M <sub>Z</sub>	Nm	467	1	335	6	228	2	45	1	554	1	419	4	271	4	7	0
n <sub>T2</sub>	rpm	2089	2	2080	1	2075	2	2079	3	1394	2	1399	2	1397	2	844	3
P <sub>Z</sub>	kW	107,9	0,2	77,1	1,3	52,4	0,5	10,3	0,3	85,4	0,2	64,8	0,6	41,9	0,6	0,6	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	32,73	--	25,74	--	19,79	--	11,30	--	21,94	--	17,31	--	12,52	--	2,52	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	591,7	2,4	515,4	2,5	449,0	2,0	318,0	2,0	546,0	1,4	482,5	1,7	390,3	1,6	148,5	0,5
T <sub>AZ2</sub>	°C	573,7	2,1	489,0	2,4	431,5	1,6	301,9	2,2	521,0	1,7	457,1	1,8	365,6	1,3	136,8	0,5
T <sub>AZ3</sub>	°C	573,5	1,9	508,3	2,2	446,6	1,5	314,3	2,1	534,8	1,6	475,6	1,8	383,5	2,0	153,8	0,5
T <sub>AZ4</sub>	°C	590,2	2,0	511,6	2,5	444,8	1,4	316,6	2,4	542,9	1,3	481,3	1,5	389,0	1,5	146,9	0,3
T <sub>AZ5</sub>	°C	582,2	1,7	507,8	2,3	437,6	1,8	318,2	2,0	548,4	1,1	482,5	1,5	383,8	1,9	167,6	0,8
T <sub>AZ6</sub>	°C	551,2	1,4	474,1	1,9	410,5	1,6	299,6	2,5	510,7	1,1	443,7	1,3	352,7	1,3	153,1	0,6
T <sub>AE</sub>	°C	429,4	3,1	379,2	1,2	330,3	0,5	234,2	1,3	399,0	2,9	353,5	0,6	283,1	0,6	105,1	0,3

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 32: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 07.03.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff bei 863 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	403,9	9,5	358,3	8,8	312,7	7,8	224,7	3,7	359,6	19,8	323,2	10,4	261,8	0,6	105,5	1,8
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,356	--	0,361	--	0,352	--	0,339	--	0,273	--	0,308	--	0,267	--	0,157	--
T <sub>LV</sub>	°C	21,1	0,8	20,5	0,7	20,1	0,3	19,0	0,7	20,4	0,9	17,9	0,6	16,7	0,6	17,8	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	20,71	2,31	19,66	0,72	18,58	2,49	15,72	0,93	11,56	5,81	13,69	4,21	12,26	1,91	2,77	1,24
T <sub>LVE</sub>	°C	20,6	0,5	21,3	0,9	22,3	0,3	21,6	0,9	23,1	0,4	21,1	0,3	21,0	0,3	21,8	0,2
T <sub>MV</sub>	°C	47,3	0,8	48,2	0,7	47,3	0,9	47,6	0,5	46,4	0,8	46,6	0,8	48,5	1,8	48,9	1,1
T <sub>MF1</sub>	°C	--	--	46,0	1,0	--	--	45,6	1,8	--	--	47,2	1,2	--	--	43,4	2,7
T <sub>MF2</sub>	°C	43,1	1,2	--	--	45,5	1,3	--	--	47,4	0,7	--	--	44,4	0,7	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,489	--	0,502	--	0,494	--	0,529	--	0,405	--	0,450	--	0,427	--	0,613	--
T <sub>MA</sub>	°C	23,7	0,2	23,5	0,4	23,2	0,3	21,1	0,4	22,4	0,4	21,3	0,3	20,7	0,3	20,3	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-199,7	4,3	-198,7	1,0	-200,7	4,5	-198,5	1,5	-216,2	11,8	-230,3	31,5	-177,8	7,7	-259,0	13,5

Anhang 33: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 26.03.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff bei 874 B/h

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>LU2</sub>	°C	42,0	0,9	44,7	0,8	42,3	0,4	33,9	0,6	36,2	0,6	38,3	0,6	36,3	0,6	30,3	0,6
t	s	692	--	598	--	599	--	600	--	604	--	601	--	606	--	897	--
Bh	h	874	--	874	--	875	--	875	--	876	--	876	--	877	--	878	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	36,8	1,4	38,5	1,4	38,9	1,7	28,4	3,5	29,3	0,7	31,1	1,2	28,4	1,1	28,0	3,2
T <sub>LL</sub>	°C	59,8	1,5	53,3	1,4	47,6	0,8	35,3	14,4	41,9	0,6	40,4	0,9	36,0	0,8	27,7	0,7
p <sub>LL</sub>	mbar	184	0	160	0	140	0	112	0	152	0	134	0	118	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>KT2</sub>	°C	51,5	0,7	43,6	1,9	49,6	0,2	46,5	0,3	48,8	0,3	44,9	1,0	46,7	0,1	43,0	0,3
T <sub>KE</sub>	°C	n.e.	n.e.														
T <sub>KR</sub>	°C	65,3	0,8	58,2	1,9	62,0	0,0	58,0	0,0	60,3	0,5	57,7	1,2	58,7	0,5	54,1	0,4
B	l/h	34,8	0,0	28,4	0,1	22,7	0,1	13,1	0,1	23,0	0,0	18,8	0,1	13,9	0,1	3,5	0,8
T <sub>Oel</sub>	°C	90,6	1,2	87,6	0,3	84,6	0,2	77,9	0,2	86,3	0,2	83,6	0,3	80,0	0,2	74,1	0,2
T <sub>W</sub>	°C	96,0	0,6	92,5	0,5	90,8	0,4	86,8	0,4	94,0	0,0	91,5	0,5	88,0	0,0	83,6	0,5
n <sub>T1</sub>	rpm	2086	1	2094	1	2096	1	2090	1	1377	2	1391	1	1390	1	845	22
P <sub>TR</sub>	%	100	0	79	0	61	0	30	0	100	0	79	1	55	1	21	8
M <sub>Z</sub>	Nm	452	1	331	2	225	1	42	1	530	1	398	1	260	1	6	0
n <sub>T2</sub>	rpm	2086	2	2092	1	2096	0	2089	2	1378	2	1392	0	1391	2	839	2
P <sub>Z</sub>	kW	102,9	0,3	75,6	0,4	51,4	0,2	9,6	0,2	79,6	0,1	60,5	0,2	39,5	0,2	0,6	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	28,32	--	22,11	--	17,31	--	9,30	--	18,34	--	14,69	--	10,85	--	2,00	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	589,0	2,6	516,5	1,9	452,1	0,9	309,0	3,3	552,0	0,7	477,0	1,6	387,1	1,6	157,2	1,3
T <sub>AZ2</sub>	°C	594,2	1,8	517,3	2,0	454,0	0,9	308,7	5,3	543,4	0,7	471,2	1,4	376,8	1,7	148,1	0,7
T <sub>AZ3</sub>	°C	583,3	2,5	517,0	1,6	450,7	0,9	311,2	0,7	542,7	0,7	474,1	1,6	388,9	1,2	140,4	0,7
T <sub>AZ4</sub>	°C	590,3	2,1	514,6	2,0	451,0	0,7	306,0	15,1	551,0	1,0	477,7	1,6	386,3	1,0	142,1	1,0
T <sub>AZ5</sub>	°C	581,5	1,9	507,3	1,8	443,3	0,6	307,7	6,7	543,8	0,8	472,0	1,6	383,9	1,0	160,9	0,6
T <sub>AZ6</sub>	°C	540,4	2,0	467,7	1,6	407,5	0,8	284,0	7,6	491,8	1,2	425,8	1,3	342,1	3,3	143,2	0,9
T <sub>AE</sub>	°C	435,5	2,1	386,3	0,9	337,8	0,4	227,9	0,4	397,2	0,9	347,3	1,3	281,2	0,6	101,7	1,2

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 33: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 26.03.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff bei 874 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	406,0	2,4	363,8	1,1	319,2	0,8	218,6	1,0	357,5	1,9	318,3	0,6	260,5	0,8	99,5	0,2
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,236	--	0,215	--	0,219	--	0,192	--	0,170	--	0,191	--	0,222	--	0,140	--
T <sub>LV</sub>	°C	25,1	0,2	26,3	0,3	26,5	0,1	23,5	0,3	23,7	0,1	25,0	0,5	25,7	0,1	23,6	0,6
p <sub>LV</sub>	mbar	15,85	1,54	16,60	0,81	16,45	1,24	12,18	1,29	9,99	2,79	11,92	3,14	15,32	2,70	2,13	0,83
T <sub>LVE</sub>	°C	32,0	0,2	32,8	0,5	33,3	0,2	30,3	0,4	32,1	0,2	35,6	0,6	37,9	0,4	36,9	0,6
T <sub>MV</sub>	°C	49,4	2,1	48,0	2,4	47,7	1,8	51,3	0,9	49,1	0,9	49,4	0,8	49,4	1,3	49,4	0,8
T <sub>MF1</sub>	°C	43,2	1,4	--	--	44,9	1,0	--	--	41,4	1,0	45,6	0,8	--	--	43,4	0,8
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	45,7	1,5	--	--	42,3	1,1	--	--	--	--	42,7	2,3	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,354	--	0,295	--	0,298	--	0,320	--	0,263	--	0,277	--	0,310	--	0,474	--
T <sub>MA</sub>	°C	24,8	0,2	25,9	0,3	26,3	0,1	23,8	0,3	23,2	0,1	24,1	0,4	25,0	0,1	23,7	0,5
p <sub>MA</sub>	mbar	-294,7	36,5	-233,9	6,7	-238,3	11,2	-238,8	8,7	-264,8	16,5	-248,1	6,3	-255,4	4,7	-235,1	0,5

Anhang 34: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 27.03.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff bei 879 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>LU2</sub>	°C	40,5	0,8	35,4	0,5	35,0	0,5	30,6	0,6	31,5	0,6	31,6	0,8	30,0	0,6	27,1	0,3
t	s	603	--	603	--	601	--	601	--	594	--	601	--	601	--	915	--
Bh	h	879	--	879	--	880	--	880	--	881	--	881	--	881	--	882	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	33,6	2,0	29,3	0,8	28,1	0,8	23,7	0,5	24,7	0,5	23,9	0,4	22,9	0,3	21,1	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	55,5	1,7	46,7	1,0	41,4	1,2	31,7	0,8	37,6	0,8	34,0	0,9	30,4	0,7	25,2	0,2
p <sub>LL</sub>	mbar	180	0	158	1	138	0	112	0	148	0	130	0	116	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KT2</sub>	°C	47,8	0,5	39,9	1,4	41,0	0,7	38,3	0,3	37,8	0,8	40,3	0,1	39,6	0,2	39,8	0,0
T <sub>KE</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KR</sub>	°C	68,3	0,5	62,0	0,6	60,8	0,4	56,8	0,4	55,0	0,6	55,5	0,5	54,0	0,0	51,0	0,0
B	l/h	34,7	0,1	28,7	0,1	23,7	0,0	13,7	0,1	22,6	0,1	18,2	0,1	13,7	0,1	2,5	0,2
T <sub>Oel</sub>	°C	89,3	0,5	84,0	0,1	82,0	0,2	76,9	0,2	84,4	0,2	81,6	0,2	78,5	0,2	73,1	0,4
T <sub>W</sub>	°C	95,2	0,8	91,8	0,4	89,8	0,4	86,7	0,5	93,0	0,0	90,2	0,4	88,0	0,0	83,8	0,5
n <sub>T1</sub>	rpm	2101	1	2092	1	2099	1	2096	1	1354	4	1350	1	1352	1	847	9
P <sub>TR</sub>	%	99	1	80	0	64	0	32	0	100	0	78	1	56	1	10	2
M <sub>Z</sub>	Nm	447	4	340	1	228	1	44	0	540	1	403	1	268	1	5	0
n <sub>T2</sub>	rpm	2101	2	2092	0	2097	2	2095	2	1354	2	1350	2	1353	2	843	2
P <sub>Z</sub>	kW	103,4	0,8	78,3	0,2	52,5	0,3	10,2	0,1	80,5	0,3	59,8	0,2	39,9	0,1	0,4	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	32,15	--	25,51	--	20,11	--	11,17	--	20,94	--	15,90	--	11,90	--	2,37	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	571,4	4,5	499,6	1,7	441,5	1,8	311,8	0,8	538,5	1,0	463,8	1,6	383,4	1,1	149,3	0,4
T <sub>AZ2</sub>	°C	572,4	4,6	498,3	1,8	438,8	1,3	305,9	0,7	527,0	1,0	450,7	1,8	368,5	0,9	133,9	0,3
T <sub>AZ3</sub>	°C	560,3	4,2	498,9	1,0	436,2	1,2	309,6	0,5	524,1	1,1	452,7	1,7	373,3	1,3	140,4	0,3
T <sub>AZ4</sub>	°C	566,7	3,7	495,4	1,3	433,8	1,2	308,0	0,7	528,0	1,0	456,2	1,1	375,8	0,9	143,4	0,3
T <sub>AZ5</sub>	°C	563,1	3,0	499,9	1,2	430,0	1,6	308,4	0,6	532,3	0,7	457,9	1,3	372,5	0,9	156,7	0,3
T <sub>AZ6</sub>	°C	524,3	2,7	458,6	0,9	403,9	1,2	287,1	0,7	491,1	1,3	425,9	1,1	349,9	1,1	149,5	0,4
T <sub>AE</sub>	°C	421,6	1,8	372,0	0,5	325,1	0,5	228,5	0,7	385,8	0,8	334,2	1,5	273,7	1,9	100,5	1,5

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 34: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 27.03.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff bei 879 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	391,8	1,1	348,4	0,5	306,1	0,5	218,4	1,1	346,9	1,7	307,5	1,8	256,4	2,6	104,7	3,6
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,263	--	0,259	--	0,240	--	0,220	--	0,258	--	0,251	--	0,240	--	0,166	--
T <sub>LV</sub>	°C	25,1	0,4	21,7	0,2	22,0	0,1	20,9	0,2	21,2	0,1	21,1	0,1	20,9	0,1	21,2	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	24,62	1,73	22,85	1,67	19,74	0,80	15,92	1,36	21,70	1,45	20,03	1,60	18,16	1,91	3,87	1,51
T <sub>LVE</sub>	°C	30,0	0,6	27,2	0,2	28,5	0,3	27,3	0,3	27,4	0,1	27,5	0,3	27,5	0,2	28,6	0,1
T <sub>MV</sub>	°C	50,3	2,0	50,6	1,8	51,3	0,5	50,0	0,9	50,1	1,4	50,5	1,6	50,7	1,4	50,5	0,6
T <sub>MF1</sub>	°C	43,0	0,4	--	--	45,8	0,8	--	--	44,3	1,2	--	--	45,7	0,7	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	43,0	0,7	--	--	45,6	1,6	--	--	45,5	0,8	--	--	43,5	1,3
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,359	--	0,361	--	0,353	--	0,355	--	0,355	--	0,352	--	0,357	--	0,334	--
T <sub>MA</sub>	°C	25,4	0,4	21,7	0,2	22,0	0,1	20,8	0,2	20,6	0,1	20,6	0,1	20,6	0,1	21,1	0,2
p <sub>MA</sub>	mbar	-216,6	1,3	-218,2	0,9	-219,4	0,6	-214,4	0,8	-222,0	1,8	-223,1	0,7	-222,1	0,7	-221,3	1,8

Anhang 35: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (Wiederholung 1) bei 1.054 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>LU2</sub>	°C	46,5	0,5	45,0	0,7	43,7	0,6	40,4	0,4	44,8	1,4	43,1	0,6	40,5	0,3	34,0	0,2
t	s	900	--	900	--	901	--	600	--	600	--	600	--	601	--	900	--
Bh	h	ne.	--														
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	43,0	1,5	34,0	0,4	33,6	0,3	31,2	0,3	32,2	0,4	28,9	0,4	28,8	0,2	27,5	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	58,8	0,8	52,1	1,3	50,4	0,8	42,9	0,5	48,3	1,9	41,3	0,5	37,1	0,2	32,5	0,3
p <sub>LL</sub>	mbar	ne.	ne.														
T <sub>KT1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KT2</sub>	°C	39,1	2,0	38,9	1,1	44,5	1,5	43,6	0,8	43,7	1,3	42,5	0,9	41,1	0,8	40,2	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KR</sub>	°C	ne.	ne.														
B	l/h	ne.	ne.														
T <sub>Oel</sub>	°C	92,6	0,3	87,0	0,4	85,3	0,1	80,0	0,3	89,6	0,5	85,9	0,3	81,1	0,1	75,2	0,1
T <sub>W</sub>	°C	ne.	ne.														
n <sub>T1</sub>	rpm	2100	1	2091	2	2097	1	2094	3	1376	4	1370	2	1364	3	842	3
P <sub>TR</sub>	%	ne.	ne.														
M <sub>Z</sub>	Nm	462	1	355	1	232	1	46	1	554	2	421	1	270	4	8	0
n <sub>T2</sub>	rpm	ne.	ne.														
P <sub>Z</sub>	kW	106,2	0,3	81,4	0,3	53,4	0,1	10,5	0,2	83,6	0,5	63,2	0,1	40,3	0,7	0,7	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	32,73	--	26,38	--	20,20	--	11,42	--	21,70	--	16,75	--	12,05	--	2,42	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	591,8	1,3	522,1	1,8	456,3	1,9	334,5	1,0	569,0	1,7	488,9	2,0	392,1	2,7	156,6	0,6
T <sub>AZ2</sub>	°C	596,8	1,7	521,1	1,7	455,0	1,1	323,9	0,5	562,8	1,9	476,7	1,9	380,4	2,4	140,5	0,4
T <sub>AZ3</sub>	°C	587,1	1,5	524,6	1,8	471,4	1,7	335,2	0,9	568,2	1,9	490,1	1,6	391,8	2,2	144,8	0,5
T <sub>AZ4</sub>	°C	589,9	1,3	518,4	2,0	451,3	1,2	323,1	0,8	558,2	1,1	474,1	1,2	383,2	2,1	145,8	0,3
T <sub>AZ5</sub>	°C	585,4	1,5	521,9	1,8	452,7	1,2	327,1	0,9	565,7	1,1	483,0	1,3	385,1	2,2	166,3	0,6
T <sub>AZ6</sub>	°C	552,8	1,4	485,0	2,3	420,0	2,4	295,5	1,3	516,2	2,4	449,8	2,4	359,9	1,9	155,1	0,6
T <sub>AE</sub>	°C	440,0	0,9	391,4	0,7	344,6	0,7	245,9	0,8	414,5	2,4	359,4	1,0	288,5	1,1	105,7	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 35: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (Wiederholung 1) bei 1.054 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	412,8	0,5	367,6	0,3	323,2	0,3	236,4	2,1	361,7	6,0	329,0	1,8	267,6	1,6	103,6	0,7
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,234	--	0,225	--	0,252	--	0,176	--	0,131	--	0,161	--	0,250	--	0,266	--
T <sub>LV</sub>	°C	31,0	0,3	32,2	0,2	36,4	0,2	36,1	0,2	35,6	0,1	31,9	0,5	30,9	0,1	30,9	0,2
p <sub>LV</sub>	mbar	28,02	10,31	25,15	5,06	27,50	7,67	28,24	4,09	19,41	7,77	24,47	5,76	44,10	12,82	27,19	9,27
T <sub>LVE</sub>	°C	30,7	0,2	30,6	0,2	28,6	0,3	24,7	0,3	22,6	0,5	22,4	0,4	20,9	0,2	25,3	0,1
T <sub>MV</sub>	°C	49,5	1,9	52,0	2,1	50,2	1,2	49,1	1,1	49,3	1,4	50,3	1,4	50,0	2,1	48,6	2,6
T <sub>MF1</sub>	°C	42,5	2,1	--	--	44,2	1,3	--	--	48,5	1,3	--	--	44,3	1,0	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	41,8	1,4	--	--	46,6	0,9	--	--	41,9	2,0	--	--	44,3	0,9
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,329	--	0,352	--	0,354	--	0,253	--	0,200	--	0,245	--	0,344	--	0,488	--
T <sub>MA</sub>	°C	30,9	0,4	32,5	0,2	35,2	0,2	35,3	0,2	35,2	0,2	32,1	0,5	30,9	0,1	29,5	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-127,7	4,6	-125,2	6,0	-124,9	5,4	-122,8	4,5	-130,0	5,8	-163,1	24,9	-245,0	15,2	-325,6	69,4

Anhang 36: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (Wiederholung 2) bei 1.054 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>LU2</sub>	°C	47,5	0,8	46,4	0,7	43,8	0,5	39,7	0,4	46,7	0,8	43,2	0,5	39,9	0,4	33,7	0,4
t	s	901	--	900	--	901	--	600	--	602	--	600	--	600	--	900	--
Bh	H	ne.	--														
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	43,8	1,2	35,2	0,4	33,7	0,2	31,0	0,3	31,6	0,2	29,1	0,2	28,8	0,2	27,5	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	60,3	1,3	54,8	1,3	51,0	0,9	42,8	0,4	46,6	0,5	40,5	0,4	37,3	0,3	31,9	0,6
p <sub>LL</sub>	mbar	ne.	ne.														
T <sub>KT1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KT2</sub>	°C	44,7	1,0	43,8	1,0	47,9	0,7	46,1	0,4	46,9	0,7	45,2	0,4	43,1	0,4	39,7	0,2
T <sub>KE</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KR</sub>	°C	ne.	ne.														
B	l/h	ne.	ne.														
T <sub>Oel</sub>	°C	93,9	0,6	87,8	0,2	85,2	0,2	79,7	0,2	90,1	0,5	84,6	0,3	81,3	0,1	75,3	0,2
T <sub>W</sub>	°C	ne.	ne.														
n <sub>T1</sub>	rpm	2102	2	2091	2	2097	2	2088	3	1381	1	1371	2	1363	3	844	2
P <sub>TR</sub>	%	ne.	ne.														
M <sub>Z</sub>	Nm	460	1	355	2	237	1	44	1	558	2	421	1	270	4	8	0
n <sub>T2</sub>	rpm	ne.	ne.														
P <sub>Z</sub>	kW	106,0	0,2	81,4	0,4	54,4	0,3	10,0	0,3	84,4	0,3	63,3	0,2	40,4	0,7	0,7	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	32,59	--	26,48	--	20,37	--	10,88	--	21,80	--	17,00	--	11,91	--	2,44	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	593,1	1,7	525,6	1,6	458,3	2,5	330,8	1,2	567,6	0,9	485,9	1,4	392,2	2,6	157,1	0,4
T <sub>AZ2</sub>	°C	596,7	1,7	524,4	1,8	456,2	1,5	322,1	1,1	560,3	1,0	474,3	1,2	381,5	2,6	140,3	0,3
T <sub>AZ3</sub>	°C	588,1	1,6	528,5	1,9	474,2	1,9	332,5	1,0	566,2	0,9	488,4	1,0	393,1	2,8	145,4	0,4
T <sub>AZ4</sub>	°C	591,7	1,6	523,4	1,5	454,9	2,1	320,6	0,9	559,1	1,4	473,0	0,7	383,4	2,3	145,9	0,2
T <sub>AZ5</sub>	°C	585,9	1,5	526,4	1,5	454,2	1,5	324,5	1,0	565,6	1,2	481,1	0,6	386,4	2,1	168,2	0,6
T <sub>AZ6</sub>	°C	554,2	1,4	492,6	2,5	425,0	2,6	292,1	1,8	522,7	1,4	446,6	0,9	358,8	1,6	154,3	0,5
T <sub>AE</sub>	°C	440,0	0,9	395,1	0,8	346,3	1,0	243,4	0,5	417,7	0,8	358,2	0,3	287,4	0,7	106,0	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 36: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (Wiederholung 2) bei 1.054 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	412,6	0,6	369,5	0,5	323,5	0,7	230,3	0,6	372,9	1,5	325,8	0,2	264,3	0,5	101,8	0,4
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,244	--	0,238	--	0,239	--	0,183	--	0,157	--	0,212	--	0,287	--	0,272	--
T <sub>LV</sub>	°C	31,7	0,4	35,4	0,8	36,6	0,3	34,9	0,3	35,1	0,2	31,1	0,1	30,8	0,1	30,7	0,3
p <sub>LV</sub>	mbar	30,54	22,08	26,64	7,71	25,80	6,84	29,43	2,77	23,93	6,32	34,86	6,71	53,33	13,91	30,47	21,91
T <sub>LVE</sub>	°C	30,9	0,2	33,0	0,5	28,2	0,6	23,9	0,2	23,2	0,2	21,4	0,2	22,4	1,2	25,2	0,3
T <sub>MV</sub>	°C	50,5	2,7	52,2	1,7	50,3	1,2	49,6	1,2	48,4	0,8	50,4	1,8	49,5	2,0	48,5	2,2
T <sub>MF1</sub>	°C	--	--	41,2	1,6	--	--	43,2	1,8	--	--	42,1	2,4	--	--	43,3	1,6
T <sub>MF2</sub>	°C	41,0	2,5	--	--	42,6	1,7	--	--	43,2	1,4	--	--	44,5	0,7	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,341	--	0,343	--	0,333	--	0,264	--	0,215	--	0,280	--	0,371	--	0,478	--
T <sub>MA</sub>	°C	31,8	0,3	34,1	0,5	35,4	0,3	34,3	0,3	35,1	0,1	31,3	0,1	30,6	0,1	29,4	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-126,7	5,8	-126,3	5,8	-127,0	4,9	-121,9	4,1	-127,7	4,6	-182,4	11,0	-238,1	14,4	-367,3	64,9

Anhang 37: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (Wiederholung 3) bei 1.054 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>LU2</sub>	°C	47,5	1,0	47,3	0,7	44,2	0,7	39,1	0,4	47,2	0,5	43,0	0,3	39,8	0,2	33,1	0,3
t	s	900	--	900	--	901	--	601	--	600	--	601	--	600	--	901	--
Bh	h	ne.	--														
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	44,6	1,2	35,8	0,3	33,8	0,3	31,3	0,2	31,6	0,2	29,5	0,2	28,4	0,1	27,5	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	60,6	1,0	57,1	1,1	51,5	0,7	42,8	0,4	46,9	0,6	40,8	0,3	37,1	0,3	31,9	0,4
p <sub>LL</sub>	mbar	ne.	ne.														
T <sub>KT1</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KT2</sub>	°C	47,7	0,5	41,8	1,3	49,8	0,6	46,4	0,2	49,3	0,3	46,3	0,3	44,1	0,2	39,3	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	ne.	ne.														
T <sub>KR</sub>	°C	ne.	ne.														
B	l/h	ne.	ne.														
T <sub>Oel</sub>	°C	94,9	0,2	89,2	0,6	85,9	0,5	79,3	0,1	91,4	0,2	84,6	0,1	81,2	0,1	75,6	0,1
T <sub>W</sub>	°C	ne.	ne.														
n <sub>T1</sub>	rpm	2099	3	2091	2	2095	2	2089	4	1382	6	1370	2	1362	2	843	2
P <sub>TR</sub>	%	ne.	ne.														
M <sub>Z</sub>	Nm	463	3	356	2	246	5	44	1	557	1	423	1	272	1	7	0
n <sub>T2</sub>	rpm	ne.	ne.														
P <sub>Z</sub>	kW	106,5	0,7	81,6	0,4	56,6	1,2	10,0	0,2	84,4	0,5	63,6	0,2	40,6	0,1	0,7	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	32,71	--	26,43	--	20,88	--	11,18	--	21,78	--	16,97	--	12,06	--	2,44	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	593,4	1,5	528,3	1,1	471,1	8,7	330,9	1,2	569,1	1,2	487,7	0,8	393,6	2,2	156,9	0,4
T <sub>AZ2</sub>	°C	597,6	1,5	528,3	1,1	462,2	4,6	322,3	1,0	561,8	0,8	476,1	1,3	383,6	2,4	140,5	0,3
T <sub>AZ3</sub>	°C	589,1	1,2	531,9	1,2	479,5	3,2	333,0	1,2	568,3	0,6	490,3	0,8	394,8	1,9	146,2	0,5
T <sub>AZ4</sub>	°C	593,2	1,3	526,2	0,9	458,4	2,5	320,5	1,0	560,1	1,0	474,7	1,4	384,4	2,2	146,3	0,2
T <sub>AZ5</sub>	°C	587,2	1,3	529,0	0,8	457,9	3,0	324,6	1,0	568,1	0,7	483,4	0,8	387,5	1,9	170,1	0,6
T <sub>AZ6</sub>	°C	555,3	1,4	495,1	1,7	429,5	4,7	291,8	1,1	522,4	2,1	446,9	1,0	359,5	1,5	154,6	0,6
T <sub>AE</sub>	°C	441,4	0,7	397,9	0,5	350,4	2,7	243,3	0,3	419,3	0,3	360,0	0,6	289,5	0,6	106,0	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 37: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 23.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (Wiederholung 3) bei 1.054 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	413,8	0,5	371,6	0,5	326,5	2,1	229,1	0,2	376,3	0,5	326,3	0,4	264,7	0,4	100,9	0,2
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,201	--	0,294	--	0,253	--	0,203	--	0,132	--	0,219	--	0,256	--	0,247	--
T <sub>LV</sub>	°C	33,5	0,3	37,2	0,2	37,0	0,4	35,2	0,3	34,2	0,1	31,1	0,0	30,6	0,1	30,1	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	23,93	11,63	34,39	11,01	27,43	6,22	33,28	2,08	19,40	4,95	37,12	14,80	45,13	11,50	26,66	19,05
T <sub>LVE</sub>	°C	31,8	0,1	32,2	0,9	26,2	0,5	23,9	0,3	23,5	0,1	21,2	0,1	24,9	0,3	27,0	0,4
T <sub>MV</sub>	°C	51,9	1,6	50,2	1,4	50,0	1,1	50,0	1,3	50,3	0,9	49,9	1,5	49,7	1,9	48,7	2,1
T <sub>MF1</sub>	°C	42,0	1,4	--	--	43,3	1,5	--	--	43,1	1,4	--	--	44,3	1,0	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	43,4	1,3	--	--	44,3	1,6	--	--	44,8	0,5	--	--	44,4	0,9
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,290	--	0,379	--	0,339	--	0,282	--	0,198	--	0,288	--	0,339	--	0,462	--
T <sub>MA</sub>	°C	33,3	0,3	35,6	0,2	35,8	0,2	34,4	0,2	34,3	0,1	31,1	0,0	30,3	0,1	29,6	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-114,2	8,8	-122,3	4,7	-125,9	4,8	-119,8	1,9	-130,5	5,0	-184,6	9,1	-246,5	15,7	-370,8	64,9

Anhang 38: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 24.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff (DkZy-1) bei 1.064 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	39,1	0,6	43,6	0,5	43,0	0,0	42,0	0,0	41,0	0,0	37,7	1,0	36,7	0,5	32,6	0,5
T <sub>LU2</sub>	°C	49,4	0,6	48,1	0,6	45,8	0,4	41,8	0,2	45,6	0,6	44,0	0,6	41,6	0,4	34,6	0,2
t	s	901	--	901	--	900	--	600	--	601	--	600	--	600	--	900	--
Bh	h	1064	--	1064	--	1065	--	1066	--	1067	--	1067	--	1068	--	1069	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	34,1	0,5	33,5	0,2	32,3	0,2	30,9	0,1	31,2	0,3	31,1	0,1	31,1	0,2	29,8	0,2
T <sub>LL</sub>	°C	62,2	1,0	53,4	0,7	48,3	0,7	41,0	0,5	47,7	0,6	43,5	0,3	39,2	0,4	33,7	0,4
p <sub>LL</sub>	mbar	182	0	157	1	138	0	110	0	150	0	130	1	116	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	51,9	0,4	50,0	1,3	49,6	0,5	48,0	0,0	51,8	0,4	48,7	1,0	48,5	0,5	45,0	0,0
T <sub>KT2</sub>	°C	51,5	1,1	49,0	1,2	49,0	0,5	47,7	0,1	51,2	0,4	48,0	0,5	47,9	0,5	44,3	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	73,6	0,9	68,1	0,8	65,9	0,4	61,8	0,4	69,2	0,8	64,8	0,8	62,8	0,8	56,3	0,5
T <sub>KR</sub>	°C	68,0	1,1	63,8	1,0	62,6	0,5	59,0	0,0	63,8	0,8	59,7	0,5	58,7	0,5	54,0	0,0
B	l/h	34,9	0,1	28,0	0,3	22,5	0,1	13,0	0,0	23,4	0,0	18,2	0,1	13,5	0,1	4,6	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	95,3	0,5	88,7	0,5	84,8	0,1	79,7	0,1	89,3	0,5	85,2	0,1	80,7	0,3	74,2	0,1
T <sub>W</sub>	°C	100,4	0,5	93,6	0,5	91,5	0,5	87,0	0,0	97,0	0,6	92,3	0,5	88,3	0,5	83,0	0,0
n <sub>T1</sub>	rpm	2099	3	2080	1	2089	1	2083	1	1396	1	1404	1	1404	1	832	7
P <sub>TR</sub>	%	100	1	78	1	60	1	30	0	100	0	75	1	53	1	31	1
M <sub>Z</sub>	Nm	445	2	335	2	227	1	41	0	529	1	382	2	252	3	0	n.e.
n <sub>T2</sub>	rpm	2100	2	2079	2	2088	0	2082	2	1396	0	1404	1	1407	3	800	n.e.
P <sub>Z</sub>	kW	102,1	0,4	76,2	0,4	51,9	0,2	9,4	0,1	80,9	0,2	58,7	0,3	38,7	0,4	0,0	n.e.
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	28,46	--	21,62	--	17,45	--	9,65	--	18,67	--	14,15	--	10,48	--	1,79	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	600,4	1,6	519,0	2,1	453,8	1,2	314,0	0,7	566,6	1,2	470,3	1,1	389,1	1,6	153,0	0,5
T <sub>AZ2</sub>	°C	607,8	1,6	522,7	1,8	457,3	0,8	316,1	0,6	560,3	1,6	465,7	1,0	374,6	1,6	131,3	0,6
T <sub>AZ3</sub>	°C	596,4	1,4	523,6	2,3	459,9	0,8	320,1	0,5	558,2	1,0	471,0	1,4	388,8	1,4	134,1	0,5
T <sub>AZ4</sub>	°C	602,2	1,6	521,8	2,4	458,1	0,6	320,8	0,4	558,6	1,4	470,8	0,8	384,1	1,4	139,8	0,3
T <sub>AZ5</sub>	°C	599,1	1,4	523,6	2,1	452,3	0,6	326,6	0,5	568,3	1,5	479,8	0,8	389,7	1,8	166,9	0,4
T <sub>AZ6</sub>	°C	565,6	1,2	481,2	1,7	415,9	0,8	299,3	1,0	499,2	1,9	422,5	0,6	344,6	1,6	150,3	0,8
T <sub>AE</sub>	°C	455,9	0,7	399,9	1,5	351,6	0,3	244,3	0,4	423,0	1,9	356,7	1,8	293,2	1,3	103,4	0,2

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 38: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 24.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff (DkZy-1) bei 1.064 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	418,4	0,6	369,1	0,9	323,3	0,3	229,5	1,3	365,5	3,3	317,0	1,2	267,7	2,2	99,2	0,8
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,219	--	0,247	--	0,244	--	0,239	--	0,182	--	0,218	--	0,208	--	0,243	--
T <sub>LV</sub>	°C	32,1	0,1	32,5	0,5	33,7	0,2	33,8	0,1	33,4	0,3	34,2	0,1	32,8	0,1	31,6	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	25,99	10,72	28,72	11,40	27,23	8,53	42,88	11,36	30,92	14,26	38,29	12,59	35,47	10,18	25,01	5,60
T <sub>LVE</sub>	°C	27,6	0,5	26,5	0,6	27,0	0,4	26,3	0,2	26,3	0,6	25,4	0,1	24,8	0,3	25,7	0,2
T <sub>MV</sub>	°C	49,1	2,1	49,9	1,4	51,0	1,8	49,8	1,0	49,2	0,8	49,4	1,2	49,5	1,2	49,1	0,7
T <sub>MF1</sub>	°C	44,8	1,0	44,3	0,7	41,7	1,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	43,4	0,4	43,3	0,5	45,9	0,6	44,3	0,4	43,9	0,5
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,359	--	0,376	--	0,374	--	0,338	--	0,256	--	0,286	--	0,285	--	0,462	--
T <sub>MA</sub>	°C	31,3	0,2	32,0	0,3	33,0	0,1	32,8	0,1	32,4	0,1	33,8	0,1	33,1	0,2	31,3	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-317,0	35,3	-320,9	18,0	-331,1	27,0	-317,7	14,7	-340,8	20,6	-332,0	16,5	-333,2	16,5	-326,8	15,6

Anhang 39: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 24.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff (DkZy-2) bei 1.064 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	41,3	0,7	43,5	0,5	42,8	0,5	41,7	0,5	41,2	0,8	36,8	0,4	36,0	0,0	33,0	0,0
T <sub>LU2</sub>	°C	49,8	0,9	47,9	0,5	46,4	0,3	41,3	0,3	46,9	0,7	43,2	0,4	40,9	0,4	34,5	0,4
t	s	901	--	900	--	900	--	600	--	602	--	602	--	600	--	901	--
Bh	h	1064	--	1065	--	1065	--	1066	--	1067	--	1068	--	1068	--	1070	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	34,6	0,4	33,4	0,3	32,4	0,2	30,7	0,2	31,8	0,2	31,1	0,2	30,9	0,1	29,6	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	61,3	0,9	53,8	0,7	49,0	0,6	40,7	0,7	48,3	0,5	42,5	0,7	39,4	0,2	33,7	0,2
p <sub>LL</sub>	mbar	182	0	158	1	140	0	110	0	150	1	132	0	117	1	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	52,0	0,0	52,0	0,0	51,5	0,5	48,0	0,0	52,0	0,0	50,0	0,0	48,8	0,4	45,0	0,0
T <sub>KT2</sub>	°C	54,1	0,4	51,6	0,4	50,7	0,3	47,9	0,1	52,5	0,2	49,2	0,2	48,0	0,1	44,3	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	75,5	0,5	69,8	0,5	67,4	0,5	62,0	0,0	70,7	0,5	65,8	0,4	63,0	0,0	57,0	0,0
T <sub>KR</sub>	°C	70,0	0,5	65,8	0,5	63,9	0,4	59,0	0,0	65,3	0,5	60,7	0,5	59,0	0,0	54,0	0,0
B	l/h	34,7	0,1	28,3	0,1	22,7	0,1	13,1	0,1	23,5	0,1	18,4	0,1	13,7	0,1	4,5	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	95,5	0,3	88,2	0,1	85,3	0,1	79,5	0,1	90,8	0,5	84,6	0,5	81,1	0,1	74,1	0,0
T <sub>W</sub>	°C	100,4	0,5	93,8	0,5	91,9	0,4	87,0	0,0	98,0	0,0	92,2	0,4	89,0	0,0	83,0	0,0
n <sub>T1</sub>	rpm	2102	2	2079	1	2088	2	2083	1	1400	5	1404	1	1407	2	838	10
P <sub>IR</sub>	%	99	0	79	0	61	0	30	0	100	0	76	1	54	1	30	2
M <sub>Z</sub>	Nm	443	1	337	1	232	1	41	0	530	1	387	1	256	5	0	n.e.
n <sub>T2</sub>	rpm	2101	2	2078	2	2087	2	2084	1	1399	5	1404	1	1408	3	826	n.e.
P <sub>Z</sub>	kW	101,8	0,3	76,7	0,3	52,9	0,3	9,3	0,1	81,1	0,5	59,5	0,2	39,4	0,7	0,0	n.e.
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	27,86	--	22,53	--	17,56	--	9,66	--	18,97	--	14,50	--	10,53	--	2,08	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	598,9	1,3	521,1	1,2	456,7	0,9	313,1	0,9	569,0	0,9	473,1	1,0	391,9	1,1	153,4	0,6
T <sub>AZ2</sub>	°C	605,3	1,3	525,0	1,1	460,3	0,6	314,7	0,5	565,3	0,9	467,6	1,0	378,4	1,2	131,5	0,4
T <sub>AZ3</sub>	°C	594,3	1,1	526,5	1,1	461,7	0,7	318,9	0,7	559,4	1,2	474,2	0,7	392,5	1,1	134,6	0,4
T <sub>AZ4</sub>	°C	599,3	1,2	524,9	1,1	461,0	0,6	319,9	0,5	563,7	1,1	473,2	0,8	388,8	1,2	140,7	0,6
T <sub>AZ5</sub>	°C	596,9	1,0	526,0	0,9	455,6	0,8	325,7	0,5	573,3	1,2	481,5	1,3	395,7	1,2	167,3	0,4
T <sub>AZ6</sub>	°C	563,0	1,1	482,0	0,8	419,5	0,8	298,8	0,9	503,9	1,4	426,1	1,0	353,2	0,8	150,2	0,8
T <sub>AE</sub>	°C	454,7	0,6	402,4	0,6	354,1	0,4	243,5	0,2	427,1	0,4	360,5	0,2	295,7	0,6	103,3	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 39: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 24.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff (DkZy-2) bei 1.064 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	417,7	0,6	369,2	0,3	324,1	0,3	226,4	0,5	373,5	1,1	319,9	0,3	264,9	0,3	97,4	0,3
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,285	--	0,290	--	0,357	--	0,263	--	0,221	--	0,232	--	0,206	--	0,306	--
T <sub>LV</sub>	°C	31,9	0,2	32,8	0,3	33,6	0,1	33,6	0,2	34,3	0,2	34,0	0,2	33,2	0,1	31,5	0,0
p <sub>LV</sub>	mbar	35,03	15,70	35,06	15,42	44,28	17,85	48,83	11,62	39,54	12,57	41,24	11,06	35,25	11,10	33,28	3,81
T <sub>LVE</sub>	°C	26,4	0,2	26,4	0,5	26,7	0,2	25,9	0,2	26,9	0,2	25,5	0,3	26,1	0,2	25,9	0,1
T <sub>MV</sub>	°C	49,3	1,5	49,3	1,5	49,3	1,4	49,3	0,7	49,1	1,4	49,8	1,3	49,8	1,2	48,5	0,9
T <sub>MF1</sub>	°C	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	45,1	0,5	43,7	0,8	44,7	0,3	n.e.	n.e.	44,8	0,6
T <sub>MF2</sub>	°C	43,7	0,8	43,6	0,5	43,7	0,4	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	n.e.	43,3	0,7	n.e.	n.e.
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,402	n.e.	0,400	n.e.	0,453	n.e.	0,349	n.e.	0,282	n.e.	0,298	n.e.	0,286	n.e.	0,477	n.e.
T <sub>MA</sub>	°C	31,4	0,1	32,3	0,2	32,7	0,1	32,6	0,2	33,1	0,1	33,8	0,1	33,0	0,0	31,2	0,0
p <sub>MA</sub>	mbar	-315,0	18,4	-316,0	18,4	-329,0	19,7	-313,3	13,9	-332,6	16,7	-328,7	16,0	-332,1	16,7	-323,0	13,2

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 40: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Rapsölkraftstoff (RkZy-1) bei 1.073 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	37,6	0,7	40,0	0,0	40,0	0,0	40,0	0,0	40,3	0,5	43,0	0,0	42,0	0,0	40,3	0,5
T <sub>LU2</sub>	°C	46,9	0,3	46,1	0,2	44,5	0,2	41,1	0,3	46,4	0,7	46,7	0,3	44,6	0,3	36,3	0,3
t	s	900	--	900	--	901	--	601	--	600	--	600	--	600	--	901	--
Bh	h	1073	--	1073	--	1074	--	1075	--	1076	--	1076	--	1077	--	1078	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--
T <sub>LA1</sub>	°C	30,6	0,2	31,1	0,3	31,2	0,4	30,0	0,1	31,1	0,3	31,7	0,1	32,0	0,1	30,8	0,2
T <sub>LL</sub>	°C	59,1	0,5	50,9	0,6	46,4	0,5	40,5	0,3	47,1	0,7	44,3	0,8	41,3	0,3	33,5	0,2
p <sub>LL</sub>	mbar	182	1	157	1	137	1	110	0	152	1	133	1	118	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	47,6	1,4	47,1	1,2	45,8	1,3	44,5	0,5	47,5	1,0	47,8	0,8	46,7	0,5	42,9	0,4
T <sub>KT2</sub>	°C	43,6	2,0	44,1	1,5	42,4	1,8	42,4	0,9	45,3	0,9	45,8	0,8	45,3	0,6	42,2	0,3
T <sub>KE</sub>	°C	79,5	0,5	74,6	0,5	71,5	0,5	67,2	0,4	71,3	0,8	69,7	0,5	66,8	0,4	63,3	0,5
T <sub>KR</sub>	°C	75,5	0,5	71,4	0,5	68,4	0,5	65,0	0,0	68,0	0,9	66,3	0,5	63,5	0,5	62,0	0,0
B	l/h	35,0	0,1	28,4	0,2	23,6	0,1	13,5	0,1	23,5	0,0	18,8	0,2	14,2	0,1	2,5	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	93,0	0,4	87,2	0,3	84,2	0,2	79,9	0,2	89,4	0,6	86,9	0,4	82,6	0,1	75,3	0,1
T <sub>W</sub>	°C	98,9	0,4	92,9	0,4	90,5	0,5	87,0	0,0	97,2	0,8	92,8	0,4	89,8	0,4	84,0	0,0
n <sub>T1</sub>	rpm	2098	2	2080	2	2082	2	2087	1	1404	1	1400	2	1402	1	844	3
P <sub>TR</sub>	%	100	0	80	1	64	1	31	0	100	0	78	1	56	0	10	1
M <sub>Z</sub>	Nm	467	2	348	3	236	1	44	0	559	1	422	1	281	1	0	n.e.
n <sub>T2</sub>	rpm	2099	2	2079	2	2083	2	2087	2	1404	2	1402	2	1402	2	846	n.e.
P <sub>Z</sub>	kW	107,8	0,4	79,5	0,9	54,1	0,3	10,2	0,1	86,3	0,2	65,1	0,1	43,3	0,1	0,0	n.e.
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	33,01	--	25,58	--	19,84	--	11,05	--	22,24	--	17,17	--	12,76	--	2,26	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	598,4	1,3	519,0	1,7	463,7	1,5	328,7	0,3	572,1	0,9	499,4	1,6	413,4	0,7	150,6	0,5
T <sub>AZ2</sub>	°C	596,4	0,9	515,8	1,2	450,6	1,4	318,0	0,6	564,3	2,5	485,7	1,6	396,1	0,8	132,4	0,3
T <sub>AZ3</sub>	°C	582,8	0,7	517,8	1,5	465,1	2,4	325,5	0,7	558,0	1,1	495,3	1,1	413,8	0,7	134,8	0,3
T <sub>AZ4</sub>	°C	591,2	1,0	512,5	1,8	444,9	1,0	317,7	0,3	561,9	3,0	483,1	1,3	392,2	0,5	144,1	0,5
T <sub>AZ5</sub>	°C	587,3	0,9	519,9	1,5	448,6	0,9	326,1	0,5	573,8	1,5	494,4	2,1	400,8	0,6	165,6	0,2
T <sub>AZ6</sub>	°C	544,2	1,5	478,2	1,8	414,3	2,1	294,7	0,7	520,6	2,4	447,8	1,3	364,9	0,6	149,4	0,3
T <sub>AE</sub>	°C	445,5	0,5	392,1	0,8	344,4	0,8	244,8	1,2	420,9	2,3	369,3	0,7	301,6	0,2	103,2	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 40: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (RkZy-1) bei 1.073 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	409,7	0,5	363,8	1,3	319,3	0,3	235,4	3,3	368,7	4,2	334,6	1,7	276,8	1,3	99,8	0,7
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,429	--	0,431	--	0,458	--	0,336	--	0,267	--	0,272	--	0,310	--	0,273	--
T <sub>LV</sub>	°C	27,7	0,1	29,5	0,4	31,0	0,4	31,1	0,1	32,5	0,1	33,2	0,3	33,3	0,1	33,5	0,0
p <sub>LV</sub>	mbar	55,78	12,41	56,17	18,47	59,06	9,77	67,01	11,03	48,73	10,64	50,22	10,00	59,54	11,05	28,15	11,42
T <sub>LVE</sub>	°C	24,1	0,1	24,9	0,4	25,6	0,4	25,4	0,1	26,2	0,2	26,3	0,2	26,3	0,1	26,8	0,2
T <sub>MV</sub>	°C	50,2	1,4	49,8	1,1	50,3	1,1	48,3	2,5	50,0	1,1	50,2	1,2	50,1	0,8	50,2	1,2
T <sub>MF1</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	42,8	0,6	44,4	0,5	43,4	0,8	43,0	1,0	43,9	1,8	45,8	1,5	45,3	1,1	44,3	0,5
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,551	--	0,551	--	0,581	--	0,417	--	0,346	--	0,349	--	0,383	--	0,499	--
T <sub>MA</sub>	°C	27,8	0,2	29,9	0,3	31,0	0,4	31,1	0,0	32,1	0,1	33,0	0,2	33,1	0,1	33,0	0,0
p <sub>MA</sub>	mbar	-322,4	13,4	-340,0	26,0	-327,5	13,3	-319,4	12,8	-341,3	15,4	-339,4	14,5	-328,2	15,1	-344,7	37,4

Anhang 41: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (RkZy-2) bei 1.073 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	39,6	0,5	40,3	0,5	40,0	0,0	39,3	0,5	41,7	0,5	43,0	0,0	42,0	0,0	39,1	0,4
T <sub>LU2</sub>	°C	47,6	0,4	45,9	0,2	44,8	0,2	40,9	0,2	47,3	0,7	46,0	0,3	44,1	0,3	36,8	0,5
t	s	901	--	901	--	900	--	601	--	599	--	600	--	600	--	900	--
Bh	h	1073	--	1074	--	1075	--	1075	--	1076	--	1076	--	1077	--	1078	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--
T <sub>LA1</sub>	°C	31,6	0,4	31,0	0,3	31,6	0,2	30,1	0,2	31,5	0,2	31,7	0,1	32,0	0,2	30,1	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	57,7	1,1	51,9	0,7	47,3	0,7	39,9	0,4	47,9	0,9	43,7	0,7	41,3	0,4	33,9	0,4
p <sub>LL</sub>	mbar	180	1	158	1	138	0	110	0	152	0	134	1	118	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	50,8	0,7	50,1	0,8	49,0	0,5	46,2	0,4	50,3	0,8	49,3	0,5	48,3	0,5	42,0	0,0
T <sub>KT2</sub>	°C	48,1	0,5	48,2	0,8	47,2	0,6	44,9	0,3	48,7	0,6	47,9	0,4	46,9	0,3	41,4	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	80,1	0,4	75,9	0,4	72,9	0,4	67,3	0,5	73,5	0,8	70,0	0,0	67,0	0,0	62,9	0,4
T <sub>KR</sub>	°C	76,8	0,5	72,8	0,5	69,9	0,4	65,2	0,4	69,8	0,8	67,0	0,0	64,0	0,0	61,0	0,0
B	l/h	34,7	0,2	28,5	0,1	23,9	0,1	13,5	0,1	23,5	0,0	18,9	0,2	14,3	0,1	2,5	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	92,3	0,3	87,6	0,2	84,7	0,1	79,4	0,0	91,4	0,1	85,9	0,1	82,5	0,1	75,3	0,1
T <sub>W</sub>	°C	98,5	0,5	93,6	0,5	91,1	0,4	87,0	0,0	99,0	0,0	92,7	0,5	90,0	0,0	84,0	0,0
n <sub>T1</sub>	rpm	2101	1	2077	2	2081	2	2087	2	1404	2	1400	1	1401	1	843	3
P <sub>TR</sub>	%	99	1	80	0	65	0	31	0	100	0	79	1	57	1	10	1
M <sub>Z</sub>	Nm	460	5	351	1	242	1	44	0	564	1	423	1	283	1	0	n.e.
n <sub>T2</sub>	rpm	2101	3	2077	2	2081	2	2086	2	1405	2	1400	0	1402	2	846	n.e.
P <sub>Z</sub>	kW	106,4	1,0	80,2	0,2	55,3	0,3	10,1	0,1	87,2	0,2	65,2	0,1	43,7	0,2	0,0	n.e.
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	32,60	--	25,94	--	20,47	--	11,20	--	22,25	--	17,37	--	12,79	--	2,32	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	595,3	1,6	519,6	0,9	468,8	2,2	327,8	0,5	574,2	0,7	496,8	1,2	412,9	0,7	152,0	0,4
T <sub>AZ2</sub>	°C	592,4	1,4	517,0	1,4	453,6	1,8	316,2	0,5	570,1	1,2	482,2	1,7	396,9	1,0	133,1	0,3
T <sub>AZ3</sub>	°C	580,0	1,0	518,5	0,9	469,9	1,4	323,0	0,6	559,2	0,8	495,2	1,5	414,5	1,0	135,8	0,4
T <sub>AZ4</sub>	°C	587,8	1,2	514,8	0,9	448,0	1,3	317,1	0,3	570,8	0,9	479,1	1,0	393,4	0,9	144,1	0,4
T <sub>AZ5</sub>	°C	584,5	1,0	522,4	1,0	450,7	0,9	324,9	0,4	578,7	0,7	490,4	1,0	402,5	0,8	165,9	0,3
T <sub>AZ6</sub>	°C	540,6	1,3	481,0	0,9	420,2	1,7	294,0	0,5	525,5	1,2	445,4	0,7	367,6	0,5	149,2	0,3
T <sub>AE</sub>	°C	442,7	0,6	393,7	0,4	347,4	0,6	242,4	0,1	426,9	0,8	367,3	0,6	301,7	0,4	103,6	0,1

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 41: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff (RkZy-2) bei 1.073 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	408,5	0,5	363,5	0,2	320,9	0,4	228,2	0,6	378,5	1,3	330,7	0,3	274,2	0,3	98,1	0,2
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,430	--	0,481	--	0,467	--	0,333	--	0,279	--	0,299	--	0,323	--	0,332	--
T <sub>LV</sub>	°C	29,0	0,5	29,7	0,1	31,6	0,2	31,0	0,1	32,4	0,2	33,1	0,1	33,0	0,1	32,7	0,4
p <sub>LV</sub>	mbar	55,78	9,93	64,63	15,98	60,84	10,31	65,56	6,17	52,27	12,48	56,96	11,26	63,34	14,12	36,83	12,02
T <sub>LVE</sub>	°C	24,8	0,2	25,0	0,1	25,9	0,2	25,4	0,1	26,1	0,2	26,3	0,1	26,0	0,1	26,3	0,3
T <sub>MV</sub>	°C	50,5	1,4	49,9	1,0	50,5	0,7	49,9	1,5	49,9	1,5	50,2	0,9	48,9	1,0	50,0	0,5
T <sub>MF1</sub>	°C	42,3	1,4	44,1	0,4	43,1	0,8	43,3	0,7	44,7	0,8	44,7	1,0	42,9	1,5	45,9	0,4
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,549	--	0,592	--	0,591	--	0,431	--	0,348	--	0,371	--	0,389	--	0,560	--
T <sub>MA</sub>	°C	29,1	0,4	30,0	0,1	31,5	0,1	30,9	0,1	32,2	0,2	33,0	0,1	32,7	0,1	32,3	0,3
p <sub>MA</sub>	mbar	-321,3	12,4	-330,5	20,6	-325,9	13,6	-315,3	6,4	-340,7	15,0	-332,4	13,0	-326,7	15,6	-331,3	28,0

Anhang 42: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessungen am 24/25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Leerlauf) bei 1.064 Bh bzw. 1.073 Bh

Kürzel	Einheit	DK P8-1/1		DK P8-1/2		DK P8-1/3		DK P8-1/4		RK P8-1/1		RK P8-2/1		RK P8-1/2		RK P8-2/2	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	33,0	0,0	32,4	0,5	32,6	0,5	32,6	0,5	38,0	0,0	38,0	0,0	37,1	0,4	36,4	0,5
T <sub>LU2</sub>	°C	34,1	0,2	33,8	0,2	34,1	0,2	34,3	0,2	35,1	0,9	33,2	0,3	33,5	0,4	33,2	0,3
t	s	900	--	900	--	901	--	901	--	900	--	900	--	901	--	901	--
Bh	h	1070	--	1070	--	1071	--	1071	--	1079	--	1079	--	1079	--	1080	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--
T <sub>LAI</sub>	°C	29,4	0,1	29,2	0,1	29,3	0,1	29,1	0,1	29,2	0,2	28,5	0,3	28,3	0,1	28,1	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	33,6	0,1	33,4	0,2	34,2	0,2	34,5	0,1	32,8	0,8	32,8	0,2	32,7	0,1	32,5	0,1
p <sub>LL</sub>	mbar	96	0	96	0	96	0	96	0	96	0	96	0	96	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	45,0	0,0	45,0	0,0	45,0	0,0	45,0	0,0	41,9	0,4	41,0	0,0	41,0	0,0	41,0	0,0
T <sub>KT2</sub>	°C	44,1	0,1	43,9	0,1	44,2	0,2	44,7	0,1	41,0	0,2	40,1	0,2	39,8	0,0	39,8	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	56,3	0,5	56,1	0,4	56,1	0,4	56,1	0,4	62,3	0,5	62,0	0,0	62,0	0,0	62,0	0,0
T <sub>KR</sub>	°C	54,0	0,0	54,0	0,0	54,0	0,0	54,0	0,0	60,3	0,5	60,0	0,0	59,6	0,5	59,1	0,4
B	l/h	4,6	0,1	4,6	0,1	4,6	0,1	4,6	0,1	2,5	0,0	2,5	0,0	2,5	0,0	2,5	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	74,0	0,1	74,0	0,1	74,0	0,1	74,0	0,1	75,0	0,3	74,9	0,1	75,1	0,1	75,0	0,0
T <sub>W</sub>	°C	83,0	0,0	83,0	0,0	83,0	0,0	83,0	0,0	83,9	0,4	84,0	0,0	84,0	0,0	84,0	0,0
n <sub>T1</sub>	rpm	832	12	835	13	831	8	831	8	844	3	845	3	843	2	845	2
P <sub>TR</sub>	%	31	2	31	3	31	2	31	2	10	0	10	1	10	0	10	0
M <sub>Z</sub>	Nm	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--	0	--
n <sub>T2</sub>	rpm	825	n.e.	830	n.e.	826	n.e.	824	n.e.	833	n.e.	835	n.e.	830	n.e.	830	n.e.
P <sub>Z</sub>	kW	0,0	--	0,0	--	0,0	--	0,0	--	0,0	--	0,0	--	0,0	--	0,0	--
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	1,94	--	1,78	--	1,72	--	1,86	--	2,38	--	2,38	--	2,36	--	2,32	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	152,8	1,0	152,6	0,8	153,9	0,7	154,0	0,6	152,3	0,3	152,9	0,3	153,6	0,6	153,7	0,3
T <sub>AZ2</sub>	°C	131,4	0,4	131,4	0,4	132,3	0,4	132,4	0,4	133,3	0,4	134,1	0,5	134,7	0,5	135,2	0,4
T <sub>AZ3</sub>	°C	134,4	0,4	134,8	0,4	134,7	0,5	133,6	0,3	135,9	0,3	136,6	0,2	137,2	0,5	137,5	0,2
T <sub>AZ4</sub>	°C	140,8	0,3	140,6	0,3	141,6	0,6	142,6	0,3	144,2	0,3	145,1	0,3	145,8	0,5	145,9	0,4
T <sub>AZ5</sub>	°C	167,9	0,6	168,2	0,3	168,6	0,3	169,4	0,2	166,0	0,3	166,6	0,2	166,9	0,5	167,0	0,2
T <sub>AZ6</sub>	°C	151,4	0,8	150,3	0,8	150,5	0,8	151,4	0,8	149,5	0,3	150,1	0,3	150,7	0,4	151,1	0,3
T <sub>AE</sub>	°C	103,4	0,1	103,4	0,1	104,3	0,3	104,4	0,1	103,4	0,1	103,8	0,1	104,0	0,1	104,1	0,2

n.e. = nicht ermittelt

Anhang 42: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessungen am 24/25.05.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 (Leerlauf) bei 1.064 Bh bzw. 1.073 Bh (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	DK P8-1/1		DK P8-1/2		DK P8-1/3		DK P8-1/4		RK P8-1/1		RK P8-2/1		RK P8-1/2		RK P8-2/2	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	96,3	0,2	95,7	0,1	96,0	0,2	96,0	0,1	97,2	0,3	96,8	0,1	96,6	0,1	96,4	0,1
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,262	--	0,314	--	0,288	--	0,265	--	0,261	--	0,249	--	0,218	--	0,196	--
T <sub>LV</sub>	°C	31,3	0,0	31,1	0,1	31,3	0,2	31,8	0,1	31,4	0,2	30,9	0,2	30,2	0,2	29,8	0,0
p <sub>LV</sub>	mbar	27,74	9,49	34,87	8,80	31,71	11,76	28,60	10,58	27,01	15,43	25,39	15,28	21,03	14,05	17,88	12,95
T <sub>LVE</sub>	°C	22,6	0,6	21,3	0,2	21,5	0,4	22,2	0,2	25,9	0,1	25,7	0,2	25,7	0,2	25,5	0,4
T <sub>MV</sub>	°C	49,9	0,4	49,3	0,6	49,5	0,9	50,5	0,8	49,8	1,1	49,3	1,2	49,2	1,6	49,1	1,7
T <sub>MF1</sub>	°C	--	--	43,7	1,6	--	--	45,0	0,9	--	--	43,4	0,8	--	--	41,9	0,6
T <sub>MF2</sub>	°C	45,3	0,8	--	--	44,8	0,5	--	--	44,7	0,5	--	--	43,5	1,2	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,505	--	0,557	--	0,548	--	0,538	--	0,465	--	0,451	--	0,410	--	0,409	--
T <sub>MA</sub>	°C	31,0	0,0	30,9	0,1	31,0	0,2	31,6	0,1	31,2	0,2	30,7	0,3	30,1	0,2	29,7	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-384,7	18,5	-405,9	18,4	-407,8	20,5	-409,5	20,6	-352,7	43,0	-355,6	42,7	-364,7	46,1	-366,0	49,6

Anhang 43: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 05.12.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff bei 1.520 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	36,0	0,6	37,0	0,6	36,0	0,0	35,2	0,4	37,2	0,4	39,6	0,5	38,7	0,5	29,5	0,5
T <sub>LU2</sub>	°C	50,9	0,7	47,0	0,4	45,4	0,3	37,9	1,2	43,7	1,1	42,9	0,5	39,8	0,4	30,5	0,5
t	s	541	--	541	--	541	--	541	--	541	--	540	--	540	--	541	--
Bh	h	1520	--	1520	--	1521	--	1521	--	1522	--	1523	--	1523	--	1524	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--	ein	--
T <sub>LA1</sub>	°C	29,2	1,1	26,9	0,5	26,1	0,1	24,6	0,2	25,7	0,2	25,4	0,1	24,9	0,4	26,0	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	67,2	0,8	57,5	0,4	50,7	0,5	40,2	0,7	49,1	1,1	43,3	0,8	35,8	0,8	31,6	0,4
p <sub>LL</sub>	mbar	184	1	159	1	140	0	112	0	156	0	137	1	120	0	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	51,0	1,3	50,7	1,2	48,0	1,3	43,3	0,5	45,8	1,3	44,0	0,7	42,3	0,5	38,8	1,2
T <sub>KT2</sub>	°C	46,8	2,2	47,1	1,7	44,5	1,7	41,1	0,6	42,7	1,1	40,8	0,8	40,2	0,3	38,4	0,8
T <sub>KE</sub>	°C	83,2	0,4	77,2	0,4	71,7	0,5	65,0	0,0	70,0	0,7	66,0	0,7	63,0	0,6	57,2	0,8
T <sub>KR</sub>	°C	78,8	0,8	74,2	0,4	69,0	0,0	63,3	0,5	66,6	0,5	63,2	0,8	60,2	0,4	52,8	0,8
B	l/h	35,0	0,0	28,4	0,1	23,6	0,1	13,4	0,1	24,1	0,1	19,8	0,1	14,8	0,1	2,6	0,0
T <sub>Oel</sub>	°C	101,0	0,2	90,4	0,6	85,0	0,2	77,8	0,5	87,2	0,8	83,0	0,4	78,7	0,5	73,1	0,3
T <sub>W</sub>	°C	106,0	0,0	95,8	0,8	91,0	0,0	86,2	0,4	96,6	0,5	91,8	0,4	87,5	0,5	82,7	0,5
n <sub>T1</sub>	rpm	2095	1	2094	2	2090	3	2088	2	1442	2	1449	1	1439	5	845	5
P <sub>TR</sub>	%	100	0	79	0	64	0	31	0	100	0	79	1	57	1	11	1
M <sub>Z</sub>	Nm	474	1	344	3	236	2	45	1	568	2	425	1	284	2	0	0
n <sub>T2</sub>	rpm	2096	1	2094	1	2090	0	2088	2	1442	3	1449	2	1439	2	845	0
P <sub>Z</sub>	kW	107,6	0,3	78,1	0,7	53,5	0,4	10,2	0,1	88,7	0,4	66,7	0,2	44,4	0,3	0	0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	27,91	--	22,30	--	17,79	--	10,93	--	18,67	--	15,04	--	11,45	--	3,63	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	607,9	50,5	528,4	45,6	462,3	33,7	322,4	2,4	556,9	5,2	482,8	41,0	399,7	17,9	140,7	0,4
T <sub>AZ2</sub>	°C	625,1	11,7	536,2	3,4	471,9	2,8	322,7	1,7	572,1	4,1	497,1	1,5	405,9	1,8	132,8	0,4
T <sub>AZ3</sub>	°C	624,4	9,6	542,0	4,0	475,6	3,6	329,8	1,8	583,3	2,8	499,1	2,9	409,3	2,0	138,4	0,5
T <sub>AZ4</sub>	°C	618,4	23,4	531,2	2,9	462,4	3,2	328,5	1,3	576,4	1,1	497,8	1,4	412,9	1,9	153,4	0,5
T <sub>AZ5</sub>	°C	620,2	2,2	535,5	0,8	463,5	1,2	332,5	1,4	571,8	1,4	493,2	1,6	404,2	1,4	144,3	0,3
T <sub>AZ6</sub>	°C	641,9	1,8	560,2	2,1	494,9	3,3	347,3	2,9	605,1	2,2	527,0	3,1	429,6	2,7	159,7	0,9
T <sub>AE</sub>	°C	460,7	0,6	398,3	0,8	346,7	0,3	242,6	1,6	418,3	2,9	362,5	1,8	299,8	2,7	99,5	0,5

Anhang 43: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 05.12.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Raps-ölkraftstoff bei 1.520 B<sub>h</sub> (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	427,4	0,3	375,1	1,6	327,4	0,8	236,2	3,3	368,9	5,6	328,8	1,5	279,3	3,5	103,5	1,1
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,280	--	0,412	--	0,349	--	0,318	--	0,336	--	0,325	--	0,324	--	0,356	--
T <sub>LV</sub>	°C	35,0	0,1	32,6	0,4	34,2	0,1	30,1	0,6	28,9	0,6	31,4	0,1	29,9	0,3	24,5	0,2
p <sub>LV</sub>	mbar	61,6	13,2	105,7	7,9	82,1	5,8	70,1	12,6	75,3	10,0	72,7	9,7	71,6	8,1	80,6	3,0
T <sub>LVE</sub>	°C	28,4	0,3	26,4	0,1	27,1	0,2	24,5	0,2	25,0	0,4	25,5	0,1	24,4	0,1	22,9	0,2
T <sub>MV</sub>	°C	50,9	10,1	44,3	1,1	49,2	1,4	49,4	2,0	48,3	1,2	48,6	1,5	48,9	1,4	51,1	1,3
T <sub>MF1</sub>	°C	45,4	1,0	43,7	0,2	42,5	0,8	43,1	1,0	46,7	2,5	--	--	44,4	2,6	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	46,4	0,8	--	--	43,4	1,4
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,302	--	0,418	--	0,395	--	0,377	--	0,371	--	0,369	--	0,375	--	0,425	--
T <sub>MA</sub>	°C	33,6	0,2	32,7	0,1	33,2	0,3	29,9	0,4	28,7	0,4	29,8	0,2	26,2	0,1	23,4	0,3
p <sub>MA</sub>	mbar	-215,5	12,6	-294,3	1,6	-335,6	8,1	-343,1	12,0	-341,6	11,1	-341,0	9,7	-342,7	8,5	-325,4	1,6

Anhang 44: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 06.12.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff bei 1.525 Bhp

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	37,8	1,2	42,0	0,0	41,3	0,5	39,7	0,5	38,0	0,0	40,0	0,0	38,0	0,0	30,6	0,5
T <sub>LU2</sub>	°C	48,3	0,7	46,7	0,5	43,5	0,3	39,0	1,1	40,9	1,1	41,7	0,8	36,4	0,5	27,8	0,8
t	s	540	--	540	--	541	--	541	--	541	--	540	--	541	--	540	--
Bh	h	1525	--	1526	--	1526	--	1527	--	1527	--	1528	--	1529	--	1530	--
DH1	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
DH2	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--	aus	--
T <sub>LA1</sub>	°C	23,0	0,4	22,2	0,2	23,9	1,3	25,6	0,1	26,3	0,3	24,0	0,4	22,3	0,1	21,5	1,1
T <sub>LL</sub>	°C	65,5	0,5	57,5	0,2	51,2	0,2	42,1	0,6	49,0	0,5	44,9	0,4	39,0	0,5	30,3	0,2
p <sub>LL</sub>	mbar	184	0	158	0	138	1	112	0	152	0	134	0	119	1	96	0
T <sub>KT1</sub>	°C	50,3	1,6	48,0	1,6	49,2	0,8	48,2	1,2	46,0	1,6	46,2	0,8	45,0	0,0	43,0	0,0
T <sub>KT2</sub>	°C	49,3	1,4	47,4	1,3	48,3	0,5	47,3	0,8	45,2	1,1	45,4	0,7	44,4	0,0	41,9	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	72,2	1,5	67,2	0,8	65,5	0,5	61,8	1,5	64,0	1,6	63,2	0,4	59,8	0,4	56,0	0,0
T <sub>KR</sub>	°C	66,5	1,9	62,8	1,3	62,5	0,5	60,0	1,3	59,4	1,1	59,0	0,0	56,0	0,0	52,2	0,4
B	l/h	34,9	0,1	27,9	0,1	22,2	0,1	13,7	0,1	23,3	0,1	18,8	0,1	14,3	0,1	4,5	0,1
T <sub>Oel</sub>	°C	93,9	1,0	88,2	0,3	83,3	0,3	77,5	0,6	85,9	0,7	83,8	0,5	78,1	0,2	72,7	0,1
T <sub>W</sub>	°C	100,0	0,9	93,2	0,4	90,0	0,0	86,3	0,5	95,4	0,9	91,2	0,4	88,0	0,0	81,8	0,4
n <sub>T1</sub>	rpm	2094	4	2096	1	2089	1	2094	2	1395	2	1406	2	1412	1	831	0
P <sub>TR</sub>	%	100	0	77	1	60	1	32	0	100	0	78	0	55	1	30	2
M <sub>Z</sub>	Nm	447	3	321	1	215	2	44	0	532	1	396	1	267	2	0	0
n <sub>T2</sub>	rpm	2095	4	2096	1	2090	1	2094	1	1395	2	1405	2	1413	4	833	4
P <sub>Z</sub>	kW	101,7	0,5	73,1	0,3	48,9	0,4	10,1	0,1	80,7	0,2	60,6	0,2	41,0	0,2	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	26,94	--	17,18	--	13,08	--	12,74	--	16,18	--	10,26	--	9,64	--	0,84	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	582,4	67,3	510,1	36,1	446,4	24,9	328,6	4,5	543,1	55,3	474,1	23,9	389,4	23,9	138,5	0,8
T <sub>AZ2</sub>	°C	619,2	4,7	533,8	3,6	465,3	2,4	334,3	1,7	575,5	6,4	494,0	2,6	401,1	0,9	136,3	1,2
T <sub>AZ3</sub>	°C	616,6	10,1	534,0	4,5	464,9	1,0	336,1	1,8	569,9	5,4	490,9	2,1	399,6	0,9	127,8	0,7
T <sub>AZ4</sub>	°C	615,4	9,5	530,2	6,1	465,7	2,1	334,2	2,0	578,2	5,1	495,2	1,6	406,5	0,7	151,4	0,6
T <sub>AZ5</sub>	°C	609,4	2,1	532,3	0,8	463,5	0,9	337,0	2,3	565,9	2,6	485,4	2,0	395,8	0,6	132,1	0,3
T <sub>AZ6</sub>	°C	633,8	1,4	553,0	1,8	481,9	1,5	350,9	4,6	587,5	2,1	504,7	2,0	416,6	0,8	147,0	0,5
T <sub>AE</sub>	°C	459,0	1,0	399,4	0,4	347,6	0,5	252,8	3,8	417,9	2,7	364,4	1,9	294,9	0,3	100,1	0,8

Anhang 44: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 06.12.2007 am Deutz-Fahr Agrottron TTV 1160 mit Dieselmotorkraftstoff bei 1.525 Bm (Fortsetzung)

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>AA</sub>	°C	421,8	1,1	371,4	0,8	324,1	1,5	245,3	5,4	364,8	4,6	330,0	2,4	266,3	0,2	107,1	2,7
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,255	--	0,277	--	0,276	--	0,293	--	0,256	--	0,265	--	0,258	--	0,304	--
T <sub>LV</sub>	°C	29,7	0,3	31,0	0,1	31,1	0,2	31,1	0,2	31,4	0,3	29,5	0,2	27,0	0,4	25,4	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	55,3	14,3	59,8	10,4	58,3	7,9	63,0	9,1	52,2	10,4	54,4	10,7	52,0	9,2	64,7	6,3
T <sub>LVE</sub>	°C	26,2	0,2	26,2	0,1	25,3	0,4	25,1	0,3	26,0	0,3	24,0	0,3	23,2	0,5	23,2	0,1
T <sub>MV</sub>	°C	46,5	2,7	48,8	1,6	49,6	1,1	48,8	1,2	49,9	0,8	49,8	0,9	50,6	1,0	50,4	1,1
T <sub>MF1</sub>	°C	45,8	1,3	46,9	0,7	45,0	0,7	44,1	0,3	--	--	44,9	0,3	--	--	44,9	0,7
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	41,6	1,5	--	--	42,5	1,9	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,313	--	0,320	--	0,322	--	0,338	--	0,300	--	0,314	--	0,314	--	0,375	--
T <sub>MA</sub>	°C	29,2	0,5	31,8	0,1	30,8	0,7	29,3	0,4	30,0	0,3	27,5	0,2	24,2	0,3	24,6	0,0
p <sub>MA</sub>	mbar	-356,2	15,3	-350,3	11,9	-350,7	12,1	-345,6	11,9	-368,0	14,3	-357,1	14,5	-360,2	12,6	-334,8	6,9

Anhang 45: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 20.04.2006 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieseldieselkraftstoff bei 1.940 B/h

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LL</sub>	°C	55,8	0,4	52,3	0,4	43,7	0,5	34,8	0,2	51,1	0,2	47,4	0,4	40,9	0,2	27,5	0,0
T <sub>KT2</sub>	°C	33,4	0,1	28,7	0,1	28,6	0,0	30,9	0,4	32,2	0,0	28,0	0,1	27,9	0,1	31,0	0,0
T <sub>Oel</sub>	°C	42,2	0,4	41,4	0,2	39,0	0,3	35,6	0,2	45,2	0,2	43,6	0,3	41,7	0,2	29,1	0,1
M <sub>Z</sub>	Nm	346	2	278	2	193	2	43	1	453	3	370	2	236	2	20	1
n <sub>T2</sub>	rpm	1922	2	1930	1	1925	1	1929	1	1397	1	1410	0	1400	0	636	4
P <sub>Z</sub>	kW	70,5	0,5	56,6	0,5	39,2	0,6	8,3	0,4	66,8	0,6	55,2	0,5	34,6	0,0	1,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	22,57	--	19,34	--	14,87	--	7,63	--	19,59	--	16,43	--	11,42	--	1,12	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	631,2	1,5	575,7	0,6	497,3	1,1	345,5	0,8	654,2	0,4	594,0	0,8	492,3	0,7	121,5	0,3
T <sub>AZ2</sub>	°C	639,9	1,1	583,2	0,8	501,0	0,7	337,4	0,5	682,3	0,7	616,8	1,0	507,3	0,5	144,7	0,7
T <sub>AZ3</sub>	°C	631,0	1,4	572,4	0,7	489,2	0,9	334,1	0,4	688,4	0,6	617,8	1,1	503,0	0,6	133,3	0,8
T <sub>AZ4</sub>	°C	621,1	0,8	572,7	0,6	500,3	0,8	354,7	0,7	650,1	0,8	590,0	0,8	492,5	0,9	164,4	0,5
T <sub>AE</sub>	°C	451,1	0,5	417,4	0,3	364,1	0,4	248,2	0,1	491,4	0,3	451,0	0,6	374,3	0,1	87,2	0,1

Anhang 46: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 20.04.2006 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff bei 1.945 B/h

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LL</sub>	°C	58,9	0,3	54,1	0,2	46,9	0,3	37,7	0,2	52,8	0,3	47,4	0,4	42,2	0,2	29,2	0,1
T <sub>KT2</sub>	°C	27,0	0,7	32,7	0,2	29,9	0,1	28,3	0,0	28,6	0,1	31,0	0,2	32,0	0,1	28,7	0,0
T <sub>Oel</sub>	°C	44,5	0,2	44,9	0,2	42,8	0,2	38,3	0,2	46,4	0,2	45,0	0,2	42,0	0,2	31,3	0,1
M <sub>Z</sub>	Nm	370	2	296	2	201	1	47	1	515	1	394	2	265	1	23	1
n <sub>r2</sub>	rpm	1922	1	1923	0	1926	1	1927	2	1346	2	1351	1	1343	1	673	5
P <sub>Z</sub>	kW	75,1	0,4	60,0	0,6	40,7	0,0	9,3	0,4	73,2	0,0	55,9	0,0	37,6	0,0	1,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	24,66	--	20,50	--	16,13	--	8,39	--	21,73	--	17,09	--	12,02	--	1,22	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	632,2	1,0	580,7	0,6	510,8	0,8	357,6	1,3	678,2	0,7	596,4	0,9	498,5	1,4	134,1	0,6
T <sub>AZ2</sub>	°C	645,0	1,3	588,5	0,9	510,3	0,7	343,7	1,6	709,9	0,8	624,5	0,5	518,1	1,0	151,5	0,4
T <sub>AZ3</sub>	°C	644,0	0,5	582,5	0,9	505,7	0,6	341,3	1,6	718,8	0,8	630,2	0,5	519,4	0,5	141,2	0,2
T <sub>AZ4</sub>	°C	631,2	0,7	578,9	0,5	510,2	0,9	362,7	1,4	674,0	0,6	597,9	0,6	508,7	0,4	163,3	1,3
T <sub>AE</sub>	°C	450,9	0,3	413,6	0,1	362,5	0,3	245,3	0,5	500,0	0,2	438,8	0,1	364,1	0,1	88,7	0,1

Anhang 47: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 30.03.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff bei 2.645 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	37,7	0,5	38,0	0,0	36,2	0,4	31,8	0,8	38,0	0,9	39,5	0,5	38,0	0,0	28,2	0,4
T <sub>LU2</sub>	°C	35,9	0,8	35,5	0,5	33,6	0,5	27,5	0,4	36,2	1,0	36,7	0,6	35,2	0,8	24,9	0,3
t	s	603	--	601	--	600	--	601	--	601	--	601	--	608	--	907	--
Bh	h	2645	--	2645	--	2646	--	2646	--	2647	--	2647	--	2647	--	2648	--
T <sub>LA1</sub>	°C	23,5	0,2	23,6	0,2	23,3	0,1	22,0	0,1	23,6	1,5	24,3	0,2	23,7	0,1	22,2	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	69,0	0,9	59,7	0,3	49,2	0,2	33,5	0,7	61,6	0,7	53,0	0,6	42,6	0,3	26,2	0,1
T <sub>KT2</sub>	°C	29,8	0,1	30,1	0,2	32,0	0,1	31,1	0,1	33,1	0,3	33,1	0,1	32,6	0,1	29,1	0,2
T <sub>KE</sub>	°C	104,3	0,5	101,0	0,0	96,2	2,0	86,0	0,0	96,2	0,8	93,5	0,5	88,0	0,0	71,6	0,9
T <sub>Oel</sub>	°C	110,1	19,7	106,5	22,9	103,8	1,7	97,1	1,3	113,4	5,9	107,3	6,2	100,7	12,2	83,9	0,7
T <sub>W</sub>	°C	89,8	0,4	88,8	0,4	86,8	0,4	87,0	0,0	93,8	0,4	88,0	0,0	86,0	0,0	82,4	0,9
n <sub>T1</sub>	rpm	1920	0	1932	34	1917	5	1920	0	1330	6	1348	4	1350	0	723	15
M <sub>Z</sub>	Nm	428	2	323	2	222	1	43	1	574	5	443	3	283	2	6	0
n <sub>T2</sub>	rpm	1924	3	1924	2	1924	2	1927	2	1333	5	1351	2	1351	2	726	11
P <sub>Z</sub>	kW	91,3	0,5	68,8	0,4	47,4	0,1	9,1	0,1	84,8	1,0	66,3	0,4	42,3	0,4	0,5	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	24,74	--	19,18	--	14,24	--	6,28	--	21,89	--	17,09	--	11,37	--	1,24	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	661,9	2,3	583,3	1,1	500,0	1,0	314,7	0,8	725,9	1,4	635,4	1,2	510,2	1,0	145,3	1,6
T <sub>AZ2</sub>	°C	668,8	1,3	584,9	1,3	499,3	0,8	303,3	0,8	740,7	1,3	649,2	1,2	525,3	0,9	150,7	1,3
T <sub>AZ3</sub>	°C	666,3	1,3	572,4	1,1	488,4	1,0	297,0	0,9	750,0	1,9	652,7	1,3	519,1	1,2	147,5	1,5
T <sub>AZ4</sub>	°C	656,7	1,3	581,1	1,3	501,3	0,8	324,0	1,3	705,4	1,7	629,7	0,9	514,4	1,2	166,7	1,0
T <sub>AE</sub>	°C	425,1	0,5	372,5	0,3	318,0	0,2	186,0	1,0	458,9	0,9	399,8	0,4	314,6	0,6	69,8	0,8
T <sub>AA</sub>	°C	390,8	1,1	348,3	1,3	298,1	1,1	182,8	2,6	402,0	4,1	365,2	1,1	290,3	2,4	81,8	3,4
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,248	--	0,249	--	0,217	--	0,234	--	0,162	--	0,169	--	0,167	--	0,175	--
T <sub>LV</sub>	°C	22,6	0,2	23,4	0,2	24,3	0,1	23,4	0,5	26,4	0,5	26,6	0,2	26,2	0,1	21,5	0,0
p <sub>LV</sub>	mbar	19,98	2,16	19,84	3,39	16,11	5,63	16,94	0,50	9,58	5,70	10,25	6,13	9,47	5,47	4,57	0,69
T <sub>LVE</sub>	°C	29,0	0,1	29,6	0,4	29,9	0,2	29,1	0,4	30,7	0,2	30,5	0,1	36,2	0,1	34,7	0,1
T <sub>MV</sub>	°C	48,9	2,2	48,8	1,6	48,5	0,7	49,2	0,6	47,5	1,4	48,5	1,4	49,6	1,3	48,5	0,4
T <sub>MF1</sub>	°C	43,8	1,0	--	--	43,4	1,0	--	--	45,7	1,7	--	--	43,0	1,2	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	45,3	1,6	--	--	44,6	2,0	--	--	43,2	1,2	--	--	44,3	1,1
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,338	--	0,327	--	0,294	--	0,357	--	0,240	--	0,248	--	0,255	--	0,503	--
T <sub>MA</sub>	°C	20,0	0,1	20,8	0,4	21,7	0,1	20,6	0,3	22,4	0,6	23,3	0,2	23,0	0,1	21,3	0,2
p <sub>MA</sub>	mbar	-222,7	4,8	-219,9	4,1	-223,6	10,3	-209,4	1,0	-233,9	11,7	-234,1	11,2	-233,7	10,8	-213,5	0,7

Anhang 48: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 02.04.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieseldieselkraftstoff bei 2.650 B/h

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	37,7	0,5	37,3	0,5	36,3	0,5	33,0	0,6	36,8	0,4	37,0	0,0	34,5	0,5	27,1	0,4
T <sub>LU2</sub>	°C	36,8	0,7	34,9	0,8	33,1	0,8	29,9	0,5	34,1	0,9	32,7	0,6	30,7	0,5	25,1	0,2
t	s	602	--	600	--	601	--	601	--	601	--	601	--	601	--	905	--
Bh	h	2650	--	2650	--	2651	--	2651	--	2651	--	2652	--	2652	--	2653	--
T <sub>LAI</sub>	°C	23,5	0,2	22,7	0,2	22,3	0,2	21,8	0,3	23,0	0,2	22,7	0,2	22,3	0,2	22,9	0,2
T <sub>LL</sub>	°C	64,6	0,6	53,8	0,7	42,9	0,3	32,0	0,3	53,9	0,4	44,2	0,4	36,3	0,4	27,1	0,1
T <sub>KT2</sub>	°C	29,4	0,8	31,3	0,2	31,0	0,1	32,1	0,1	30,3	0,2	30,1	0,1	29,8	0,2	28,3	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	96,3	0,5	92,3	0,5	86,2	0,4	78,2	0,4	88,0	0,0	85,2	0,4	80,0	0,6	66,5	1,2
T <sub>Oel</sub>	°C	107,8	17,4	104,9	12,9	100,6	8,0	95,9	6,1	108,1	0,2	102,7	16,2	98,3	0,8	80,4	1,2
T <sub>W</sub>	°C	88,7	0,5	87,5	0,5	86,0	0,0	86,0	0,0	88,3	0,5	86,3	0,5	85,0	0,0	78,9	1,4
n <sub>T1</sub>	rpm	1920	0	1922	4	1922	4	1920	0	1332	4	1347	5	1343	5	638	14
M <sub>Z</sub>	Nm	404	4	311	1	209	1	40	1	544	1	412	1	276	1	2	0
n <sub>T2</sub>	rpm	1924	5	1930	2	1928	2	1930	2	1337	0	1354	2	1350	2	680	0
P <sub>Z</sub>	kW	83,8	0,8	64,7	0,2	43,5	0,2	8,4	0,1	78,4	0,2	60,1	0,2	40,2	0,1	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	20,78	--	16,63	--	12,14	--	5,19	--	17,92	--	13,89	--	9,67	--	0,80	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	644,6	2,0	568,8	3,1	474,6	2,4	305,4	1,0	696,3	0,7	603,1	0,6	494,7	1,2	116,9	1,8
T <sub>AZ2</sub>	°C	653,5	0,9	570,7	1,8	477,6	1,6	298,6	0,7	714,2	0,6	620,7	0,7	509,8	1,2	146,1	2,0
T <sub>AZ3</sub>	°C	648,5	1,1	558,4	2,3	464,4	0,7	294,2	0,6	718,0	0,8	615,6	0,7	499,1	0,9	122,2	1,2
T <sub>AZ4</sub>	°C	643,7	0,7	568,6	2,3	482,8	1,0	321,1	0,6	678,2	0,7	592,9	0,9	496,1	1,0	118,9	1,3
T <sub>AE</sub>	°C	419,8	2,5	366,8	1,1	305,6	0,8	183,3	1,2	439,9	0,4	381,3	0,6	307,3	1,0	62,7	1,8
T <sub>AA</sub>	°C	387,5	1,0	344,8	2,3	290,1	2,6	184,1	3,7	387,0	3,4	348,9	1,6	283,7	2,6	81,1	5,5
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,201	--	0,200	--	0,178	--	0,169	--	0,092	--	0,134	--	0,100	--	0,154	--
T <sub>LV</sub>	°C	25,6	0,5	24,3	0,1	23,7	0,1	24,2	0,1	23,9	0,1	24,0	0,1	24,6	0,1	22,9	0,0
p <sub>LV</sub>	mbar	14,00	4,02	13,97	5,43	11,61	6,55	9,41	3,12	3,98	4,42	6,90	5,31	4,16	4,86	3,50	1,07
T <sub>LVE</sub>	°C	34,3	0,3	34,6	0,2	33,6	0,4	34,4	0,1	33,9	0,4	34,4	0,4	33,9	1,1	34,4	0,2
T <sub>MV</sub>	°C	49,0	0,7	47,3	1,4	46,2	0,8	49,1	0,8	48,2	1,1	46,9	1,0	46,8	1,1	48,7	0,7
T <sub>MF1</sub>	°C	45,8	0,8	--	--	46,0	2,1	--	--	44,5	1,2	--	--	44,8	1,7	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	45,9	1,7	--	--	43,7	1,3	--	--	44,3	1,5	--	--	44,2	1,2
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,297	--	0,277	--	0,258	--	0,303	--	0,202	--	0,223	--	0,196	--	0,513	--
T <sub>MA</sub>	°C	24,8	0,1	24,6	0,1	24,2	0,1	24,6	0,1	24,5	0,0	24,6	0,1	24,5	0,1	23,7	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-234,3	8,8	-237,6	10,4	-241,0	12,6	-262,8	35,6	-281,9	37,9	-298,0	51,8	-276,0	38,7	-223,1	4,2

Anhang 49: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 04.04.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieseldieselkraftstoff (Wiederholung 1) bei 2.654 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	33,5	0,5	36,0	0,0	34,7	0,5	31,2	0,4	34,5	0,5	36,3	0,5	35,0	0,0	25,5	0,5
T <sub>LU2</sub>	°C	33,1	0,9	34,6	0,6	32,6	0,8	27,9	0,4	31,4	0,8	35,6	0,7	33,1	0,7	23,0	0,4
t	s	608	--	599	--	601	--	605	--	600	--	601	--	601	--	604	--
Bh	h	2654	--	2654	--	2655	--	2656	--	2657	--	2657	--	2658	--	2659	--
T <sub>LA1</sub>	°C	23,1	1,2	24,0	0,1	23,9	0,1	22,9	0,1	24,1	0,2	25,1	0,1	24,8	0,1	22,6	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	68,1	1,0	57,9	0,3	46,0	0,6	30,8	0,4	47,2	1,1	48,8	0,6	39,3	0,4	26,2	0,3
T <sub>KT2</sub>	°C	23,6	0,4	24,1	0,1	24,7	0,2	28,3	0,2	25,5	0,1	27,5	0,1	27,9	0,1	26,3	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	90,0	0,6	85,3	0,5	79,8	0,4	70,2	0,4	86,8	1,0	83,7	0,5	76,0	0,0	60,0	0,0
T <sub>Oel</sub>	°C	108,9	9,7	106,9	6,6	102,3	7,2	96,0	0,2	107,1	5,3	104,3	2,6	98,2	0,8	76,2	0,3
T <sub>W</sub>	°C	89,0	0,0	87,8	0,4	86,0	0,0	86,0	0,0	86,8	0,4	86,7	0,5	85,0	0,0	74,7	0,5
n <sub>T1</sub>	rpm	1920	0	1923	5	1915	5	1920	0	1355	5	1348	4	1340	0	647	16
M <sub>Z</sub>	Nm	411	2	323	1	215	1	43	0	569	1	426	1	296	1	1	0
n <sub>T2</sub>	rpm	1928	2	1928	2	1921	2	1925	2	1357	3	1352	1	1347	2	0	0
P <sub>Z</sub>	kW	87,0	0,3	68,3	0,2	45,4	0,1	9,1	0,1	84,9	0,3	63,4	0,3	43,8	0,1	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	20,72	--	17,71	--	12,57	--	5,36	--	18,51	--	11,35	--	10,51	--	1,02	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	651,8	1,7	581,6	1,0	487,7	1,3	314,4	1,2	694,9	2,0	622,9	0,9	514,1	0,7	114,8	0,7
T <sub>AZ2</sub>	°C	658,4	1,6	584,8	0,6	490,5	0,8	302,2	0,6	714,1	1,7	640,4	0,8	530,9	0,7	144,9	1,0
T <sub>AZ3</sub>	°C	654,2	1,6	573,8	0,7	474,4	0,9	296,1	0,7	718,3	1,9	637,4	0,9	524,0	0,5	122,7	0,9
T <sub>AZ4</sub>	°C	637,2	1,2	576,6	1,4	488,6	1,2	320,6	1,2	675,9	1,6	610,3	0,7	514,7	0,6	111,2	1,3
T <sub>AE</sub>	°C	428,2	0,6	377,7	0,6	315,4	0,3	190,0	1,8	445,1	0,6	395,5	0,3	322,1	0,6	62,6	0,3
T <sub>AA</sub>	°C	387,0	0,6	348,2	1,6	293,1	1,5	186,1	3,7	391,4	0,7	348,6	0,2	284,2	0,2	66,3	1,1
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,213	--	0,226	--	0,214	--	0,232	--	0,238	--	0,177	--	0,164	--	0,008	--
T <sub>LV</sub>	°C	22,0	0,1	23,7	0,1	24,3	0,1	23,7	0,0	21,5	0,7	24,0	0,3	24,9	0,1	23,8	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	14,62	1,35	17,37	2,13	15,29	2,76	16,67	0,93	18,74	5,44	10,66	4,92	8,86	5,44	-1,34	0,32
T <sub>LVE</sub>	°C	36,1	0,3	37,7	0,1	37,6	0,1	37,2	0,1	36,3	0,2	41,3	0,1	40,7	0,4	35,2	0,9
T <sub>MV</sub>	°C	50,0	0,8	49,5	0,7	47,5	1,6	48,8	0,7	50,0	1,0	49,9	0,7	49,2	0,9	49,8	0,3
T <sub>MF1</sub>	°C	43,2	1,0	45,1	1,1	44,8	1,3	43,8	0,8	--	--	--	--	--	--	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	42,0	1,6	44,1	1,8	43,4	0,7	41,9	0,9
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,325	--	0,318	--	0,301	--	0,341	--	0,331	--	0,273	--	0,260	--	0,424	--
T <sub>MA</sub>	°C	19,4	0,2	22,2	0,1	22,9	0,1	22,9	0,1	21,4	0,5	22,7	0,3	24,1	0,0	23,0	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-214,9	3,1	-233,5	25,5	-267,0	32,6	-241,3	43,6	-292,6	48,0	-320,4	56,6	-296,2	55,4	-362,2	32,5

Anhang 50: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 04.04.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieseldieselkraftstoff (Wiederholung 2) bei 2.654 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	36,0	0,0	35,3	0,5	34,0	0,0	29,2	0,4	34,8	1,2	33,7	0,5	36,0	0,0	27,2	0,4
T <sub>LU2</sub>	°C	34,8	0,8	33,9	0,7	31,5	0,7	26,2	0,4	34,8	1,5	33,5	0,7	34,1	0,7	24,2	0,7
t	s	606	--	600	--	600	--	600	--	599	--	596	--	599	--	599	--
Bh	h	2654	--	2655	--	2655	--	2656	--	2656	--	2657	--	2658	--	2659	--
T <sub>LAI</sub>	°C	21,8	1,6	24,2	0,1	23,4	0,2	22,4	0,0	25,0	0,3	24,3	0,1	24,8	0,1	22,8	0,2
T <sub>LL</sub>	°C	67,4	0,7	58,1	0,5	45,4	0,5	29,5	0,6	55,8	2,8	47,0	0,8	39,6	0,7	26,3	1,1
T <sub>KT2</sub>	°C	24,8	0,2	24,3	0,1	28,8	0,3	27,2	0,1	26,4	0,2	26,5	0,3	28,9	0,3	25,5	0,4
T <sub>KE</sub>	°C	90,8	1,6	85,2	0,4	79,5	0,5	69,0	0,0	87,7	1,0	82,2	0,8	77,0	0,6	63,5	0,5
T <sub>Oel</sub>	°C	109,5	7,6	105,8	8,8	100,9	5,8	95,4	0,0	107,8	9,0	103,1	3,7	99,8	9,2	82,1	1,0
T <sub>W</sub>	°C	88,8	0,4	88,0	0,0	86,0	0,0	86,8	0,4	89,2	1,2	86,7	0,5	84,5	0,5	80,0	1,4
n <sub>T1</sub>	rpm	1918	4	1932	24	1917	5	1920	0	1348	4	1350	0	1340	0	648	21
M <sub>Z</sub>	Nm	409	1	323	1	217	1	42	1	561	3	429	1	294	1	1	0
n <sub>T2</sub>	rpm	1926	2	1930	1	1922	0	1928	2	1349	3	1355	2	1346	2	0	0
P <sub>Z</sub>	kW	86,6	0,1	68,5	0,1	45,8	0,2	9,0	0,1	83,1	0,5	63,8	0,2	43,5	0,1	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	20,72	--	16,81	--	10,63	--	5,36	--	19,06	--	11,35	--	10,51	--	1,02	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	649,0	1,6	581,5	1,3	486,4	1,2	311,8	1,3	710,2	3,3	619,2	1,2	516,2	1,6	121,7	1,3
T <sub>AZ2</sub>	°C	657,0	1,4	585,0	0,6	489,6	0,5	301,1	0,7	728,7	3,1	636,1	1,2	532,2	1,5	148,2	1,0
T <sub>AZ3</sub>	°C	652,8	1,2	573,8	0,7	474,6	0,6	295,0	0,5	733,2	3,3	632,1	1,2	525,8	1,7	125,5	1,0
T <sub>AZ4</sub>	°C	637,2	1,3	576,8	1,0	487,3	1,1	319,2	1,0	688,6	2,9	603,5	1,2	517,1	1,7	115,2	1,2
T <sub>AE</sub>	°C	425,3	0,3	377,0	0,3	315,9	0,1	186,1	0,2	449,6	2,1	390,6	1,2	323,4	1,5	72,0	3,0
T <sub>AA</sub>	°C	387,1	0,4	345,3	0,1	289,4	0,2	175,2	0,5	382,4	5,8	347,9	0,5	292,8	3,0	91,8	5,4
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,193	--	0,216	--	0,205	--	0,203	--	0,139	--	0,140	--	0,188	--	0,158	--
T <sub>LV</sub>	°C	23,0	0,2	23,7	0,1	24,4	0,1	23,0	0,1	24,8	0,6	21,9	0,7	24,5	0,1	22,7	0,2
p <sub>LV</sub>	mbar	13,04	2,88	15,93	3,77	13,90	3,78	13,21	2,56	6,75	2,41	7,30	5,85	11,91	5,42	7,75	3,48
T <sub>LVE</sub>	°C	36,2	0,2	37,7	0,1	37,7	0,2	36,5	0,1	37,6	0,3	39,1	0,5	40,8	0,3	39,0	0,3
T <sub>MV</sub>	°C	49,1	1,4	48,3	1,6	47,1	1,4	50,1	1,2	49,4	1,8	48,0	1,2	47,0	0,9	51,2	1,0
T <sub>MF1</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	43,7	1,4	42,1	1,4	44,7	1,2	41,6	1,6
T <sub>MF2</sub>	°C	43,0	2,4	44,7	1,3	43,5	0,5	41,7	2,1	--	--	--	--	--	--	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,283	--	0,296	--	0,282	--	0,332	--	0,253	--	0,264	--	0,253	--	0,368	--
T <sub>MA</sub>	°C	21,4	0,2	22,6	0,1	23,3	0,1	22,4	0,1	23,5	0,3	21,1	0,3	23,7	0,1	22,1	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-246,3	15,9	-267,5	38,9	-301,1	59,1	-348,9	77,4	-323,5	106,8	-387,9	53,0	-338,4	61,2	-333,7	30,4

Anhang 51: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 05.04.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff (Wiederholung 1) bei 2.662 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	33,2	0,4	34,0	0,0	35,0	1,0	34,0	0,0	35,3	1,2	38,0	1,3	35,2	0,4	29,0	0,0
T <sub>LU2</sub>	°C	32,8	0,9	33,4	0,6	36,3	1,5	32,0	0,3	34,5	1,6	34,2	2,8	33,3	1,4	26,3	0,5
t	s	601	--	606	--	600	--	600	--	600	--	599	--	600	--	599	--
Bh	h	2662	--	2663	--	2664	--	2664	--	2665	--	2666	--	2666	--	2667	--
T <sub>LA1</sub>	°C	21,7	0,6	22,9	0,1	24,2	0,2	23,6	0,1	24,8	0,6	25,3	0,5	24,7	0,2	23,0	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	67,7	0,4	58,6	0,4	47,6	1,0	35,4	0,5	57,6	2,5	45,7	2,9	39,4	0,4	29,3	0,1
T <sub>KT2</sub>	°C	22,9	0,4	25,2	0,1	26,6	0,7	30,0	0,2	29,7	0,4	29,8	0,7	30,6	0,6	28,6	0,0
T <sub>KE</sub>	°C	96,5	0,5	93,0	0,0	88,8	1,3	78,3	0,5	92,2	1,9	87,8	1,8	82,7	0,5	68,2	0,8
T <sub>Oel</sub>	°C	111,4	4,9	107,3	0,1	102,8	0,4	96,6	0,1	110,4	1,4	105,4	0,5	99,5	0,1	83,8	0,6
T <sub>W</sub>	°C	89,7	0,5	88,2	0,4	87,2	0,4	86,0	0,0	90,8	1,9	86,3	0,5	85,7	0,5	82,0	0,9
n <sub>T1</sub>	rpm	1943	5	1925	5	1920	0	1920	0	1355	5	1353	5	1353	5	672	9
M <sub>Z</sub>	Nm	438	2	346	1	233	2	47	0	613	5	466	2	303	1	0	0
n <sub>T2</sub>	rpm	1949	1	1930	2	1922	2	1924	2	1359	3	1359	2	1357	2	680	0
P <sub>Z</sub>	kW	93,5	0,3	73,1	0,2	49,0	0,5	9,9	0,1	91,2	0,8	69,3	0,4	45,0	0,2	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	25,21	--	19,85	--	14,17	--	6,58	--	22,65	--	17,32	--	11,61	--	1,03	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	643,4	1,2	575,1	0,9	489,3	2,8	317,8	0,4	711,7	4,6	617,1	4,7	504,3	0,8	138,8	1,3
T <sub>AZ2</sub>	°C	653,2	2,2	580,1	1,2	489,5	2,8	304,0	0,6	726,8	4,1	631,9	4,9	520,0	0,8	143,3	1,0
T <sub>AZ3</sub>	°C	653,3	1,2	574,8	1,1	486,3	3,3	298,5	0,4	735,8	4,6	637,3	5,2	516,4	0,9	126,1	1,2
T <sub>AZ4</sub>	°C	636,2	1,0	571,1	1,0	496,4	3,2	321,8	0,5	693,0	3,9	609,2	5,5	508,4	0,8	127,4	1,3
T <sub>AE</sub>	°C	420,8	0,7	371,1	0,4	310,6	1,7	184,5	0,1	444,8	3,1	382,9	2,4	302,7	0,6	70,9	1,6
T <sub>AA</sub>	°C	389,7	0,4	344,9	0,2	289,3	0,9	174,8	0,3	387,6	6,2	351,7	2,6	281,6	2,1	91,1	4,3
V <sub>LV</sub>	m³	0,221	--	0,239	--	0,231	--	0,186	--	0,217	--	0,223	--	0,255	--	0,138	--
T <sub>LV</sub>	°C	22,5	0,3	24,9	0,1	27,1	0,7	29,8	0,0	24,9	0,2	25,8	0,8	25,0	0,2	24,6	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	16,99	0,96	18,73	2,34	17,02	0,91	10,25	0,25	14,80	1,53	15,74	0,40	20,57	0,42	6,08	2,48
T <sub>LVE</sub>	°C	40,0	0,1	40,9	0,1	41,2	0,4	35,9	0,1	33,5	0,2	34,4	0,3	39,0	0,6	40,2	0,1
T <sub>MV</sub>	°C	51,5	0,9	50,6	1,8	52,1	0,8	50,9	0,2	51,5	1,9	50,1	1,0	50,8	0,6	50,8	1,0
T <sub>MF1</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	42,4	1,6	44,2	1,0	43,4	3,4	42,0	1,3
T <sub>MF2</sub>	°C	42,0	1,4	42,3	1,4	41,5	4,3	45,0	1,5	--	--	--	--	--	--	--	--
V <sub>MA</sub>	m³	0,320	--	0,329	--	0,320	--	0,304	--	0,320	--	0,288	--	0,341	--	0,319	--
T <sub>MA</sub>	°C	19,4	0,3	22,9	0,1	25,0	0,8	29,1	0,0	24,6	0,3	24,1	0,6	23,7	0,4	23,7	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-210,6	1,3	-214,0	1,0	-205,6	0,8	-189,8	0,6	-232,1	12,4	-182,6	2,7	-231,2	10,0	-202,8	18,5

Anhang 52: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 05.04.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff (Wiederholung 2) bei 2.662 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	33,0	0,0	34,0	0,0	33,3	0,5	35,5	0,5	39,7	0,8	36,0	0,0	35,3	0,5	28,7	0,5
T <sub>LU2</sub>	°C	31,6	0,6	33,7	0,5	31,1	0,6	33,4	0,5	38,2	1,1	33,8	0,4	32,1	0,8	25,8	0,4
t	s	601	--	600	--	601	--	600	--	600	--	599	--	600	--	599	--
Bh	h	2662	--	2663	--	2663	--	2664	--	2665	--	2666	--	2666	--	2667	--
T <sub>LAI</sub>	°C	21,0	0,3	22,4	0,2	22,5	0,2	23,8	0,1	26,2	0,1	25,0	0,2	24,4	0,2	23,0	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	67,7	0,6	58,3	0,3	46,8	0,4	36,2	0,4	59,8	0,5	48,5	1,1	39,1	0,7	28,9	0,2
T <sub>KT2</sub>	°C	21,3	0,3	25,0	0,4	24,7	0,1	28,4	0,1	31,7	0,5	29,9	0,2	30,0	0,3	28,5	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	96,0	0,0	93,0	0,0	86,8	0,8	79,3	0,5	96,3	0,5	88,2	1,0	82,5	0,8	65,5	0,5
T <sub>Oel</sub>	°C	110,6	0,3	107,8	4,4	102,5	0,4	97,5	0,2	113,8	1,3	105,0	0,2	99,1	0,2	80,6	0,3
T <sub>W</sub>	°C	89,2	0,4	88,0	0,0	86,0	0,0	86,0	0,0	93,0	0,0	87,2	0,4	85,2	0,4	78,8	0,4
n <sub>T1</sub>	rpm	1933	5	1925	5	1920	0	1920	0	1365	5	1357	5	1350	0	677	8
M <sub>Z</sub>	Nm	444	1,9	343	1,0	226	1,1	47	0,3	613	4,7	466	1,9	303	1,0	0	0,0
n <sub>T2</sub>	rpm	1937	3	1931	2	1926	0	1926	0	1359	3	1359	2	1357	2	680	0
P <sub>Z</sub>	kW	94,2	0,3	72,6	0,2	47,8	0,2	9,9	0,1	91,2	0,8	69,3	0,4	45,0	0,2	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	25,35	--	19,85	--	14,15	--	6,58	--	22,56	--	17,03	--	11,85	--	1,14	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	643,8	1,1	574,8	1,1	485,8	0,9	317,2	0,9	716,5	0,8	614,9	1,6	504,1	1,0	133,3	0,9
T <sub>AZ2</sub>	°C	655,6	1,1	578,6	0,8	484,6	0,8	304,7	0,8	730,6	0,6	631,2	2,1	520,2	0,8	144,0	0,8
T <sub>AZ3</sub>	°C	653,6	0,9	572,2	0,8	481,3	1,0	298,2	0,9	740,1	0,9	636,1	1,9	516,4	0,8	128,3	1,0
T <sub>AZ4</sub>	°C	635,3	1,2	571,9	0,8	492,6	0,9	322,0	0,7	695,0	0,7	610,3	2,2	507,8	1,0	123,4	1,1
T <sub>AE</sub>	°C	423,9	0,7	372,4	1,1	309,4	1,2	189,3	3,0	448,3	0,3	380,4	1,2	303,0	0,2	65,8	0,3
T <sub>AA</sub>	°C	390,8	0,2	349,9	2,3	293,3	2,7	191,7	5,6	403,4	1,2	345,7	0,3	276,9	0,6	73,6	1,7
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,192	--	0,184	--	0,195	--	0,203	--	0,191	--	0,215	--	0,207	--	0,003	--
T <sub>LV</sub>	°C	22,0	0,1	24,4	0,1	25,3	0,0	29,7	0,1	26,2	0,2	23,8	0,4	25,1	0,2	24,6	0,0
p <sub>LV</sub>	mbar	13,42	2,34	11,69	1,90	12,78	2,37	12,80	0,93	11,69	2,37	14,45	2,69	13,76	3,94	-1,68	0,22
T <sub>LVE</sub>	°C	39,3	0,2	40,5	0,2	40,5	0,3	39,5	0,2	34,7	0,2	34,5	0,5	39,2	0,5	36,6	0,6
T <sub>MV</sub>	°C	52,0	0,7	50,8	1,8	49,3	1,7	49,9	0,6	45,8	0,8	50,2	1,3	50,0	0,5	50,7	2,4
T <sub>MF1</sub>	°C	41,9	1,9	42,6	2,5	42,8	1,3	44,5	0,9	--	--	--	--	--	--	--	--
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	44,2	1,2	41,4	2,3	43,0	1,5	42,4	1,5
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,308	--	0,281	--	0,285	--	0,296	--	0,253	--	0,312	--	0,296	--	0,265	--
T <sub>MA</sub>	°C	19,1	0,2	21,8	0,3	23,3	0,1	28,4	0,2	24,7	0,3	22,7	0,3	24,2	0,4	24,2	0,0
p <sub>MA</sub>	mbar	-261,8	6,5	-218,8	21,2	-238,1	35,0	-192,0	0,7	-246,3	20,2	-283,1	41,4	-240,8	15,5	-249,4	23,2

Anhang 53: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 11.12.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Rapsölkraftstoff bei 3.224 Bh

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	35,2	0,8	38,0	0,0	36,6	0,5	32,8	0,8	34,2	1,3	38,4	0,5	35,0	1,6	21,8	0,4
T <sub>LU2</sub>	°C	39,7	7,0	39,3	5,0	35,9	0,5	29,7	0,5	37,0	2,0	36,9	3,7	32,2	1,1	20,1	0,4
t	s	540	--	541	--	541	--	541	--	541	--	541	--	540	--	540	--
Bh	h	3224	--	3225	--	3225	--	3226	--	3227	--	3227	--	3228	--	3229	--
T <sub>LA1</sub>	°C	26,3	0,2	27,0	0,1	26,4	0,1	24,5	0,2	26,5	0,3	27,0	0,1	24,8	0,2	22,5	0,1
T <sub>LL</sub>	°C	57,8	0,8	50,3	0,8	41,7	1,0	30,0	1,5	49,0	2,0	42,5	1,8	34,9	1,6	22,8	0,5
T <sub>KT2</sub>	°C	22,5	1,0	27,6	0,4	27,1	0,1	27,5	0,2	24,5	0,1	28,7	0,3	30,0	0,3	26,4	0,3
T <sub>KE</sub>	°C	95,4	0,5	93,0	0,0	87,0	0,0	77,2	0,4	92,0	0,7	88,6	0,5	82,6	0,5	65,0	0,7
T <sub>Oel</sub>	°C	110,1	0,3	107,8	0,3	102,5	0,4	96,0	0,3	110,0	1,0	106,2	0,5	99,7	0,2	81,1	0,5
T <sub>W</sub>	°C	88,2	0,4	87,4	0,5	86,0	0,0	85,8	0,4	91,6	0,9	87,0	0,7	85,2	0,4	80,6	0,5
n <sub>T1</sub>	rpm	1920	0	1924	5	1924	5	1924	5	1340	0	1350	0	1346	5	702	16
M <sub>Z</sub>	Nm	435	1,0	336	2,4	213	0,8	44	0,6	604	2,3	461	1,7	307	2,1	6	0,0
n <sub>T2</sub>	rpm	1922	3	1929	0	1930	1	1930	2	1344	3	1352	0	1350	2	692	3
P <sub>Z</sub>	kW	91,6	0,3	70,9	0,5	44,9	0,2	9,2	0,1	88,8	0,4	68,2	0,3	45,4	0,3	0,5	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	24,33	--	18,92	--	13,12	--	5,96	--	22,44	--	16,89	--	11,38	--	1,14	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	626,2	1,4	557,4	2,1	470,4	2,5	309,7	1,6	701,6	2,4	613,0	1,5	503,5	2,7	126,8	1,4
T <sub>AZ2</sub>	°C	642,2	1,2	567,3	1,4	473,2	1,2	299,1	1,6	719,2	2,2	631,6	1,7	517,4	2,7	150,9	0,6
T <sub>AZ3</sub>	°C	649,1	1,2	568,3	1,6	470,6	1,6	294,6	1,4	732,2	1,7	640,6	1,6	519,7	2,4	123,3	0,8
T <sub>AZ4</sub>	°C	626,7	0,8	564,0	1,3	485,6	1,9	313,6	1,9	696,9	3,3	622,1	2,2	516,6	2,5	124,5	0,6
T <sub>AE</sub>	°C	416,9	0,4	369,8	1,1	306,5	1,5	187,6	2,2	442,7	2,1	389,9	1,8	309,2	2,0	63,9	0,2
T <sub>AA</sub>	°C	368,6	1,1	335,2	1,9	283,0	2,9	185,1	4,3	362,6	5,6	341,4	2,8	277,2	3,1	90,6	3,8
V <sub>LV</sub>	m³	0,311	--	0,355	--	0,336	--	0,357	--	0,334	--	0,377	--	0,351	--	0,361	--
T <sub>LV</sub>	°C	30,4	0,6	32,5	0,1	32,3	0,0	29,2	0,5	27,5	0,9	29,4	0,1	29,5	0,2	23,3	0,2
p <sub>LV</sub>	mbar	70,54	7,78	85,31	3,92	77,61	8,47	83,65	1,93	76,65	11,57	92,54	8,06	82,68	5,83	83,37	3,76
T <sub>LVE</sub>	°C	26,7	0,4	26,7	0,1	26,0	0,1	24,3	0,3	25,2	0,5	25,5	0,2	24,9	0,1	22,2	0,1
T <sub>MV</sub>	°C	50,4	1,4	49,7	1,0	49,6	1,2	50,2	0,5	49,0	1,1	49,7	1,1	48,9	1,5	49,9	1,3
T <sub>MF1</sub>	°C	43,8	2,6	46,7	0,2	49,3	1,3	47,5	1,9	--	--	49,3	2,1	--	--	44,4	0,9
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	46,6	0,8	--	--	47,0	1,5	--	--
V <sub>MA</sub>	m³	0,395	--	0,413	--	0,390	--	0,420	--	0,381	--	0,411	--	0,392	--	0,430	--
T <sub>MA</sub>	°C	26,4	0,7	30,0	0,2	29,6	0,2	26,9	0,3	25,9	0,8	28,9	0,2	29,1	0,1	23,8	0,3
p <sub>MA</sub>	mbar	-341,4	9,4	-331,2	4,0	-339,1	8,3	-327,9	1,6	-343,9	9,7	-330,7	5,8	-333,2	5,9	-319,8	1,2

Anhang 54: Mittelwerte und Standardabweichungen der Messwerte je Prüfphase während der Emissionsmessung am 12.12.2007 am Fendt Farmer Vario 412 mit Dieseldieselkraftstoff bei 3.230 B<sub>h</sub>

Kürzel	Einheit	Prüfphase 1		Prüfphase 2		Prüfphase 3		Prüfphase 4		Prüfphase 5		Prüfphase 6		Prüfphase 7		Prüfphase 8	
		Mittelwert	Standardabw.														
T <sub>LU1</sub>	°C	35,0	0,7	36,0	0,0	35,4	0,5	32,7	1,2	30,6	1,1	36,0	0,0	33,6	0,5	25,0	0,0
T <sub>LU2</sub>	°C	36,5	0,7	33,5	0,5	31,9	0,6	28,1	0,9	30,2	0,6	32,9	0,5	31,1	0,7	23,3	0,5
t	s	540	--	540	--	540	--	540	--	541	--	541	--	541	--	540	--
B <sub>h</sub>	h	3230	--	3231	--	3231	--	3232	--	3232	--	3233	--	3233	--	3234	--
T <sub>LA1</sub>	°C	26,7	0,3	25,2	1,7	26,7	0,1	25,1	0,2	26,0	0,2	26,7	0,1	25,9	0,2	21,9	1,3
T <sub>LL</sub>	°C	58,6	0,8	49,7	0,5	41,8	0,5	30,9	1,0	47,2	0,8	42,3	1,0	35,0	0,9	25,4	0,9
T <sub>KT2</sub>	°C	35,0	0,2	32,9	0,1	28,2	0,2	28,4	0,1	27,9	0,1	27,5	0,1	30,9	0,2	27,6	0,1
T <sub>KE</sub>	°C	90,0	0,7	85,0	0,0	79,4	0,5	71,3	1,2	84,4	1,1	82,4	0,5	76,6	0,5	62,4	1,1
T <sub>Oel</sub>	°C	108,3	0,1	105,2	0,2	100,7	0,4	95,6	0,5	104,5	1,1	103,9	0,4	98,6	0,4	79,1	0,8
T <sub>W</sub>	°C	88,8	0,4	88,0	0,0	86,0	0,0	86,0	0,0	88,8	0,4	86,6	0,5	85,0	0,0	78,4	1,1
n <sub>T1</sub>	rpm	1924	5,	1932	4	1920	0	1920	0	1338	4	1350	0	1340	0	598	22
M <sub>Z</sub>	Nm	400,2	2,4	301,7	1,9	206,0	0,4	41,8	0,3	561,7	1,9	426,7	1,0	284,1	0,7	5,2	0,0
n <sub>T2</sub>	rpm	1929	1	1934	2	1926	2	1927	2	1343	2	1352	2	1347	2	582	2
P <sub>Z</sub>	kW	83,4	0,5	63,1	0,3	42,9	0,1	8,7	0,1	81,5	0,4	62,3	0,1	41,4	0,1	0,0	0,0
G <sub>FUEL</sub>	kg/h	20,35	--	15,89	--	11,83	--	5,35	--	18,23	--	14,19	--	9,71	--	0,71	--
T <sub>AZ1</sub>	°C	620,8	1,2	551,5	2,5	477,8	1,7	312,5	1,6	686,0	2,1	608,9	2,1	497,5	2,2	116,2	1,5
T <sub>AZ2</sub>	°C	632,8	1,4	556,5	1,8	478,2	2,0	301,7	2,1	708,4	1,8	629,2	1,8	513,2	2,6	151,5	1,4
T <sub>AZ3</sub>	°C	635,6	0,9	548,9	0,7	466,8	0,9	294,6	2,1	714,7	1,4	625,1	1,9	508,1	1,7	109,9	1,0
T <sub>AZ4</sub>	°C	622,1	0,7	549,9	1,4	478,1	1,4	316,2	2,8	683,8	1,7	599,5	1,9	498,8	1,9	105,7	0,7
T <sub>AE</sub>	°C	409,6	0,7	361,4	0,8	310,6	1,8	200,0	8,3	430,4	5,5	386,2	1,4	310,9	2,5	65,3	1,5
T <sub>AA</sub>	°C	363,5	0,7	327,6	1,7	285,3	3,0	200,5	9,3	342,3	11,0	336,4	2,2	279,3	3,7	107,2	4,9
V <sub>LV</sub>	m <sup>3</sup>	0,295	--	0,296	--	0,295	--	0,299	--	0,292	--	0,328	--	0,292	--	0,347	--
T <sub>LV</sub>	°C	29,1	0,2	29,0	0,2	29,0	0,1	27,6	0,5	23,6	0,5	27,8	0,1	27,7	0,2	22,8	0,1
p <sub>LV</sub>	mbar	63,96	8,49	63,57	9,96	63,02	16,37	63,48	11,44	61,13	9,50	74,00	12,52	61,96	12,19	78,23	5,67
T <sub>LVE</sub>	°C	25,8	0,5	27,1	0,2	27,3	0,1	26,4	0,3	25,7	0,3	27,2	0,2	26,9	0,2	24,8	0,2
T <sub>MV</sub>	°C	49,3	0,8	48,4	0,6	48,0	1,6	49,3	1,1	48,3	0,6	48,2	0,6	49,2	1,2	50,7	0,9
T <sub>MF1</sub>	°C	42,4	0,8	45,4	0,5	46,7	0,8	45,7	0,5	--	--	46,7	0,9	--	--	46,4	1,3
T <sub>MF2</sub>	°C	--	--	--	--	--	--	--	--	43,5	0,6	--	--	46,7	0,7	--	--
V <sub>MA</sub>	m <sup>3</sup>	0,362	--	0,345	--	0,334	--	0,346	--	0,339	--	0,362	--	0,329	--	0,409	--
T <sub>MA</sub>	°C	26,5	0,2	28,7	0,2	29,4	0,1	28,5	0,4	24,0	0,4	28,4	0,1	28,4	0,2	23,3	0,1
p <sub>MA</sub>	mbar	-344,4	11,9	-344,6	12,2	-348,6	16,1	-344,5	13,2	-352,0	12,2	-341,2	11,9	-352,7	13,2	-324,3	3,8



## Berichte im Rahmen dieser Schriftenreihe

Berichte aus dem TFZ:

1	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Projektphase 1: Erhebung der Ölqualität und Umfrage in der Praxis
2	Erprobung der Brennwertechnik bei häuslichen Holzhackschnitzelheizungen mit Sekundärwärmetausche
3	Daten und Fakten zur dezentralen Ölgewinnung in Deutschland
4	Untersuchungen zum Feinstaubausstoß von Holzzentralheizungsanlagen kleiner Leistung
5	Qualität von kaltgepresstem Rapsöl als Speiseöl und Festlegung eines Qualitätsstandards
6	Entwicklung einer Prüfmethode zur Bestimmung der Cetanzahl von Rapsölkraftstoff
7	Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Rapsöl als Kraftstoff und dem Motorenöl in pflanzenölauglichen Motoren
8	Wärmegewinnung aus Biomasse – Begleitmaterialien zur Informationsveranstaltung
9	Maize as Energy Crop for Combustion – Agricultural Optimisation of Fuel Supply
10	Staubemissionen aus Holzfeuerungen – Einflussfaktoren und Bestimmungsmethoden
11	Rationelle Scheitholzbereitstellungsverfahren
12	Qualitätssicherung bei der dezentralen Pflanzenölerzeugung für den Nicht-Nahrungsbereich Technologische Untersuchungen und Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen
13	Getreidekörner als Brennstoff für Kleinfeuerungen – Technische Möglichkeiten und Umwelteffekte –
14	Mutagenität der Partikelemissionen eines mit Rapsöl- und Dieselmotoren betriebenen Traktors
15	Befragung von Betreibern dezentraler Ölsaatenverarbeitungsanlagen
16	Schnellbestimmung des Wassergehaltes im Holzsplit
17	Untersuchungen zum Einsatz rapsölbetriebener Traktoren beim Lehr-, Versuchs- und Fachzentrum für Ökologischen Landbau und Tierhaltung Kringell



