

Rapsöl als Treibstoffalternative

in der Landwirtschaft

Anhang Band II



Josef Rathbauer¹, Kurt Krammer¹, Tabea Kriechbaum²
Heinrich Prankl¹, Josef Breinesberger²

¹ HBLFA Francisco Josephinum
BLT - Biomass | Logistics | Technology
Rottenhauserstraße 1, AT - 3250 Wieselburg

² Agrar Plus GmbH
Bräuhausgasse 3, AT - 3100 St. Pölten

Endbericht
September 2008



Der Nachdruck, die Entnahme von Abbildungen, die photomechanische oder xerographische Vervielfältigung und auch die auszugsweise Wiedergabe sind nur unter Quellenangabe gestattet.

Titel: Rapsöl als Treibstoffalternative für die Landwirtschaft
 BMLFUW-LE.1.3.2/0037-II/1/2006

Forschungsprojekt Nr. 1337

Zeitraum Oktober 2003 bis September 2006
 Projektverlängerung bis September 2008

Beteiligte Institutionen

<p><i>Projektmanagement / Förderungsabwicklung:</i></p> 	<p>AGRAR PLUS GesmbH Bräuhausgasse 3, AT - 3100 St. Pölten Tel.: +43 (0)2742 352234 - 0 Fax: +43 (0)2742 352234 - 4 Mail: office@agrارplus.at Web: www.agrarplus.at, www.pflanzenoel.agrarplus.at</p>	
<p><i>Wissenschaftliche Bearbeitung und Verantwortung:</i></p> 	<p>HBLFA Francisco Josephinum BLT - Biomass Logistics Technology Rottenhauserstraße 1, AT - 3250 Wieselburg Tel.: +43 (0)7416 52175 – 0 Fax: +43 (0)7416 52175 - 45 Web: http://blt.josephinum.at Email: josef.rathbauer@josephinum.at</p>	
<p><i>Motoröllogistik und –analytik:</i></p> 	<p>Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH Friesenheimer Straße 17, D-68169 Mannheim Tel.: +49 0)621 3701-0 www.fuchs-europe.de</p>	
<p><i>Regionalpartner:</i></p>	<p>NÖ</p>	<p>Waldland VWP A- 3533 Oberwaltenreith 10 info@pflanzenoel-motor.at</p>
	<p>OÖ</p>	<p>Innöl CoKG (Maschinenring Braunau u. Umgebung) Hofmark 5, AT-4962 Mining</p>
	<p>Bgld.</p>	<p>Landwirtschaftskammer Landw. Bildungsstätte Oberwart Prinz Eugen Straße 7, AT-7400 Oberwart</p>

Dieses Projekt wurde unterstützt von:

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft
- Niederösterreichische Landesregierung
- Oberösterreichische Landesregierung
- Burgenländische Landesregierung



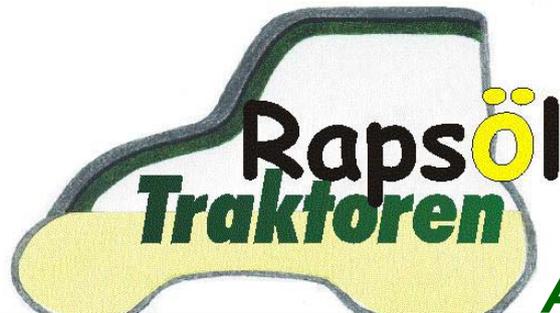
Inhaltsverzeichnis Anhang Band II

14-NÖ	505
15-OÖ	529
16-NÖ	553
17-NÖ	583
18-OÖ	609
19-OÖ	631
20-NÖ	653
21-NÖ	673
22-NÖ	701
23-NÖ	725
24-Bgld.....	747
25-NÖ	765
26-NÖ	787
Abbildungsverzeichnis	808
Tabellenverzeichnis.....	816



14-NÖ

14-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	New Holland TL 80
Umrüstung:	März 2006
Umrüttlösung:	BBT / Graml 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	463 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	New Holland TL 80
Motortype	8045.05 R
Erstmalige Zulassung	08.05.2001
Motorhersteller	IVECO
Motor Nr.	740249
Anzahl Zylinder	4
Turboaufladung	--
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	9,5 mit Filter
Nennleistung	56 kW
Nenn Drehzahl	2500 min ⁻¹
Hubraum	3908 cm ³
Bohrung x Hub	104 x 115 mm
Verdichtungsverhältnis	17 : 1
Einspritzpumpe	Bosch VE
Einspritzdruck	230 bar
Kraftstofftank	115 Liter
Eigengewicht	3.400 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Juli 2004 / März 2006
bei TMh	709 / 980
Enduntersuchung	Jänner 2008
bei TMh	1443

Umrüstung

Umrüstsystem	BBT / Graml 2-Tank-System
Umrüster	Bergauer



Der Traktor New Holland TL 80 wurde wie der Traktor 13-NÖ im Juli 2004 durch die Fa. Bergauer mit dem 1- Tank System von Borbe (BBT) ausgerüstet. Bereits einen Monat nach der Umrüstung folgten die ersten Probleme – der Traktor rauchte schwarz und wies ein sehr schlechtes Startverhalten auf. Nach weniger als 90 Stunden im Rapsölbetrieb trat ein schwerer Schaden auf. Der Traktor sprang nicht mehr an und es wurde ein starker Ölverlust über die Gehäuseentlüftung des Motors festgestellt. Im Zuge der Motoröffnung wurde ein eingedicktes in zwei Phasen getrenntes Motoröl vorgefunden. Die Kolbenringe waren bei allen Kolben bereits massiv verklebt und die Zylinderlaufbüchsen angerieben. Die Kurbelwellen- und Pleuellager wiesen starken Verschleiß auf. Das Spritzbild und der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen waren im Normalbereich. Die Untersuchung des entnommenen Motoröles (Plantomot von Fa. Fuchs) zeigte sehr hohe Anteile an Blei, Eisen, Silizium und Aluminium.

Der Traktor wurde vollständig repariert und bis zur Klärung der weiteren Vorgangsweise ausschließlich mit Dieselkraftstoff betrieben.

Für den weiteren Betrieb mit Rapsöl wurde der Traktor von der Fa. Bergauer im März 2006 bei 980 Traktormeterstunden auf ein 2-Tank System der Fa. Graml umgerüstet. Nachfolgend werden die Untersuchungen Leistungsmessungen auf die Anfangsdaten des Graml Systems bezogen dargestellt.



1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Nachfolgend sind die entsprechenden Diagramme ersichtlich, wobei jeweils die Werte von Diesel und von Rapsöl der Anfangsuntersuchung, jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt werden.

Die gemessenen Leistungen zeigen zwischen Anfangs- und Endmessungen keine wesentlichen Unterschiede, allerdings ist die Leistung bei Rapsölbetrieb etwas geringer.

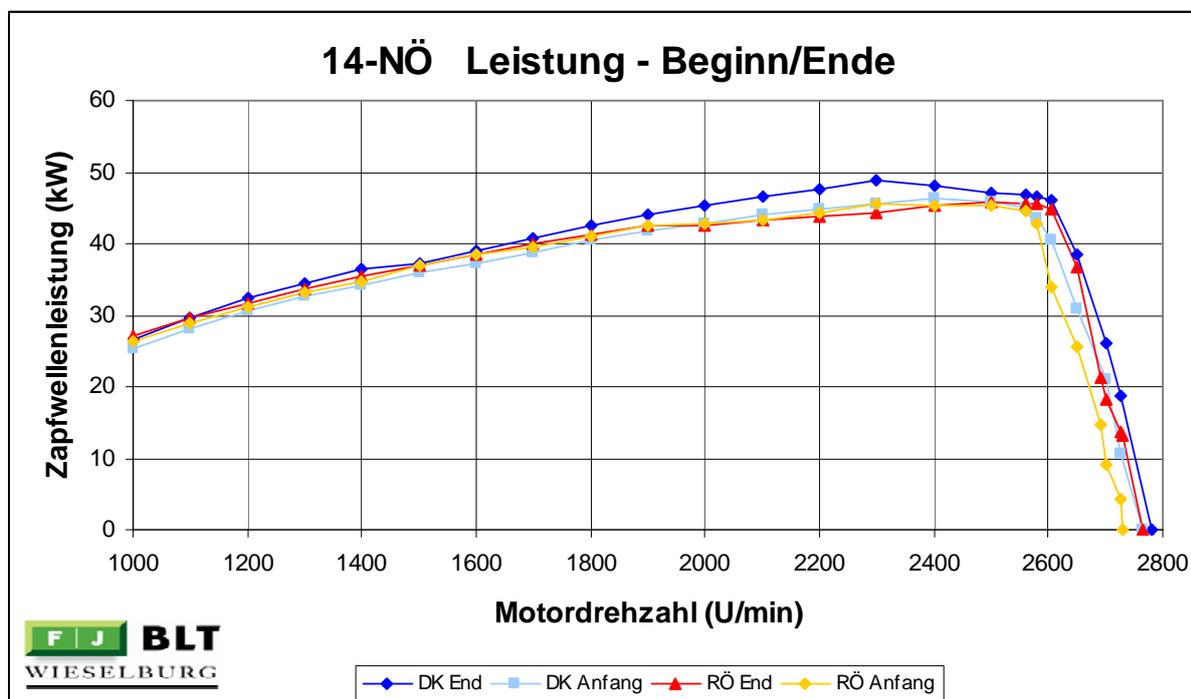


Abbildung 1: 14-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

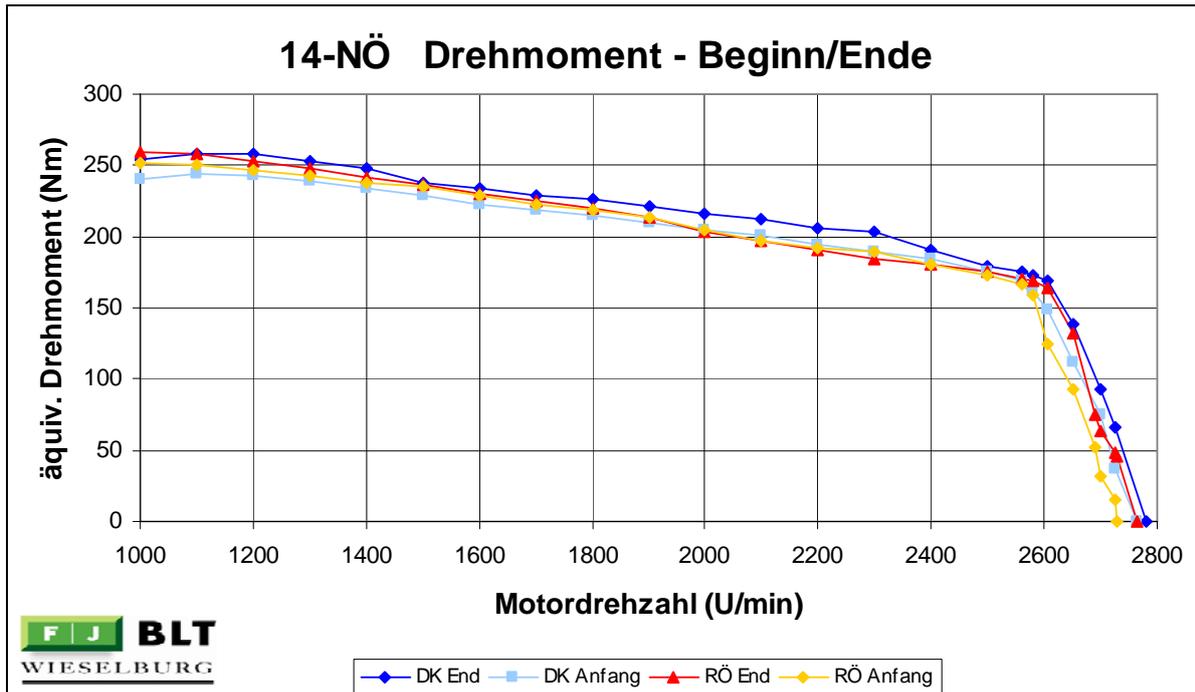


Abbildung 2: 14-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

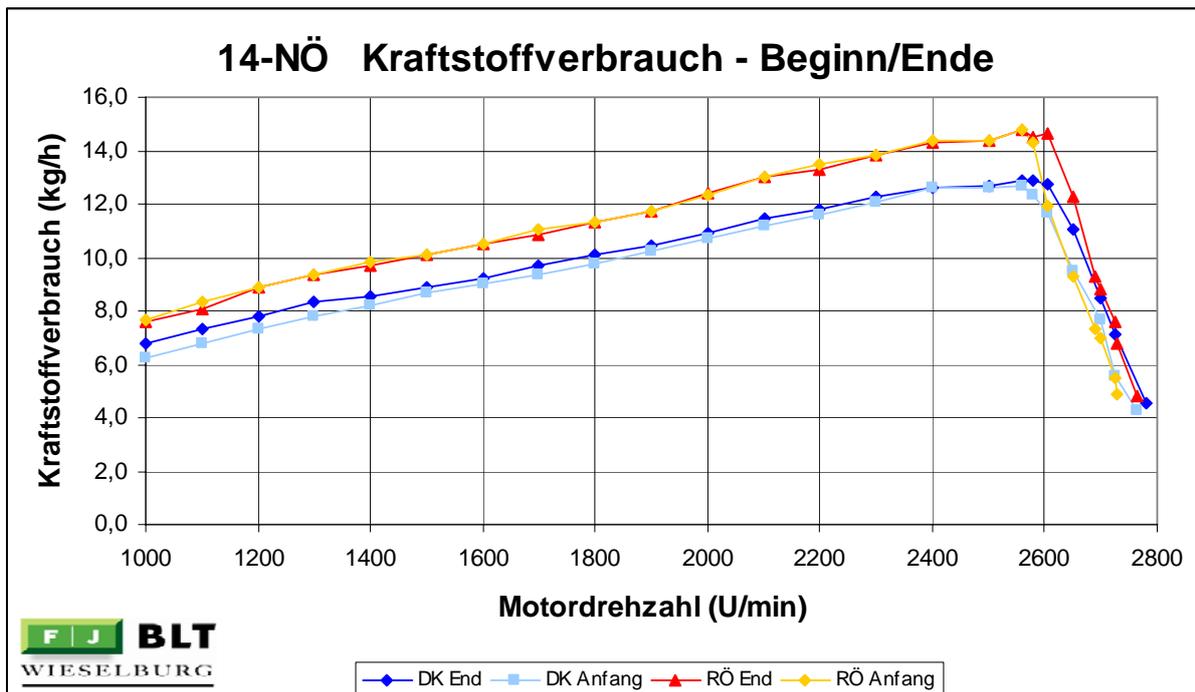


Abbildung 3: 14-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

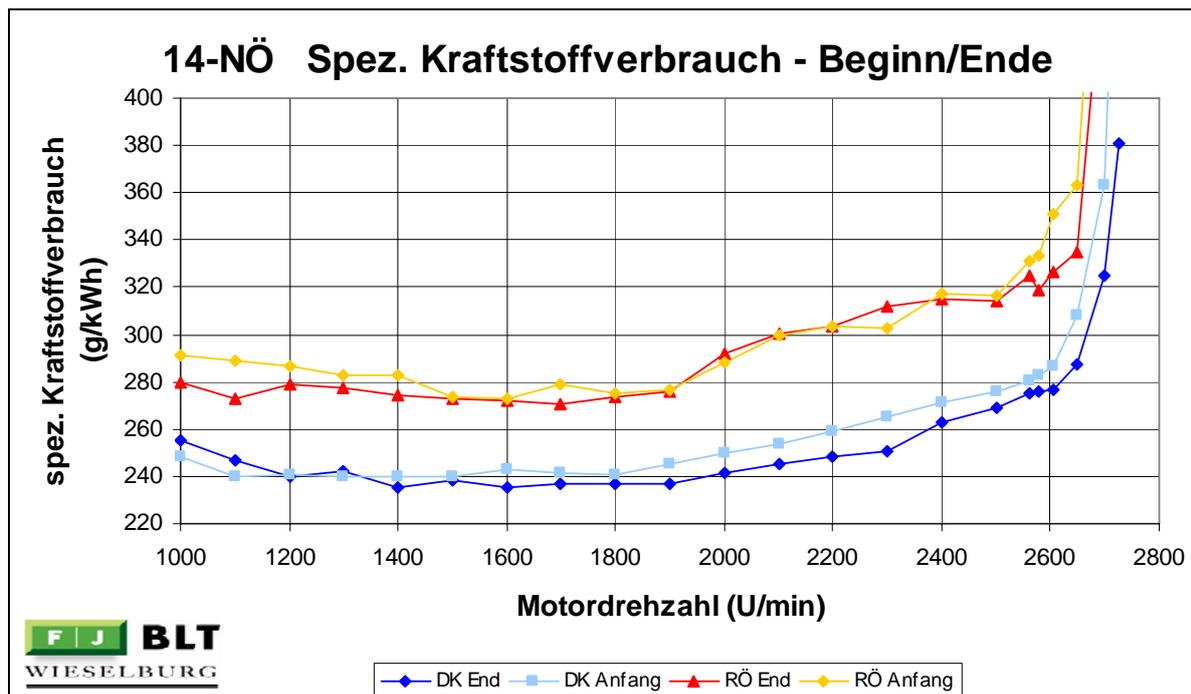


Abbildung 4
 Abbildung 4: 14-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Die Blow-By Werte waren generell relativ hoch und bei der Enduntersuchung noch geringfügig gestiegen.

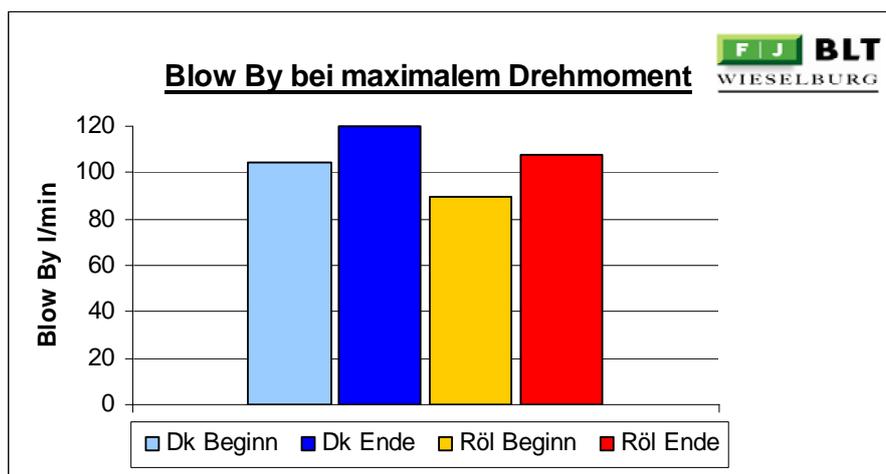


Abbildung 5: 14-NÖ Blow By Werte bei maximalem Drehmoment



Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb sowohl zu Versuchsbeginn als auch zu Versuchsende deutlich höher. Die Stickoxidemissionen waren ebenfalls bei Rapsölbetrieb geringfügig höher. Die Kohlenwasserstoffemissionen zeigten ein umgekehrtes Bild. Über die Laufzeit war bei allen Emissionen eine leicht abnehmende Tendenz festzustellen.

Tabelle 1: 14-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	20.11.2006	17.12.2007	17.11.2006	19.12.2007
CO	3,68	3,49	2,34	2,04
HC	0,82	0,66	1,29	1,19
NOx	10,40	10,11	10,10	9,55



2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde im ersten Ölwechselintervall das Motoröl Plantomot und dann das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W-40 von der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 250 Betriebsstunden, diese Werte konnten laut Empfehlung des Umrüsters beibehalten werden. Während der Projektlaufzeit wurden ein Wechselintervall bis zum Schadensfall bei 86 TMh mit Plantomot sowie zwei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 166 TMh mit Titan Unic untersucht. Von 11 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde bei jeder Probe die Total Base Number (TBN) ermittelt und ein Blotter Spot Test durchgeführt. Insgesamt 31% der alle 50 Betriebsstunden zu ziehenden geplanten Proben wurden vom Betreiber nicht entnommen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C, sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

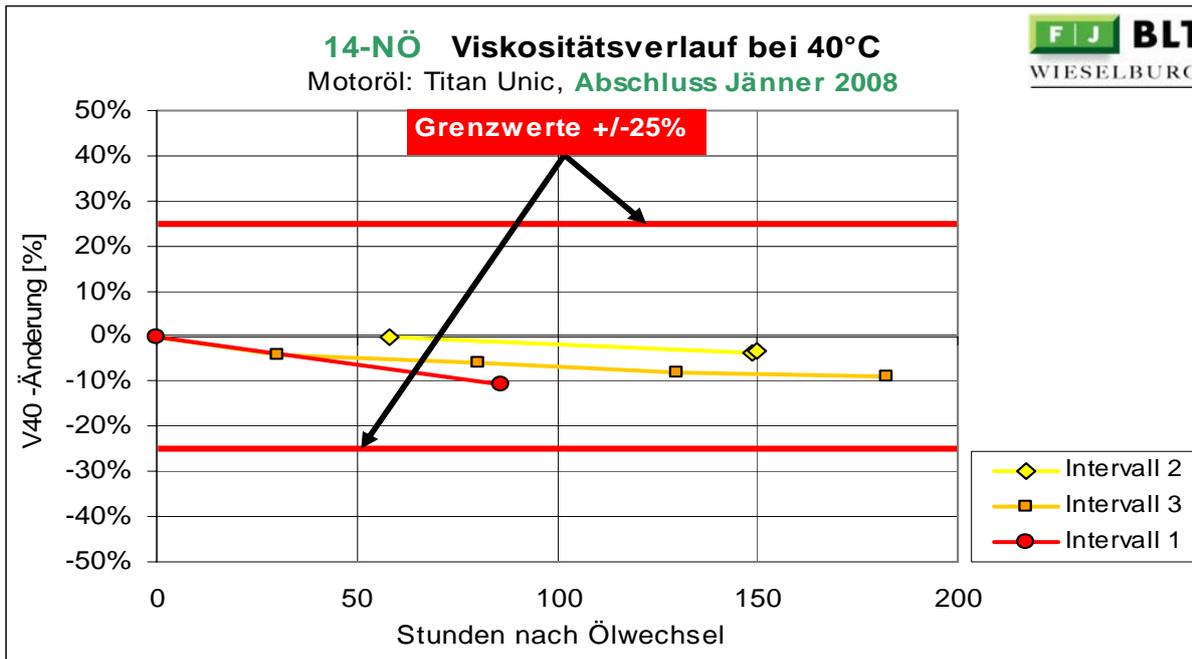


Abbildung 6: 14-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Änderungen der Viskositätswerte bei 40°C und bei 100°C lagen bei maximal $\pm 10\%$.

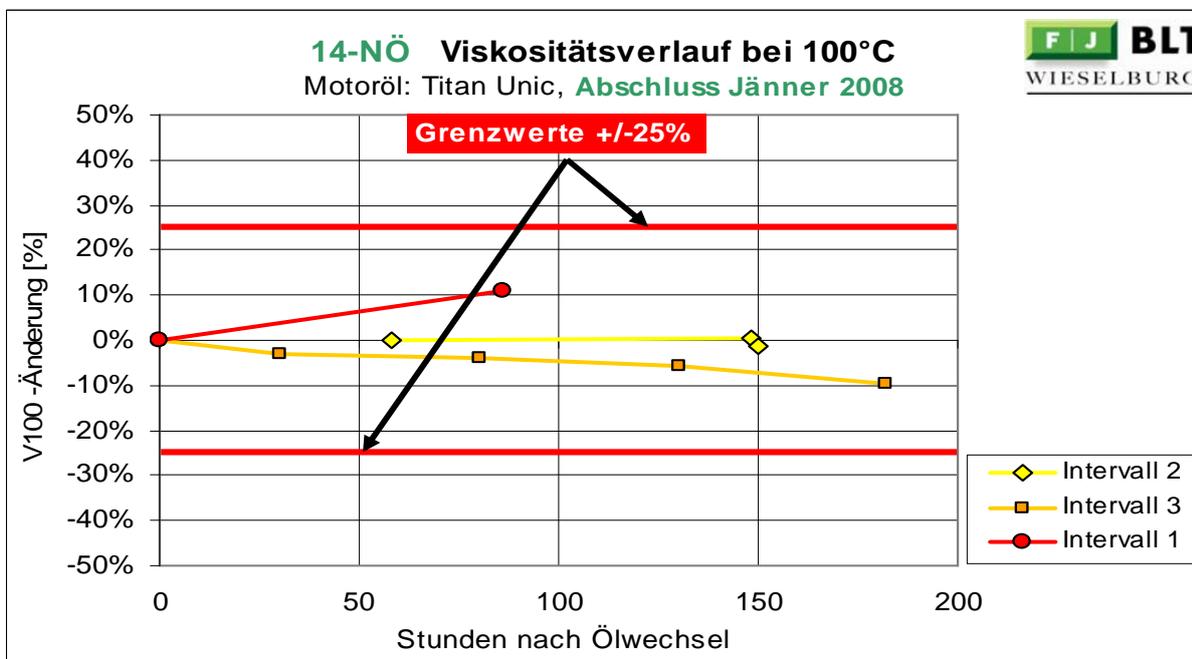


Abbildung 7: 14-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

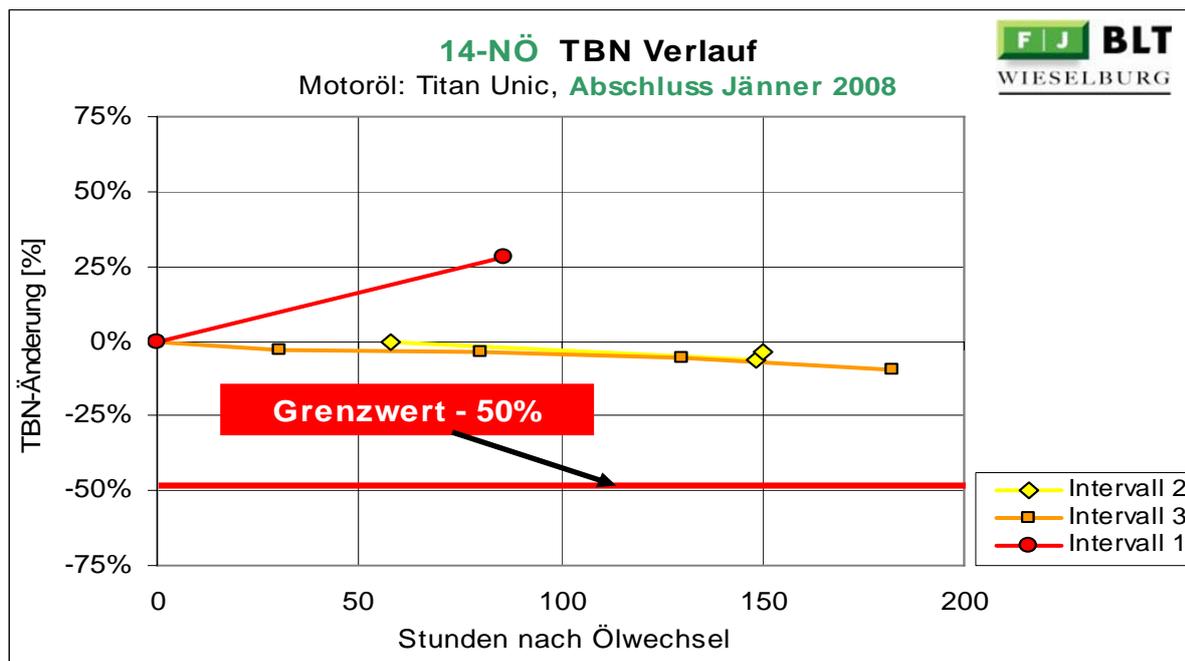


Abbildung 8: 14-NÖ Änderung der Total Base Number

Der Verlauf der Total Base Number war in den Intervallen 2 und 3 leicht abnehmend. Im ersten Intervall wurde ein untypischer Anstieg von über 25% beobachtet, der aufgrund von nur zwei übermittelten Proben nicht restlos erklärbar war.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 5 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt und den Gehalt an Verschleißelementen untersucht wurden.

Die Gehalte von Blei, Eisen und Aluminium lagen im ersten Intervall deutlich über den zulässigen Grenzwerten.

Bei den Intervallen 2 und 3 gab es keine Grenzwertüberschreitungen der Verschleißgeschwindigkeit.

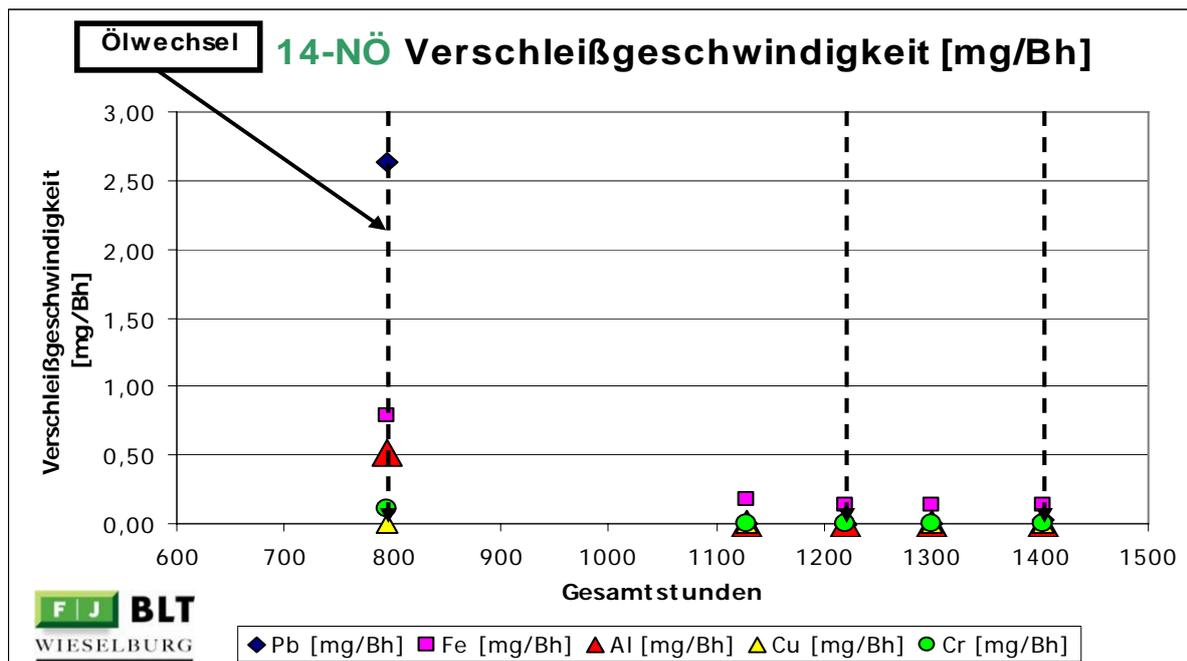


Abbildung 9: 14-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Hinsichtlich des Russ- und Rapsöleintrages wurden die vorgesehenen Limitwerte von maximal 3% Russeintrag und 15% Rapsöleintrag eingehalten.

Die Motorölwechselintervalle lagen aber bei diesem Traktor deutlich unter dem Durchschnittswert aller Traktoren.

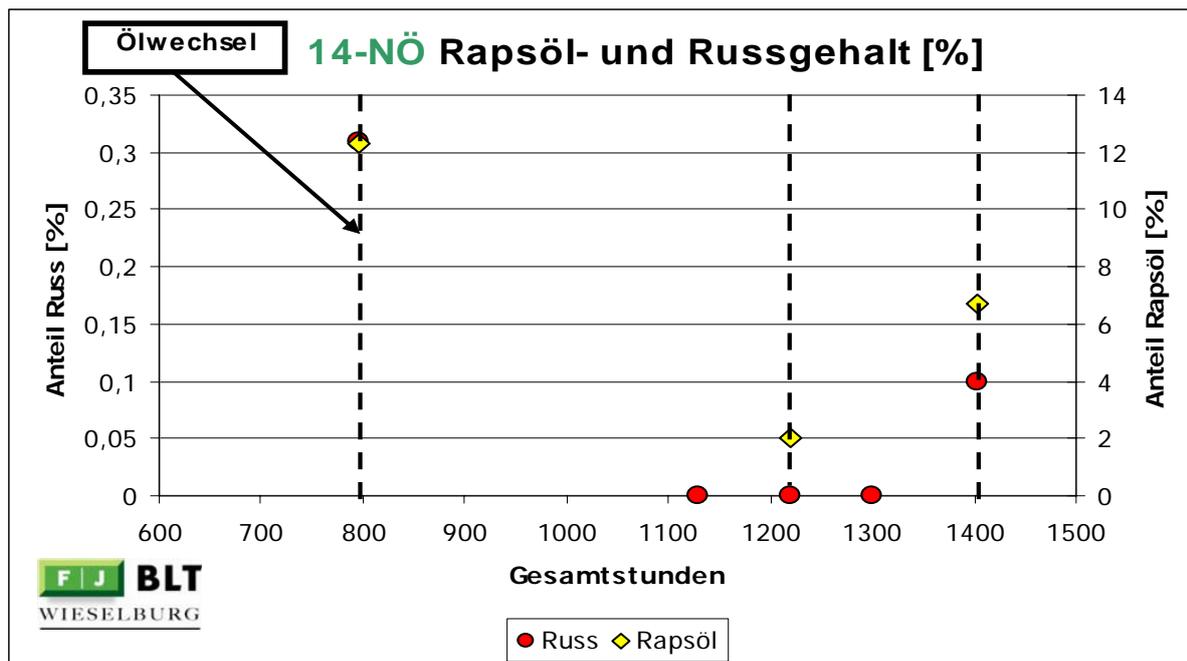


Abbildung 10: 14-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Die physikalisch-chemischen Parameter sind über die Intervalle hinweg als unkritisch einzustufen, was hinsichtlich der kurzen Intervalle auch nicht verwundert. Lediglich aus der Vorbefüllung fällt der hohe Bleigehalt bei einer Laufzeit von 86 Betriebsstunden auf, der den festgelegten Grenzwert von 10 Milligramm je Betriebsstunde um etwa das 22-fache übersteigt.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl wurde von mehreren Ölmühlen bezogen.

Die nachfolgenden Untersuchungsergebnisse umfassen sechs Proben aus dem Lagertank und sieben Proben aus dem Traktortank, die im Zuge der Bereisungen im Rahmen des Projekts gezogen wurden. Diese wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Anbei sind die einzelnen Analysenergebnisse dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprechen nicht der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Die häufigsten Grenzwertüberschreitungen hinsichtlich der Lagertankproben gab es bei der Gesamtverschmutzung. Hier wurde der vorgegebene Grenzwert von 25 mg/kg dreimal beträchtlich überschritten. Bei zwei Rapsölproben wurden korrespondierend die Grenzwerte bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt über- und bei der Oxidationsstabilität unterschritten.

Tabelle 2: 14-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
01.09.2004	916	34,90	72,23	1,71	0,35	10,93	0,148
22.10.2004		34,79	23,95	0,54		3,42	0,069
12.05.2006	912	30,22		1,46	5,62	9,52	0,052
30.08.2006	919	34,79	40,50	1,57	0,63	11,01	0,103
12.04.2007	919		n.f.	0,62	6,40	4,46	0,063
12.07.2007	919	35,17	11,24	2,52	0,53	4,57	0,067

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei den gezogenen Stichproben aus dem Traktortank war zu beobachten, dass sich die Werte der Gesamtverschmutzung und die des Wassergehaltes, im Vergleich zu den entsprechenden Lagertankproben, durch den Dieselanteil allgemein verbessern.

Tabelle 3: 14-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
01.09.2004	906	22,42	37,70	1,50	0,86	0,070	17
22.03.2005			7,27		0,58	0,012	
12.05.2006	872	8,90	7,68	0,69	6,39	0,085	52
30.08.2006	853	4,50	3,75	0,29	7,09	0,028	79
04.11.2006	891	14,52	16,73	0,62	8,97	0,051	34
12.04.2007	883	11,38	13,20	0,60	5,26	0,041	43
12.07.2007	914	28,97	10,20	1,16	5,24	0,061	7

Die Unterschreitungen des Toleranzbereiches der Dichte sind auf einen höheren Dieselanteil zurückzuführen, welcher durch Spülvorgänge und als Lecköl bei Dieselbetrieb in den Rapsöltank gelangt. Der Dieselanteil betrug bei den gemessenen Proben bis zu 79%.

Dieser hohe Dieselanteil ist durch das eher ungünstige Einsatzprofil des Traktors mit häufigen Startvorgängen und kurzen Betriebszeiten erklärbar.



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben.

Dieser Traktor wurde ab der Umrüstung mit einem Graml Zweitanksystem über 414 Stunden mit Rapsöl betrieben. Insgesamt wurden über diese Betriebsdauer 1.191 Liter Rapsöl sowie 593 Liter Diesel in den Tankaufzeichnungen eingetragen. Daraus errechnete sich ein durchschnittlicher Verbrauch von 4,31 Litern/Bh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 33%. Der Einsatzbereich wurde überwiegend dem normalen und dem leichten Lastbereich zugeordnet.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Deshalb ermöglichen diese Aufzeichnungen eine Beurteilung des Fahrbetriebes und stellen neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis dar.

Nachfolgend sind die Auswertungen der einzelnen Parameter dargestellt.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 14 New Holland TL 80



Allgemeine Daten:

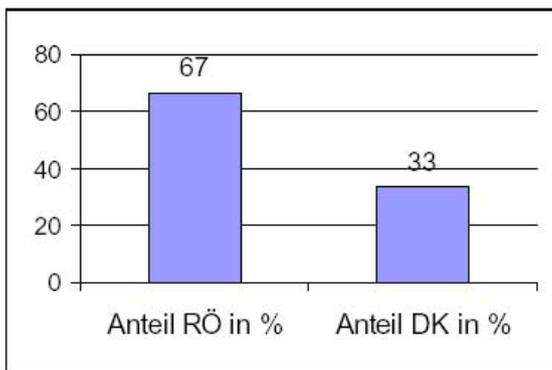
Erster Eintrag: 20. Apr. 06 bei TMh: 984
 Letzter Eintrag 27. Nov. 07 bei TMh: 1398,0 TMh lt. Traktortagebuch **414,0**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 68

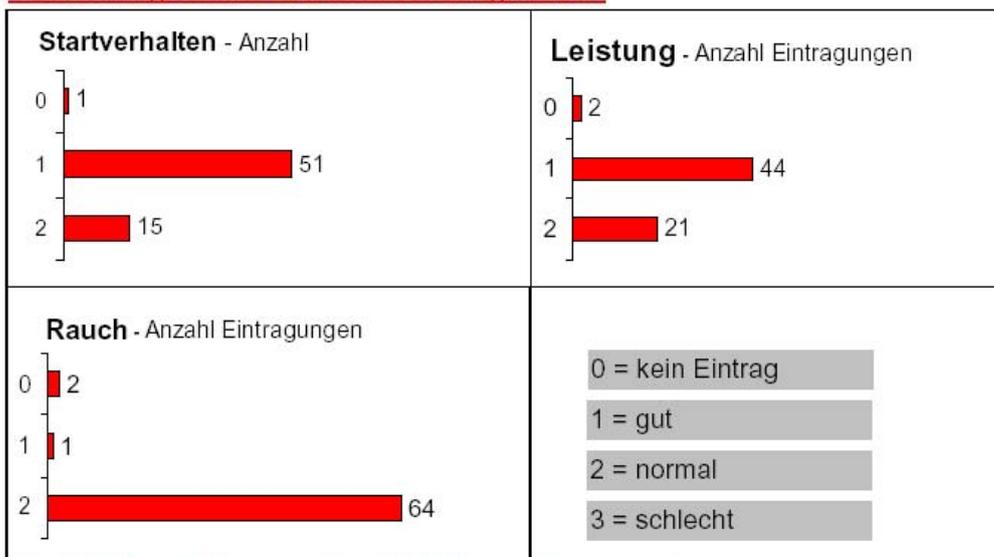
Tankmengen:

Diesel in l: 593
 Rapsöl in l: 1191

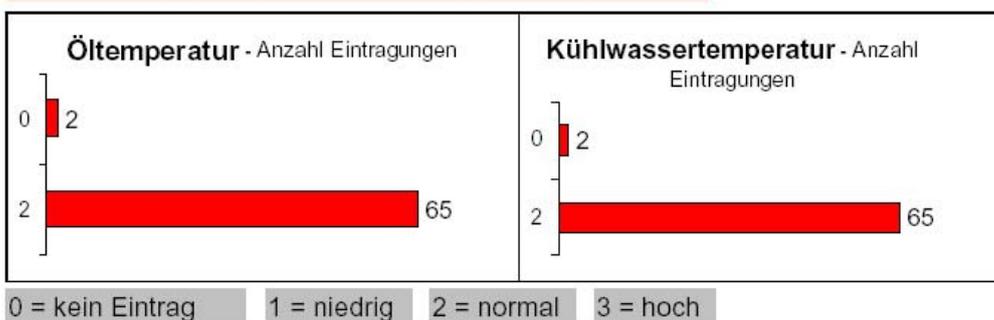
durchschnittlicher Verbrauch/h:
4,31



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



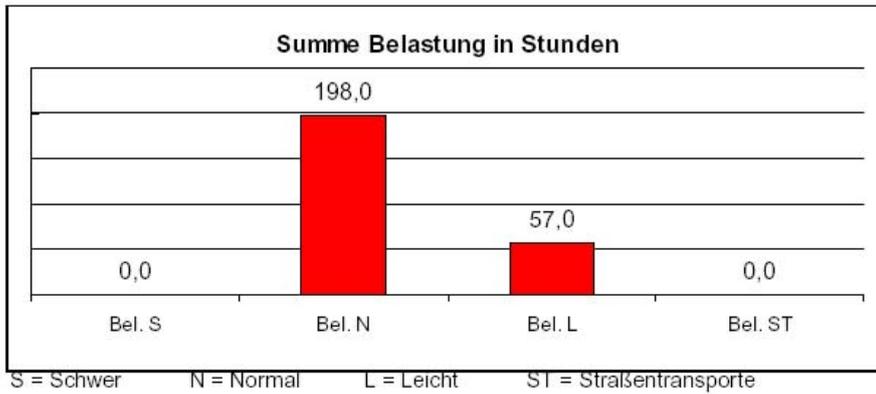


Traktortagebuch

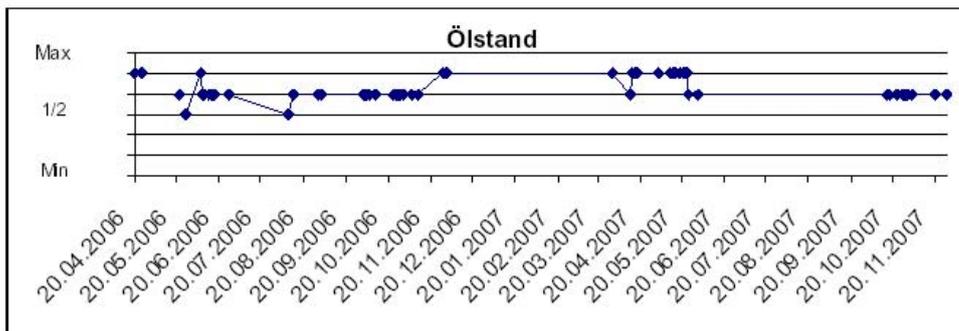
Fahrzeug: 14 New Holland TL 80



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und das Spritzbild der Düsen gemessen bzw. untersucht. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Messung der Kompression bei Versuchsende zeigte, wie die Druckverlustmessung im Brennraum, nahezu unveränderte Werte.

Tabelle 4: 14-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Öffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	30	27	23	26	270	270	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	28	30	24	12	260	260	i.O.	gerade	Düse 2
Zylinder 3	28	30	21	16	keine	260		noch	Düse 3
Zylinder 4	30	28	22	18	Zerstäubung	265		i.O.	Düse 4

Bei der Anfangsuntersuchung waren zwei Einspritzdüsen defekt und wurden getauscht. Die Enduntersuchung zeigte einen Düsenzustand, welcher noch als in Ordnung einzustufen war, sich jedoch in Bezug auf das Spritzbild an der unteren Grenze bewegte.

Der Schaftbereich der Düsen wies Verkrustungen auf, welche teilweise abgebröckelt waren. Die Düsenspitzen waren mit einem unregelmäßigen Belag bis ca. zum ersten Zentimeter des Düschafte versehen. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 11: 14-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

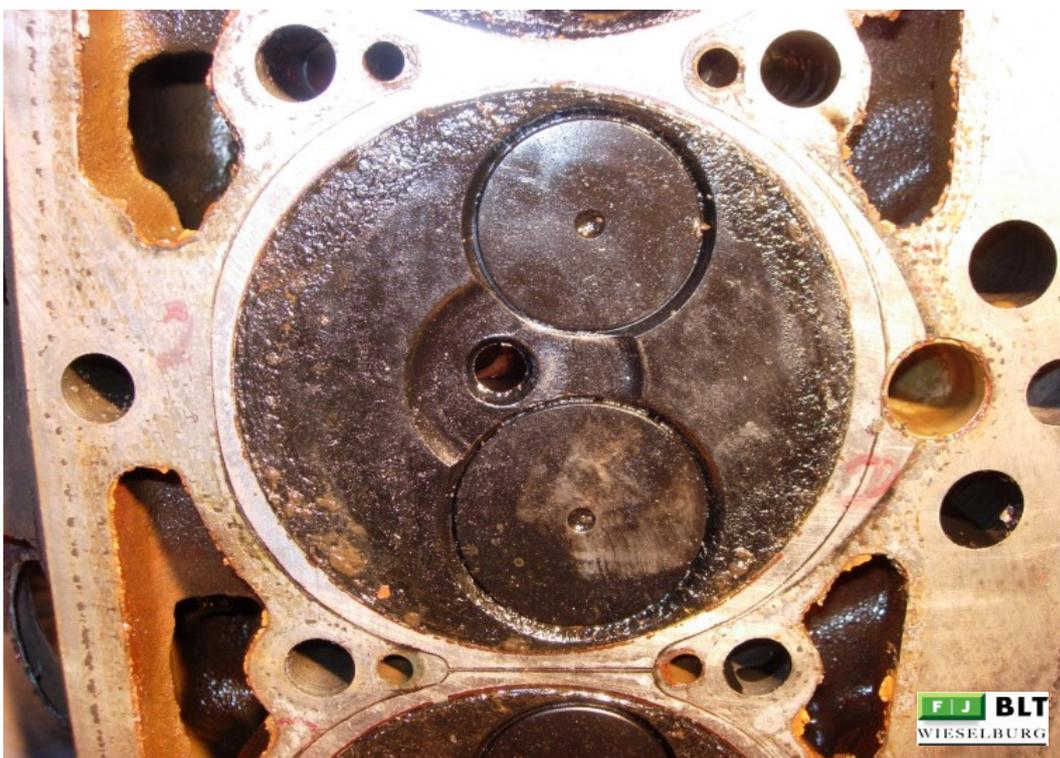


Abbildung 12: 14-NÖ Zylinderkopf

Die Zylinderköpfe wiesen im Mittelteil einen schwarzen lackartigen Belag auf, im äußeren Drittel war jeweils eine Belagskruste sichtbar.



Abbildung 13: 14-NÖ Einlass- und Auslassventil

Bei den Einlassventilen konnte am Übergang des Ventiltellers ein geringer feuchter schwarzer Belag festgestellt werden. An den Auslassventilen war kaum Belag sichtbar. Die Ein- und Auslasskanäle waren nur geringfügig belegt.

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einem schwarzen Belag versehen, der teilweise abgelöst oder abgetragen war. Die Honung der Laufbüchsen war bei allen Zylindern deutlich sichtbar.



Abbildung 14: 14-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 15: 14-NÖ Kolbenboden

Der Kolbenboden war schwarz belegt, teilweise war eine leichte Kruste vorhanden.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor New Holland TL 80 wurde wie der Traktor 13-NÖ im Juli 2004 durch die Fa. Bergauer mit dem 1- Tank System von Borbe (BBT) ausgerüstet. Bereits einen Monat nach der Umrüstung folgten die ersten Probleme – der Traktor rauchte schwarz und wies ein sehr schlechtes Starverhalten auf. Nach weniger als 90 Stunden im Rapsölbetrieb trat ein schwerer Schaden auf. Der Traktor sprang nicht mehr an und es wurde ein starker Ölverlust über die Gehäuseentlüftung des Motors festgestellt. Im Zuge der Motoröffnung wurde eingedicktes Motoröl, welches sich in eine feste und flüssige Phase trennte, vorgefunden. Die Kolbenringe waren bei allen Kolben bereits massiv verklebt und die Zylinderlaufbüchsen angerieben. Die Pleuellager wiesen starken Verschleiß auf. Das Spritzbild und der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen waren im Normalbereich. Die Untersuchung des entnommenen Motoröles (Plantomot von Fa. Fuchs) zeigte sehr hohe Anteile an Blei, Eisen, Silizium und Aluminium. Der Traktor wurde vollständig repariert und bis zur Klärung der weiteren Vorgangsweise ausschließlich mit Dieselmotorkraftstoff betrieben.

Für den weiteren Betrieb mit Rapsöl wurde der Traktor von der Fa. Bergauer im März 2006 bei 980 Traktormeterstunden auf ein 2-Tank System der Fa. Graml umgerüstet. Während der Versuchsdauer traten mehrere Störungen des Bioka Managers (2-Tank Kraftstoffsteuerung) auf. Das System schaltete laut Angaben des Betreibers zeitweise nicht auf Rapsöl um. Der Öldruckschalter musste bei 1158 TMh erneuert werden.

Die Kohlenmonoxidemissionen und Stickoxidemissionen waren im Rapsölbetrieb deutlich höher als bei Dieselmotorkraftstoffbetrieb. Die Kohlenwasserstoffemissionen waren typischerweise bei Dieselmotorkraftstoffbetrieb höher. Über die Laufzeit kam es zu einer geringfügigen Verbesserung der gemessenen Emissionswerte.

Bei den Motorölanalysen gab es keine Grenzwertüberschreitungen der Total Base Number (TBN) und der Änderungen der Viskosität. Bei den Verschleißelementen lagen extreme Überschreitungen in der Motorölprobe des Motorschadens vor.



Der Russ- und der Rapsölgehalt im Motoröl lag über die im Vergleich zu den anderen Traktoren relativ kurzen Laufzeiten innerhalb der Grenzwerte.

Die Rapsölproben aus dem Lagertank und aus dem Traktortank überschritten mehrmals die geforderten Grenzwerte bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt.

Die Messung der Kompression bei Versuchsende zeigte, wie die Druckverlustmessung im Brennraum, im Vergleich zur Anfangsuntersuchung nahezu unveränderte Werte.

Der Zustand der Einspritzdüsen (Spritzbild) war bei der Enduntersuchung trotz der kurzen Betriebszeit grenzwertig. Der Schaftbereich der Düsen wies Verkrustungen auf, welche teilweise abgebröckelt waren. Die Düsen spitzen waren mit einem unregelmäßigen Belag bis ca. zum ersten Zentimeter des Düsen schaftes versehen. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.

Die Zylinderköpfe wiesen im Mittelteil einen schwarzen lackartigen Belag auf, im äußeren Drittel war jeweils eine Belagskruste sichtbar.

Bei den Einlassventilen konnte am Übergang des Ventiltellers ein geringer feuchter schwarzer Belag festgestellt werden. An den Auslassventilen war kaum Belag sichtbar. Die Ein- und Auslasskanäle waren nur geringfügig belegt.

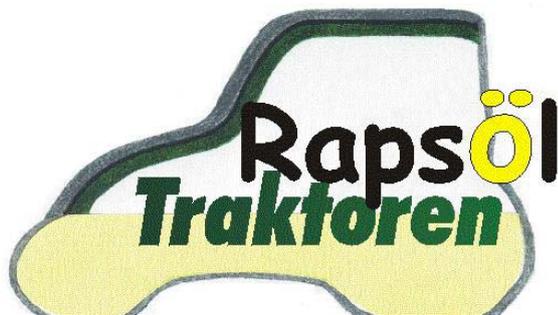
Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einem schwarzen Belag versehen, der teilweise abgelöst oder abgetragen war. Die Honung der Laufbüchsen war bei allen Zylindern deutlich sichtbar. Der Kolbenboden war schwarz belegt, teilweise war eine leichte Kruste vorhanden.





15-0Ö

15-0Ö



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Deutz Agrotron 118
Umrüstung:	Oktober 2004
Umrüttlösung:	Graml 2-Tank-System
Pflanzenöleinsatz:	1.730 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Deutz Agrotor 118
Motortype	BF6M2012C
Erstmalige Zulassung	03.08.2004
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	0097715
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	14 Liter
Nennleistung	93,6 kW
Nenndrehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	6057 cm ³
Bohrung x Hub	101 x 126 mm
Verdichtungsverhältnis	19:1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	270 Liter
Eigengewicht	5660 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Oktober 2004
bei TMh	175
Enduntersuchung	Dezember 2007
bei TMh	1905

Umrüstung

Umrüstsystem	Graml Zweitanksystem
Umrüster	Martin Graml

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Pflanzenöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Nachfolgend sind die Diagramme dargestellt, wobei jeweils die Werte von Diesel und von Pflanzenöl der Anfangsuntersuchung jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt wurden.

Das Leistungs- und Verbrauchverhalten hat sich bei diesem Traktor über die Laufzeit bei beiden Kraftstoffen kaum verändert.

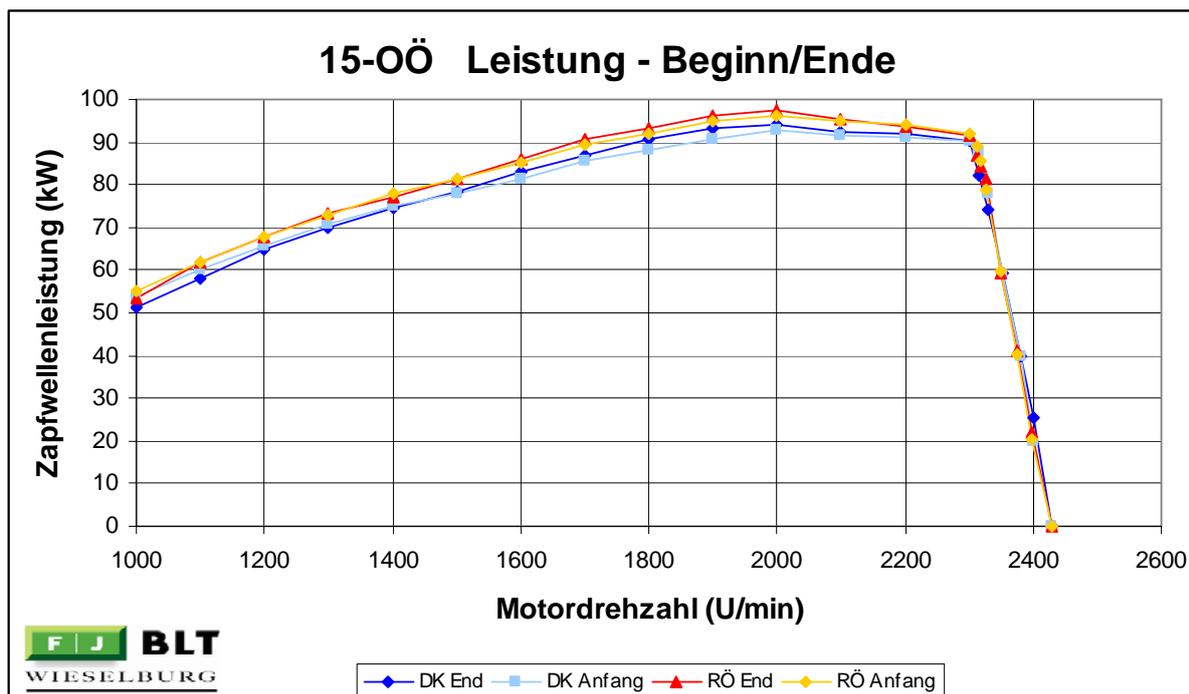


Abbildung 16: 15-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

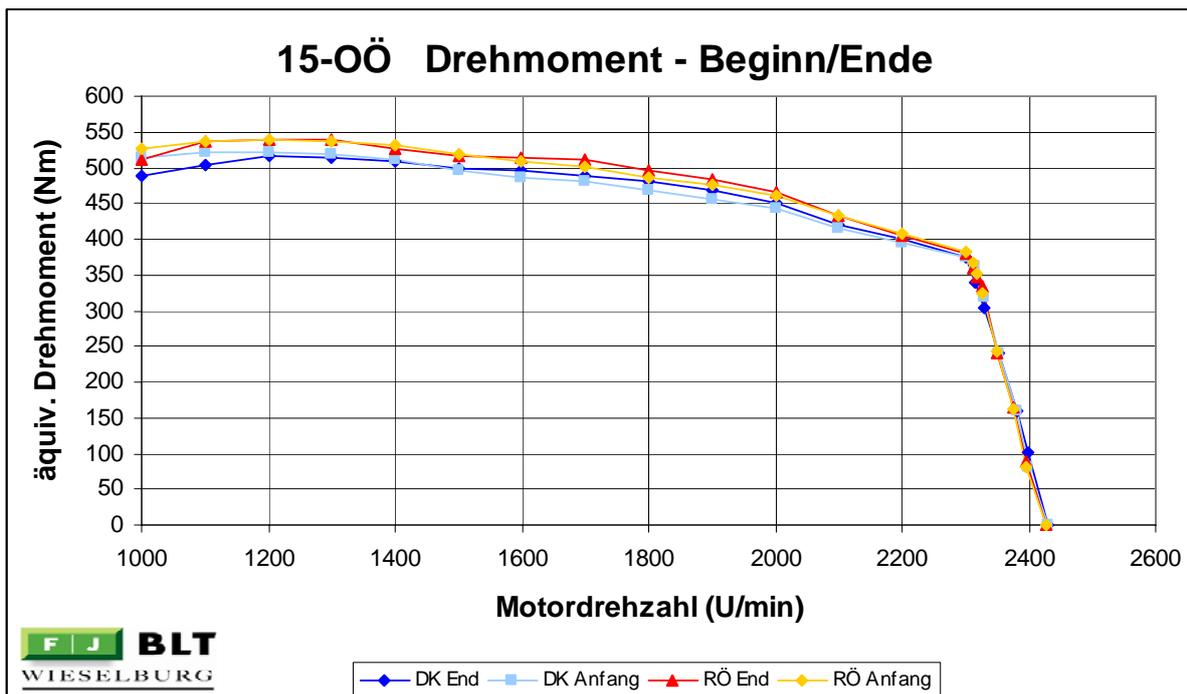


Abbildung 17: 15-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

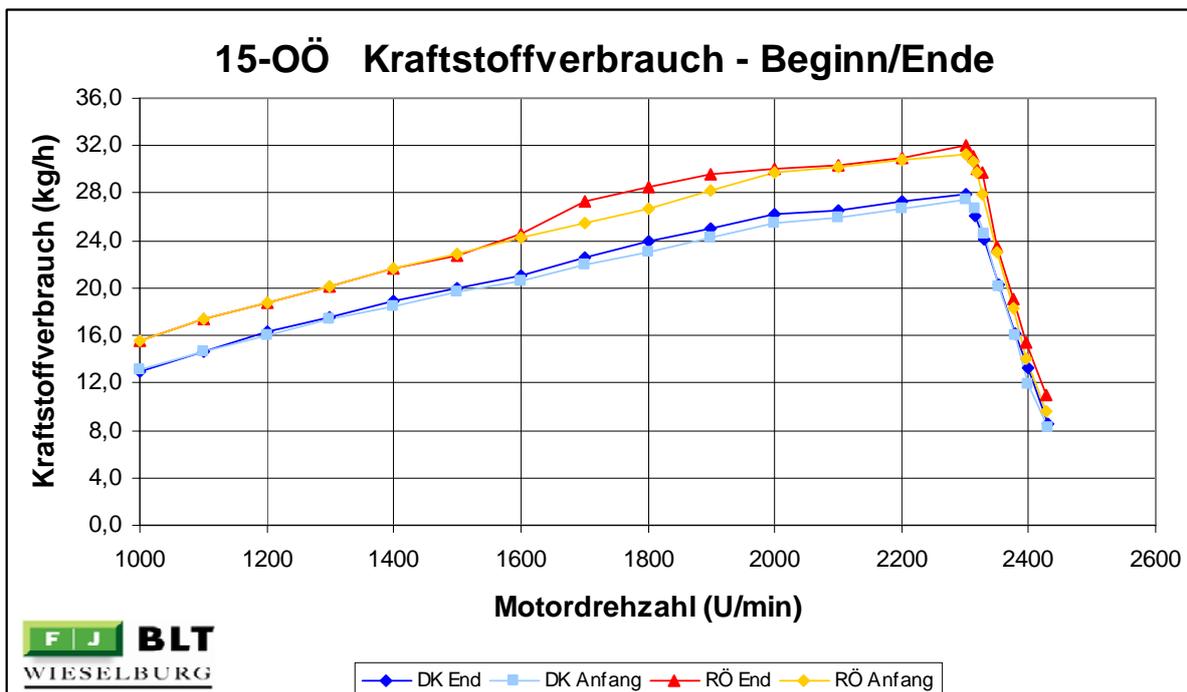


Abbildung 18: 15-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

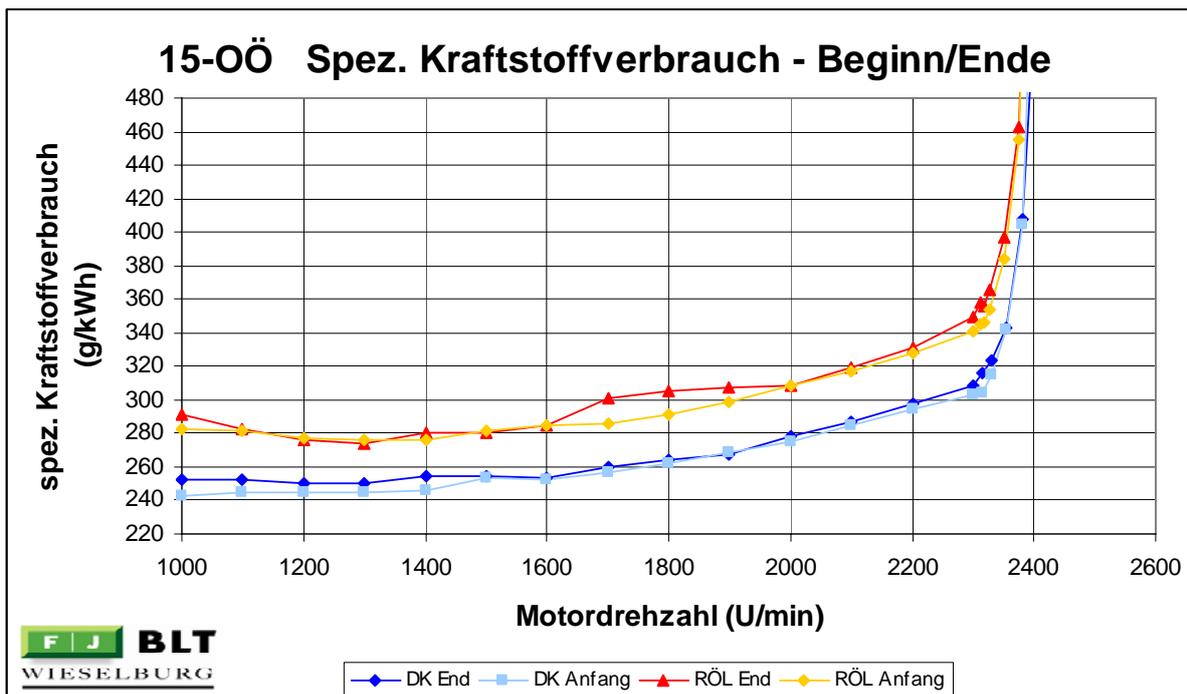


Abbildung 19: 15-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessungen bei Versuchsbeginn und -ende ebenfalls gemessen. Abbildung 20 zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Bei der Endvermessung wurden im Vergleich zur Anfangsuntersuchung geringfügig niedrigere Blow-by Werte festgestellt.

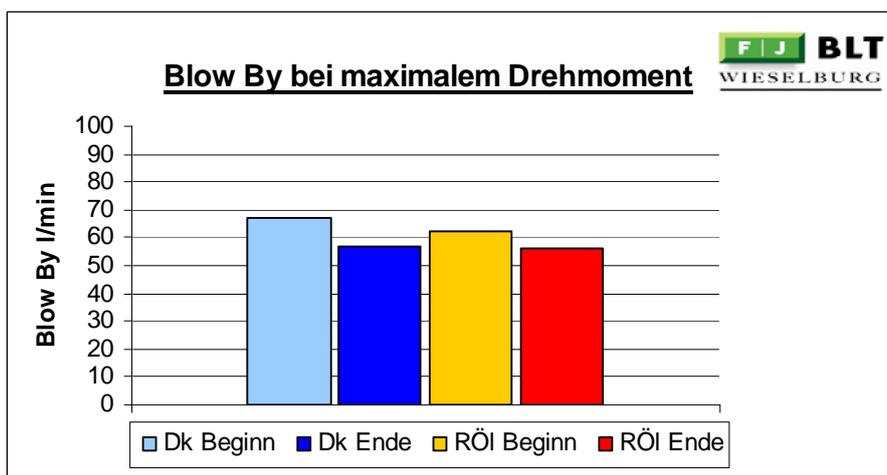


Abbildung 20: 15-OÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Als wesentlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Begleitung wurde neben der Leistungs- und Verbrauchsmessung zu Beginn und zu Ende der Projektlaufzeit eine Emissionsmessung am Prüfstand des FJ-BLT durchgeführt.

Bei diesem Traktor waren wie bei den meisten Traktoren bei Rapsölbetrieb geringfügig höhere Stickoxidemissionswerte als bei Dieselbetrieb zu verzeichnen.

Über die Laufzeit gesehen verbesserten sich die Stickoxidwerte, sodass sich die zuletzt gemessenen Werte, den Dieselwerten ziemlich annäherten. Die Kohlenwasserstoffemissionen blieben sowohl bei Diesel- als auch bei Rapsölbetrieb unverändert. Die Kohlenmonoxidemissionswerte verschlechterten sich über Laufzeit bei beiden Kraftstoffen markant.

Tabelle 5: 15-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	16.12.2004	20.11.2007	15.12.2004	21.11.2007
CO	1,14	1,42	1,08	2,02
HC	0,15	0,15	0,24	0,25
NOx	7,79	6,77	6,88	6,58

Partikelmessung

Neben der Emissionsmessung wurde im Rahmen der Enduntersuchung auch eine Partikelmessung mit dem „AVL Smart Sampler SPC 972“ durchgeführt, um zusätzlich Informationen über das Abgasverhalten zu erhalten. Es wurden jeweils zwei Messungen mit Dieselkraftstoff und Rapsöl durchgeführt.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Partikelmessung.

Tabelle 6: 15-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	2. Messung	Datum
RÖ	0,137	0,145	20.11.2007
DK	0,321	0,356	21.11.2007

Die Werte der Partikelemission bei Pflanzenölbetrieb waren erheblich geringer als bei Dieselbetrieb und entsprachen durchaus dem Durchschnitt aller Traktoren.



2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W-40 der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden. Diese Werte könnten laut Empfehlung des Umrüsters grundsätzlich beibehalten werden. Dennoch wurde je nach Arbeitseinsatz das Intervall verkürzt (z. B. wurde bei einem hohen Anteil an Rangierarbeiten das Intervall entsprechend verkürzt). Daraus erklären sich auch die unterschiedlichen Intervallslängen.

Während der Projektteilnahme wurden vier Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 353 h im Pflanzenölbetrieb untersucht. Von 23 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde bei jeder Probe die Total Base Number (TBN) analysiert sowie ein Blotterspot Test durchgeführt.

Den Intervallen entsprechend hätten 37 Motorölproben gezogen werden müssen, davon wurden 40% vom Betreiber nicht entnommen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

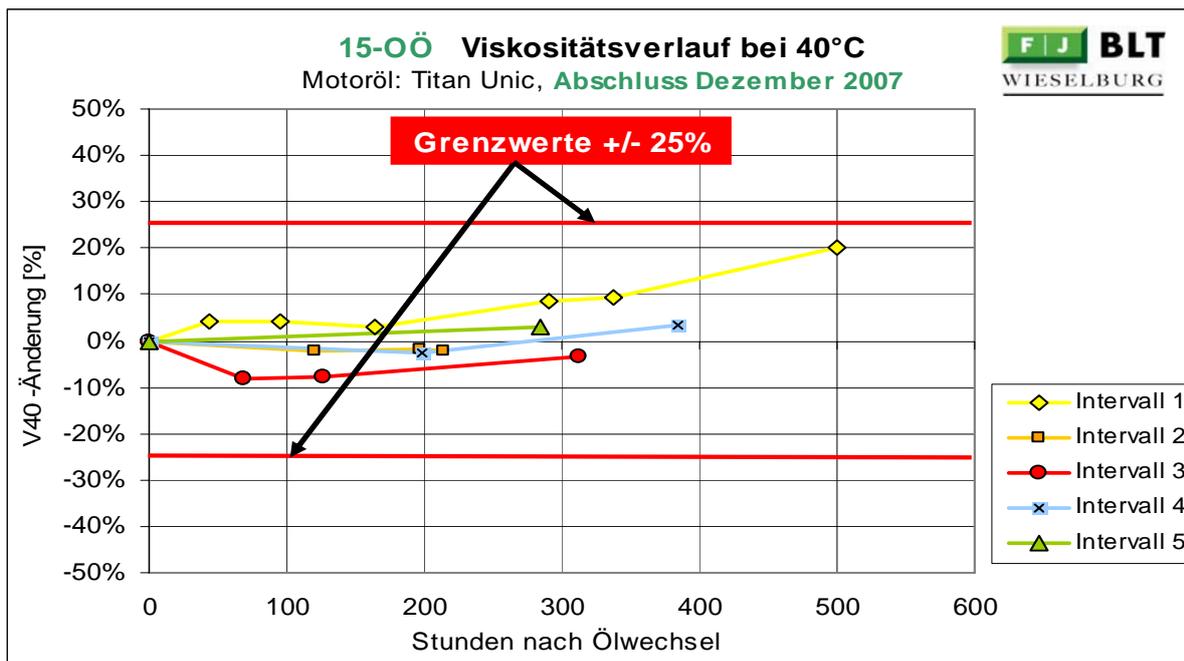


Abbildung 21: 15-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsverläufe lagen bis zu 300 Betriebsstunden innerhalb von $\pm 10\%$ von der Ausgangsbasis. Bei dem über 500 Betriebsstunden laufenden ersten Intervall betrug der Viskositätsanstieg bei 40°C 20 %. Die entsprechende Änderung bei der Viskosität bei 100°C lag bei 12 %.

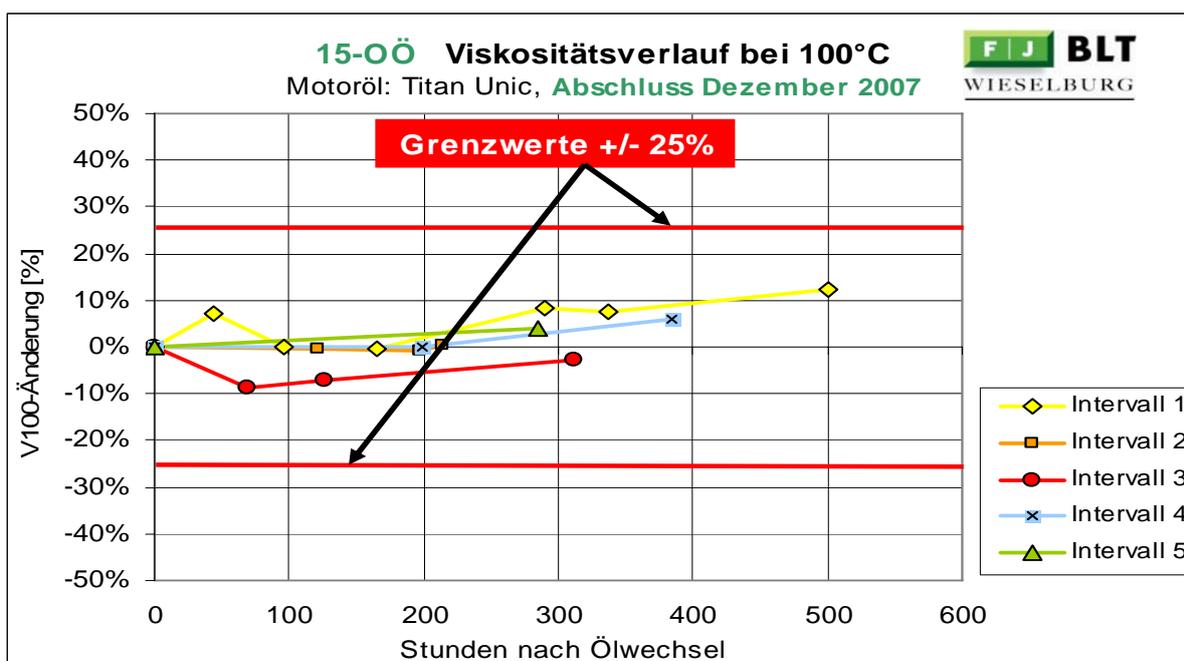


Abbildung 22: 15-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C



Die Untersuchungsergebnisse des Parameters Total Base Number waren sehr homogen. Nur bei der Ölwechselprobe des 500 Betriebsstundenintervalls wurde eine um knapp 20 % unter der Ausgangsbasis liegende TBN festgestellt.

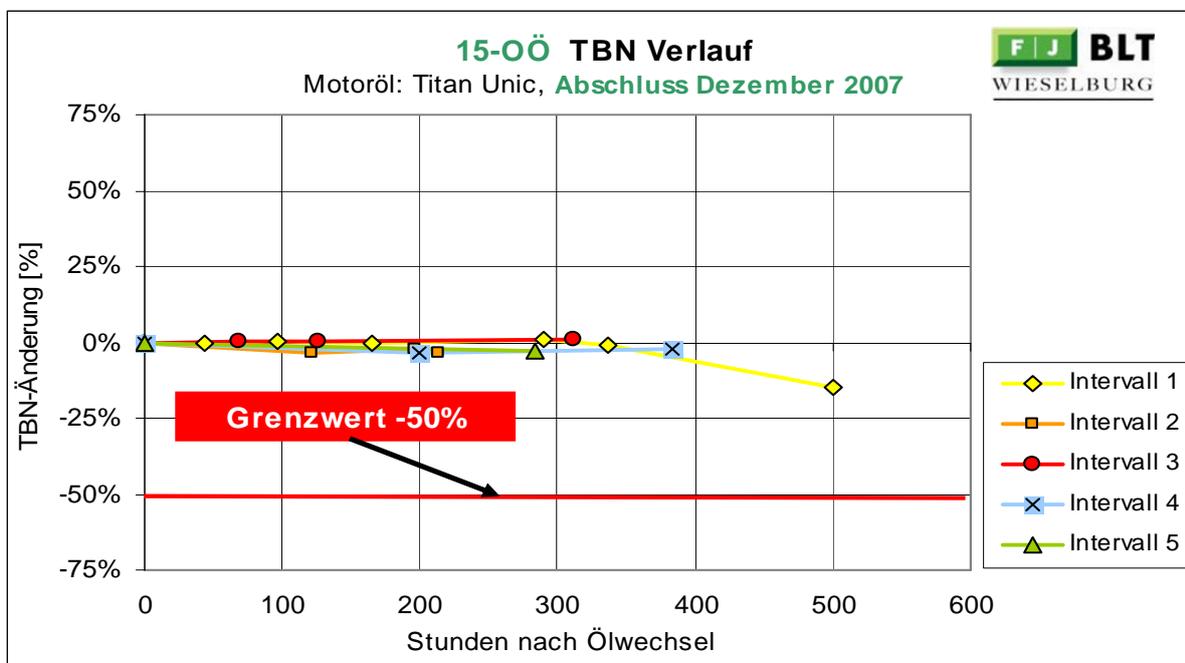


Abbildung 23: 15-OÖ Änderung der Total Base Number

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles im FJ-BLT Labor, wurden weitere 12 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt, sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen überprüft wurden. Die Untersuchungsergebnisse zeigten ein relativ einheitliches Bild und lagen stets unter der geforderten Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 mg/Bh.

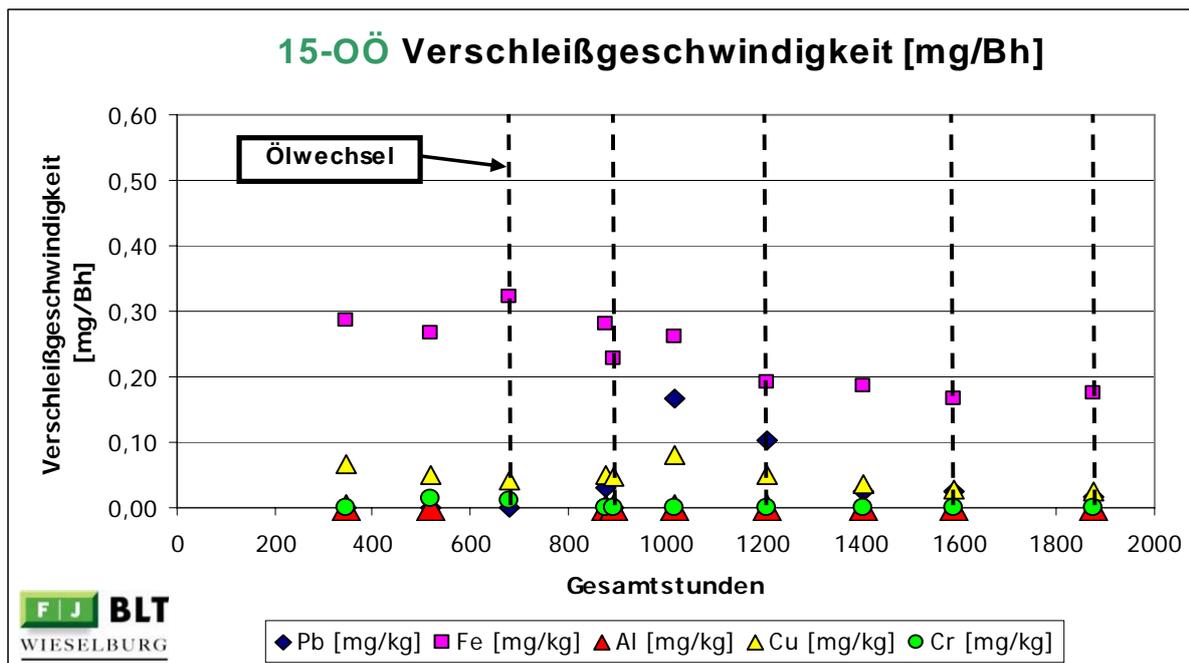


Abbildung 24: 15-OÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Der Rapsöleintrag lag im Durchschnitt bei 7%, der Russgehalt bei 1,26%. Diese Untersuchungswerte waren somit unter den von der Firma Fuchs vorgegebenen Richtwerten von max. 15% Rapsöleintrag bzw. 3% Russgehalt.

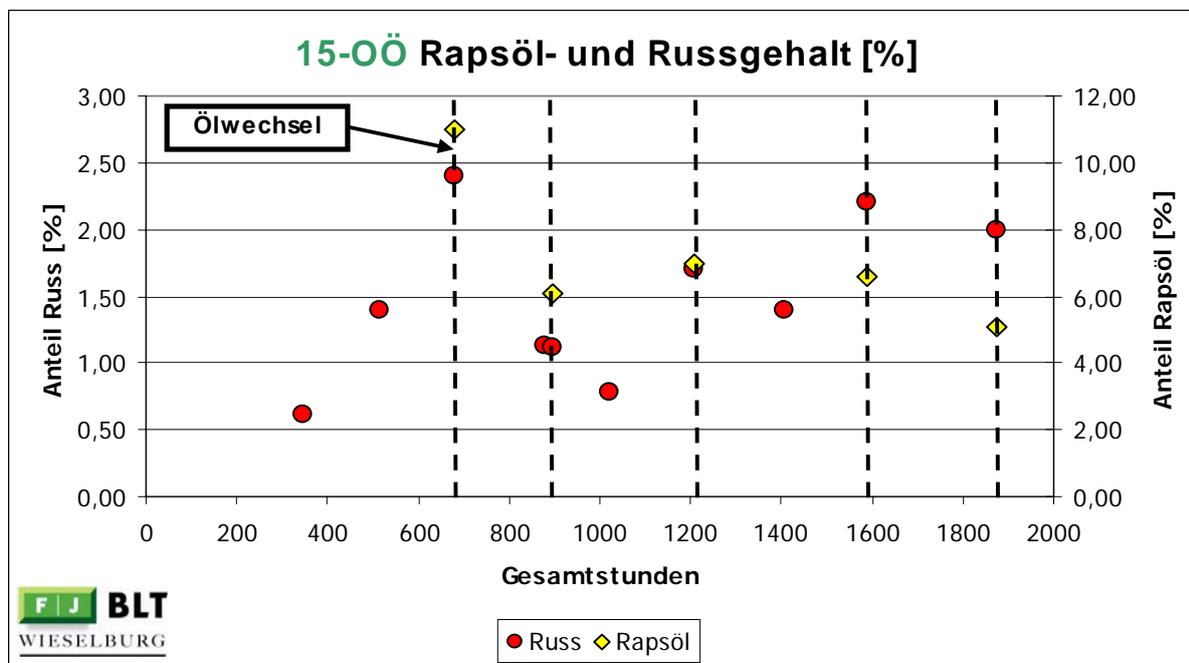


Abbildung 25: 15-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben



Kommentar Fa. Fuchs

Im Großen und Ganzen bleiben die physikalisch-chemischen Parameter der untersuchten Proben über die Intervalle hinweg innerhalb der festgelegten Grenzwerte. Es zeigen sich die bekannten Trendverläufe. Lediglich bei Laufzeiten oberhalb 400 Betriebsstunden wird in einem Fall der Grenzwert von Eisen (100 mg/kg) überschritten. Bei Blei und Kupfer ist das Bild wesentlich uneinheitlicher, der festgelegte Grenzwert von 10 Milligramm je Kilogramm wird unabhängig von der Laufzeit in einigen Fällen überschritten; im extremsten Fall um etwa das dreifache. Von der Tendenz her nehmen Russ- und Kraftstoffeintrag mit steigender Laufzeit zu und erreichen bei hoher Betriebsstundenzahl ein entsprechend hohes Niveau unterhalb der festgelegten Grenzwerte. TBN- und Viskositätsverlauf bleiben innerhalb der Grenzwerte meist recht konstant, wobei bei den Viskositäten bei hohen Betriebsstunden ein leichter, aber unkritischer Anstieg zu erkennen ist.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte überwiegend aus der Ölmühle Hausrucköl in Oberösterreich.

Insgesamt wurden jeweils 10 Proben aus dem Lagertank und dem Traktortank, sowie eine Probe aus der entsprechenden Ölmühle gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Nachfolgend sind die entsprechenden Analysenergebnisse dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprechen nicht der Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den im Lauf des Projekts zehn analysierten Lagertankproben gab es beim Parameter im ersten Jahr zwei Mal eine Grenzwertüberschreitung. Der Wassergehalt lag dreimal über den zulässigen Grenzen und der Phosphorgehalt einmal. Die geforderte Mindestdauer der Oxidationsstabilität wurde bei vier Proben unterschritten. Dies war zum Teil auch auf ungünstige Lagerbedingungen zurückzuführen.

Tabelle 7: 15-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
16.02.2005	917	34,72	31,45	1,04		5,74	0,065
02.06.2005	918	34,55	11,38	1,84	2,37	5,09	0,081
08.09.2005	917	34,86	42,30	1,21	6,03	8,61	0,075
01.12.2005	914	35,05	21,95	1,24	2,03	6,38	0,075
27.02.2006	915	34,97	18,28	1,27	2,20	4,66	0,071
10.05.2006	918	34,80	17,78	1,87	5,65	6,72	0,063
14.09.2006	922	35,49		1,88		15,92	0,071
06.12.2006	918	35,86	10,58	0,73		6,34	
25.04.2007	920	35,19	5,64	1,00	2,15	5,22	0,049
27.07.2007	919	35,51	17,12	0,87	8,46	5,87	0,054

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei den Proben aus dem Traktortank gab es zwei Überschreitungen beim Parameter Gesamtverschmutzung und zwar jeweils zu Beginn sowie am Ende der Projektteilnahme.

Die Unterschreitungen des Toleranzbereiches der Dichte waren auf einen höheren Dieselanteil zurückzuführen, welcher durch Spülvorgänge und als Lecköl bei Dieselmotorbetrieb systembedingt in den Pflanzenöltank gelangte. Der Dieselanteil, der über die Dichte abgeschätzt wurde, betrug bei den gemessenen Proben bis zu 21%.

Tabelle 8: 15-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m³]	V40 [mm²/s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
23.03.2005	905	23,13	32,85	1,01	3,25	0,064	16
02.06.2005	914	31,07	5,55	1,78	4,39	0,077	5
08.09.2005	916	34,32		1,24	7,22	0,072	1
01.12.2005	898	20,37	19,73	1,01	5,93	0,060	21
27.02.2006	897	20,35	9,80	1,03	4,54	0,053	21
10.05.2006	914	29,25	12,35	1,79	4,88	0,070	7
14.09.2006	909	22,65	15,55	1,16	6,46	0,066	17
06.12.2006	911	25,71	14,85	0,61	4,77		12
25.04.2007	915	29,99	7,32	0,96	4,51	0,047	6
27.07.2007	908	24,77	38,40	0,78	6,02	0,054	13



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmengen, etc) angegeben. Dieser Traktor wurde laut den Eintragungen aus dem Traktortagebuch während eines Zeitraumes von rund drei Jahren 1.700 TMh mit Pflanzenöl in betrieben.

Insgesamt wurden 22.215 Liter Rapsöl sowie 4.211 Liter Diesel getankt. Daraus errechnete sich ein durchschnittlicher Verbrauch von 15,5 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüttlösung bei 16%. Die Maschine wurde zum überwiegenden Teil im hohen Lastbereich eingesetzt.

Die Auswertungen des Traktors basieren auf Einträgen von 317 Tagen. Es wurden kaum Eintragungen über Startverhalten, Leistung, Rauch, Öl- und Kühlwassertemperatur beziehungsweise Ölstand getätigt.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 15 Deutz Agrottron 118



Allgemeine Daten:

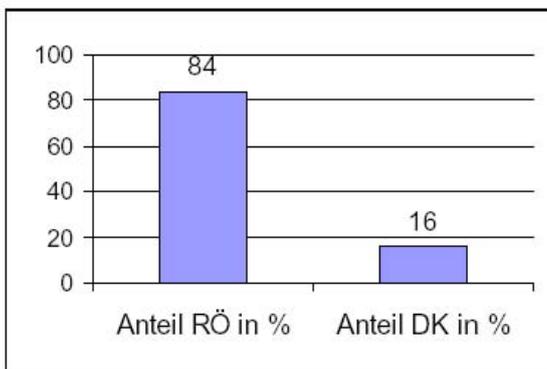
Erster Eintrag: 23. Sep. 04 bei TMh: 168,6
 Letzter Eintrag 03. Nov. 07 bei TMh: 1869,7 TMh lt. Traktortagebuch **1701,1**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 317

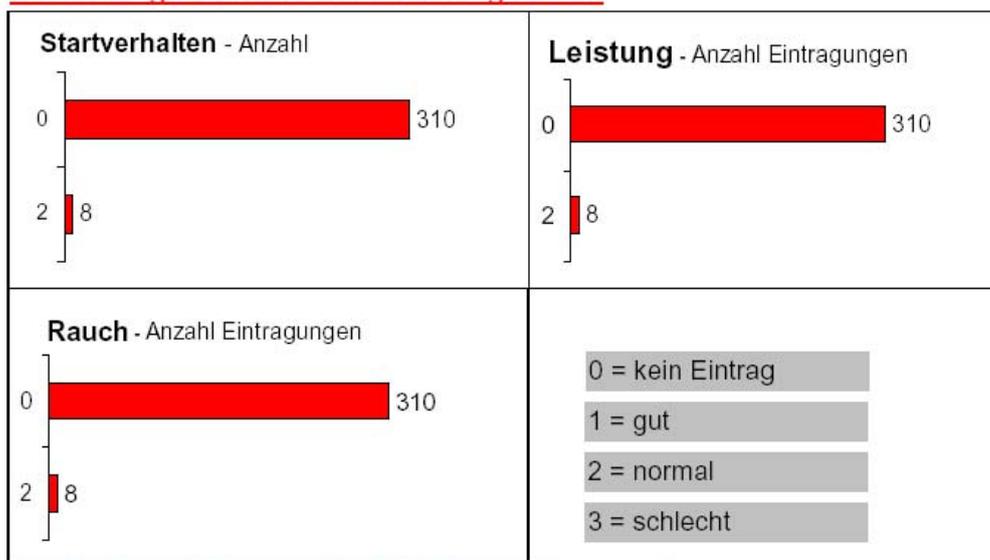
Tankmengen:

Diesel in l: 4211
 Rapsöl in l: 22215

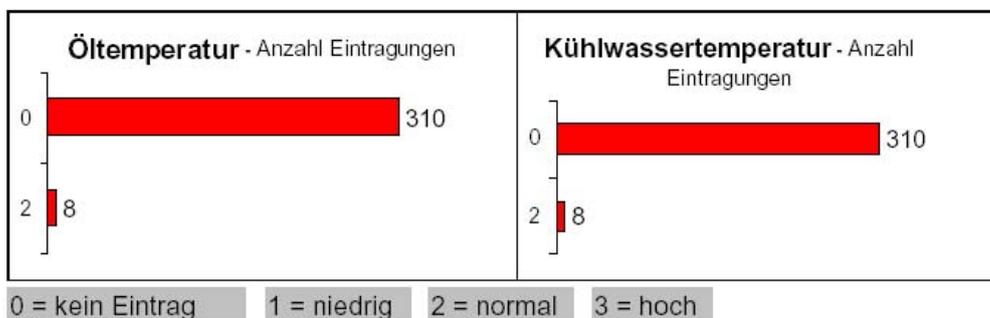
durchschnittlicher Verbrauch/h:
15,53



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



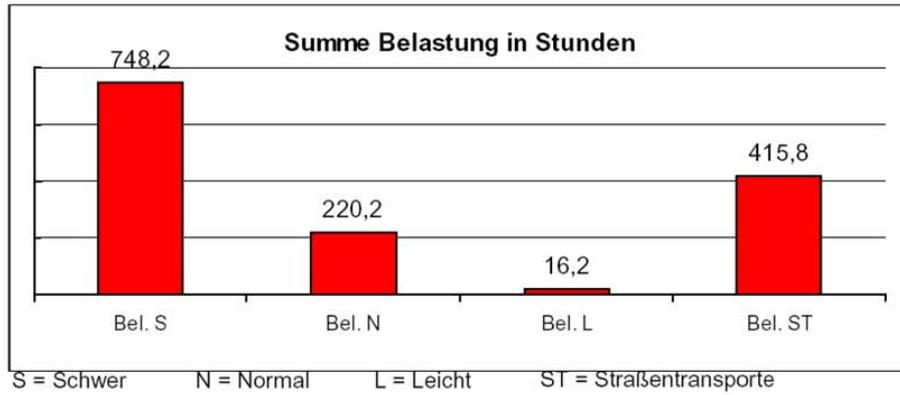


Traktortagebuch

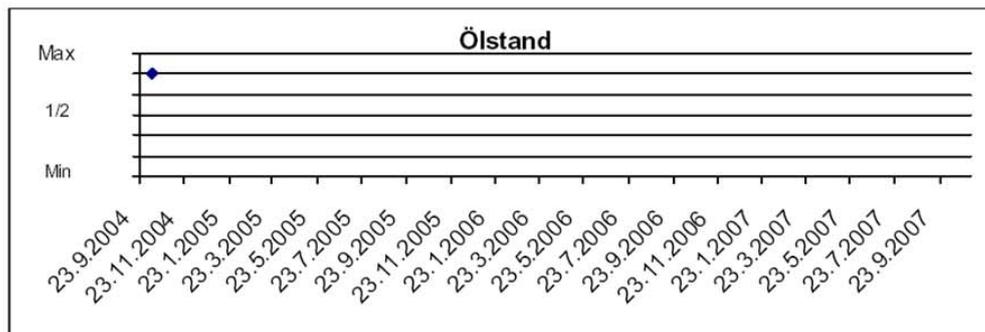
Fahrzeug: 15 Deutz Agrottron 118



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Einspritzdüsen gemessen bzw. untersucht. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurden der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbahn und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Der Vergleich der Werte der Kompressionsmessung zu Versuchsbeginn und –ende zeigten nahezu keinen Unterschied. Der gemessene Druckverlust der einzelnen Zylinder lag, mit Ausnahme von Zyl. 3, ebenfalls jeweils im gleichen Bereich.

Tabelle 9: 15-OÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	36	36	4	7		205		i.O.	Düse 1
Zylinder 2	36	36	5	5		>100		defekt	Düse 2
Zylinder 3	35	36	5	29		195		i.O.	Düse 3
Zylinder 4	35	36	5	5		220		defekt	Düse 4
Zylinder 5	36	35	5	7		220		i.O.	Düse 5
Zylinder 6	34	36	6	4		225		i.O.	Düse 6

i.O....in Ordnung

Die Einspritzdüsen dieses Traktors konnten mit einem herkömmlichen Düsenprüfgerät nur unzureichend untersucht werden. Die Düsen konnten jeweils nur einmal abgedrückt werden, da dieser Düsentyp im Normalfall sofort sperrt. Bei Versuchsbeginn wurde der Düsenöffnungsdruck aus diesem Grund nicht gemessen.

Die Enduntersuchung der Düsen zeigten einen Defekt der Düsen von Zylinder zwei und vier. Dieser schlechte Zustand wurde vermutlich durch Trockenbetrieb infolge Leerfahrens des Fahrzeugtanks bei der Überstellungsfahrt verursacht. Eine

Zwischenüberprüfung kurz vor Versuchsende zeigte noch einen guten Düsenzustand.

Die Löcher der Einspritzdüsen waren alle frei. Die Düsen spitzen waren kaum belegt. Der Düsen schaft wies eine geringe Verkrustung auf.



Abbildung 26: 15-00 Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

Der Zylinderkopf wies jeweils in den Randbereichen, zur Dichtung hin, eine leichte Verkrustung auf. Der mittlere Bereich war lediglich geschwärzt. Die Ventilflächen waren ebenfalls sauber. Im Abgaskanal befand sich eine nur dünne Rußschicht. Im Einlasskanal war eine leichte feucht aussehende Verkrustung vorhanden.

Die Auslassventile waren unauffällig. Bei den Einlassventilen war durchgehend am Übergang von Ventilteller zum Schaftbereich ein leichter krustenartiger Belag erkennbar.



Abbildung 27: 15-OÖ Zylinderkopf



Abbildung 28: 15-OÖ Einlass- und Auslassventil

Der Feuerstegbereich der Laufbüchse war klar abgegrenzt und mit einem dünnen schwarzen Belag versehen. Die Honung der Laufbahn war deutlich sichtbar, der Verschleiß der Laufzeit entsprechend.

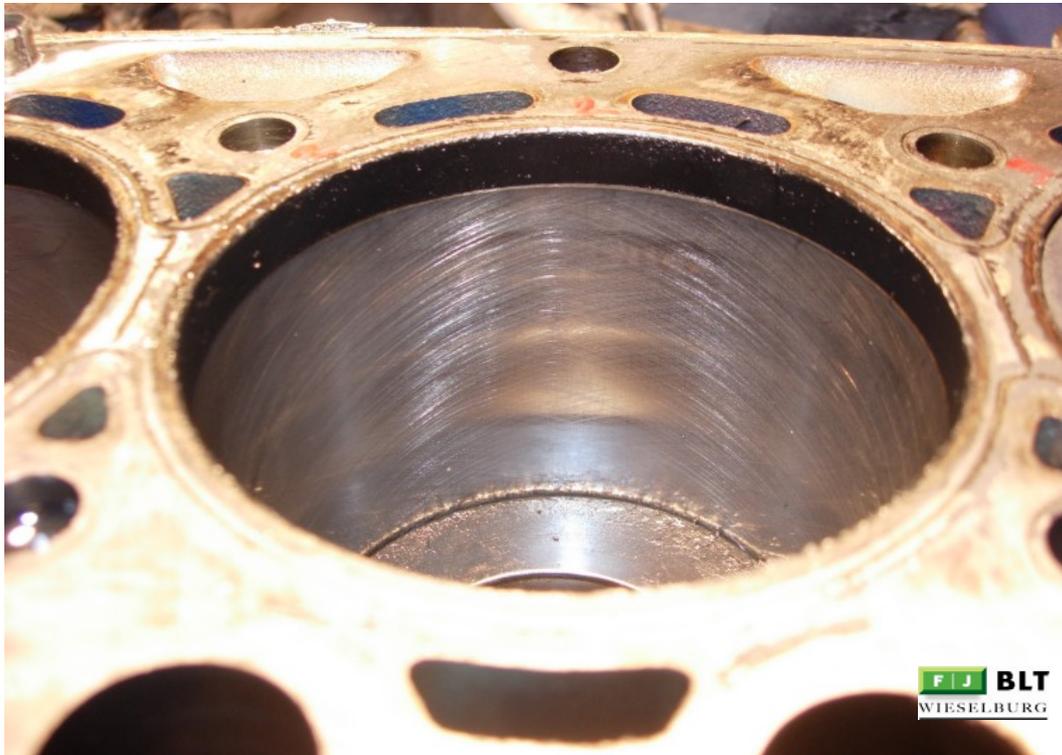


Abbildung 29: 15-OÖ Zylinderlaufbüchse

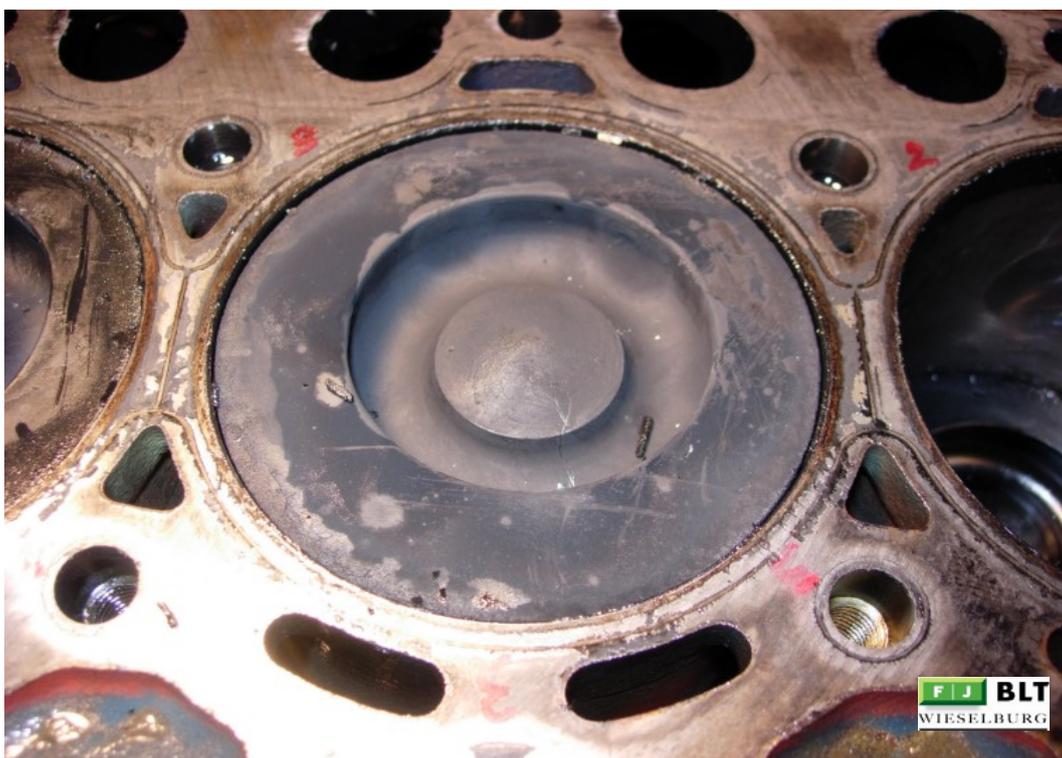


Abbildung 30: 15-OÖ Kolbenboden



Die Kolbenböden wiesen einen leichten Russfilm auf, am Randbereich waren teilweise geringe Verkrustungen zu finden.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Deutz Agrottron 118 wurde im Oktober 2004 bei einer bisherigen Laufleistung von 175 Traktormeterstunden von der Fa Graml mit einem sogenannten Bioka 2-Tank Kraftstoffmanagement System ausgerüstet. Der Traktor wurde im Rahmen des Projekts insgesamt 1730 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Zu Beginn der Umrüstung, sowie erneut Mitte 2005, gab es Probleme mit der Kraftstoffzufuhr. Die Umschalt- und damit verbundenen Spülvorgänge erfolgten zu häufig, daher wurde zuviel Kraftstoff in den relativ kleinen Dieseltank gepumpt. Dieser Mangel wurde seitens des Umrüsters behoben.

Die Leistung und der Kraftstoffverbrauch waren über die Projektlaufzeit sowohl bei Diesel- als auch Pflanzenölbetrieb nahezu konstant.

Über die Laufzeit gesehen verbesserten sich die Stickoxidwerte, sodass sich die zuletzt gemessenen Werte von Rapsöl den Dieselwerten ziemlich annäherten. Bezüglich der Kohlenwasserstoffe blieben die Werte sowohl bei Diesel als auch bei Rapsöl nahezu unverändert, die Kohlenmonoxidemissionswerte verschlechterten sich bei beiden Kraftstoffen.

Die Werte der Partikelemission bei Pflanzenölbetrieb waren deutlich geringer als bei Dieseltankbetrieb und entsprachen dem Durchschnitt aller Traktoren.

Ein durchgängig homogenes Bild ohne Grenzwertüberschreitungen konnte bei den Motorölanalysen hinsichtlich des Viskositäts- und TBN- Verlaufes festgestellt werden. Der Rapsöl- und Russgehalt sowie jener der Verschleißelemente lagen mit einer Ausnahme innerhalb der vorgegebenen Grenzen.

Bei der Kraftstoffqualität gab es in erster Linie bei den Proben aus dem Lagertank Grenzwertüberschreitungen. Die Qualität des Rapsöles aus dem Traktortank konnte im Großen und Ganzen die gesetzten Anforderungen erfüllen.



Die Werte der Kompressionsmessung zu Versuchsbeginn und –ende zeigten nahezu keinen Unterschied. Der gemessene Druckverlust der einzelnen Zylinder lag, mit Ausnahme von Zylinder 3, ebenfalls jeweils im gleichen Bereich.

Die Einspritzdüsen dieses Traktors konnten mit einem herkömmlichen Düsenprüfgerät nur unzureichend untersucht werden. Bei Versuchsbeginn wurde der Düsenöffnungsdruck aus diesem Grund nicht gemessen. Die Enduntersuchung der Düsen zeigte einen Defekt der Düsen von Zylinder zwei und vier. Dieser schlechte Zustand wurde vermutlich durch Trockenbetrieb infolge des Leerfahrens des Fahrzeugtanks bei der Überstellungsfahrt verursacht. Eine Zwischenüberprüfung kurz vor Versuchsende zeigte noch einen guten Düsenzustand.

Die Löcher der Einspritzdüsen waren alle frei. Die Düsen spitzen waren kaum belegt. Der Düsen schaft wies eine geringe Verkrustung auf.

Der Zylinderkopf wies jeweils in den Randbereichen, zur Dichtung hin, eine leichte Verkrustung auf. Der mittlere Bereich war lediglich geschwärzt. Die Ventilflächen waren ebenfalls sauber. Im Abgaskanal befand sich eine nur eine dünne Rußschicht. Im Einlasskanal war eine leichte, feucht aussehende Verkrustung vorhanden.

Die Auslassventile waren unauffällig. Bei den Einlassventilen war durchgehend am Übergang von Ventilteller zum Schaftbereich ein leichter krustenartiger Belag feststellbar.

Der Feuerstegbereich der Laufbüchse war klar abgegrenzt und mit einem dünnen schwarzen Belag versehen. Die Honung der Laufbahn war deutlich sichtbar, der Verschleiß der Laufzeit entsprechend. Die Kolbenböden wiesen einen leichten Russfilm auf, am Randbereich waren teilweise geringe Verkrustungen ersichtlich.





16-NÖ

16-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt 714
Umrüstung:	Dezember 2004
Umrüttlösung:	VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	2.374 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt Vario 714
Motortype	BF6M2013C
Erstmalige Zulassung	20.07.2004
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	BF6M2013C
Anzahl Zylinder	6 in Reihe
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	16,5 Liter
Nennleistung	104 kW
Nenndrehzahl	2100 min ⁻¹
Hubraum	5702 cm ³
Bohrung x Hub	98 x 126 mm
Verdichtungsverhältnis	18,5 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	304 Liter
Eigengewicht	6190 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Dezember 2004
bei TMh	489
Enduntersuchung	November 2007
bei TMh	2.863

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt. Die Leistungskurven waren für beide Kraftstoffe deckungsgleich, der Kraftstoffverbrauch war bei Rapsölbetrieb etwas höher.

Die Abschlussuntersuchung am Prüfstand konnte aufgrund einer Motorölverdickung nicht durchgeführt werden, da der Traktor nach Auftreten des Schadens sofort geöffnet wurde.

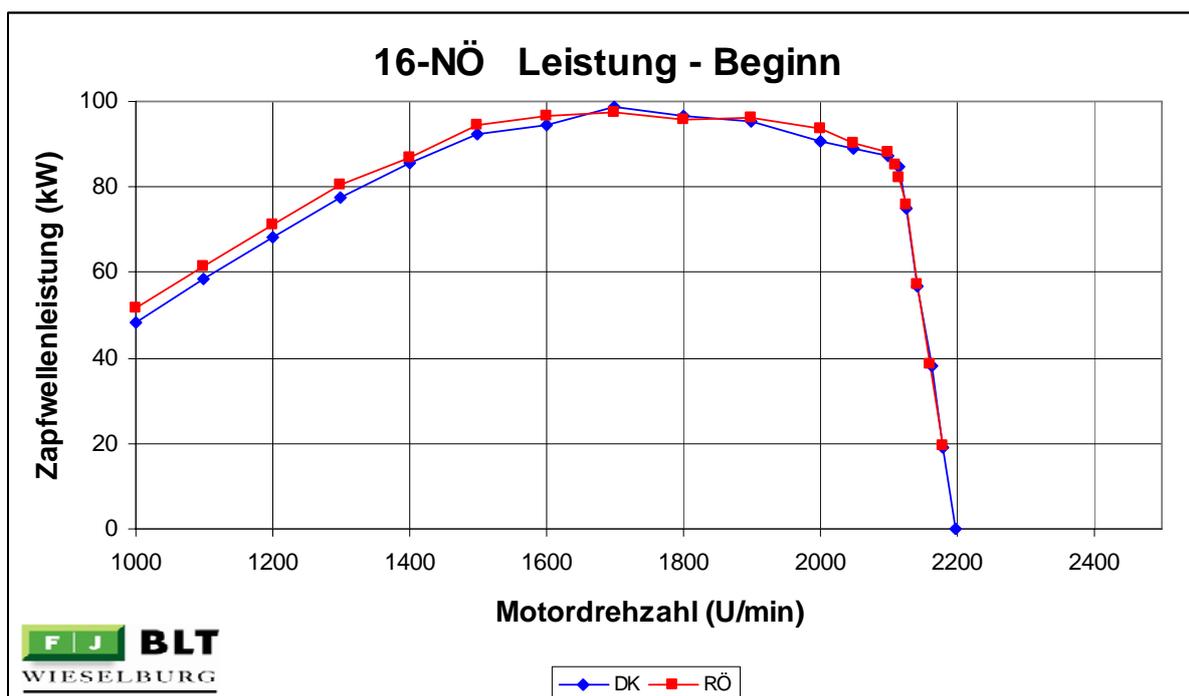


Abbildung 31: 16-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

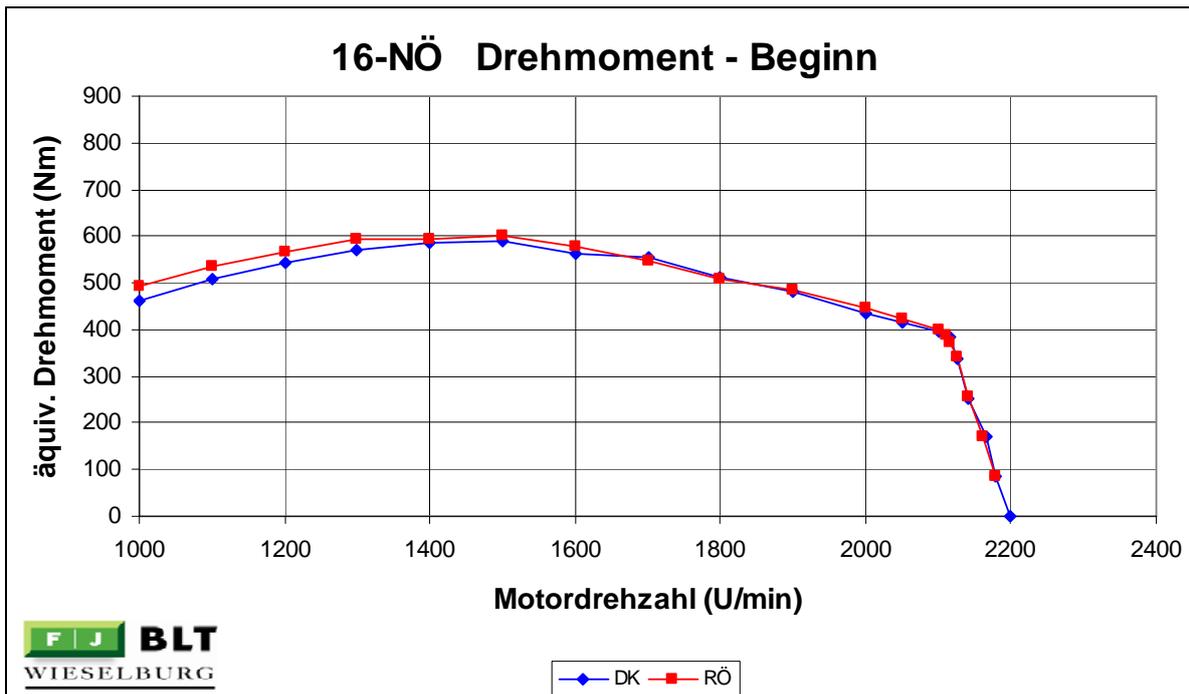


Abbildung 32: 16-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

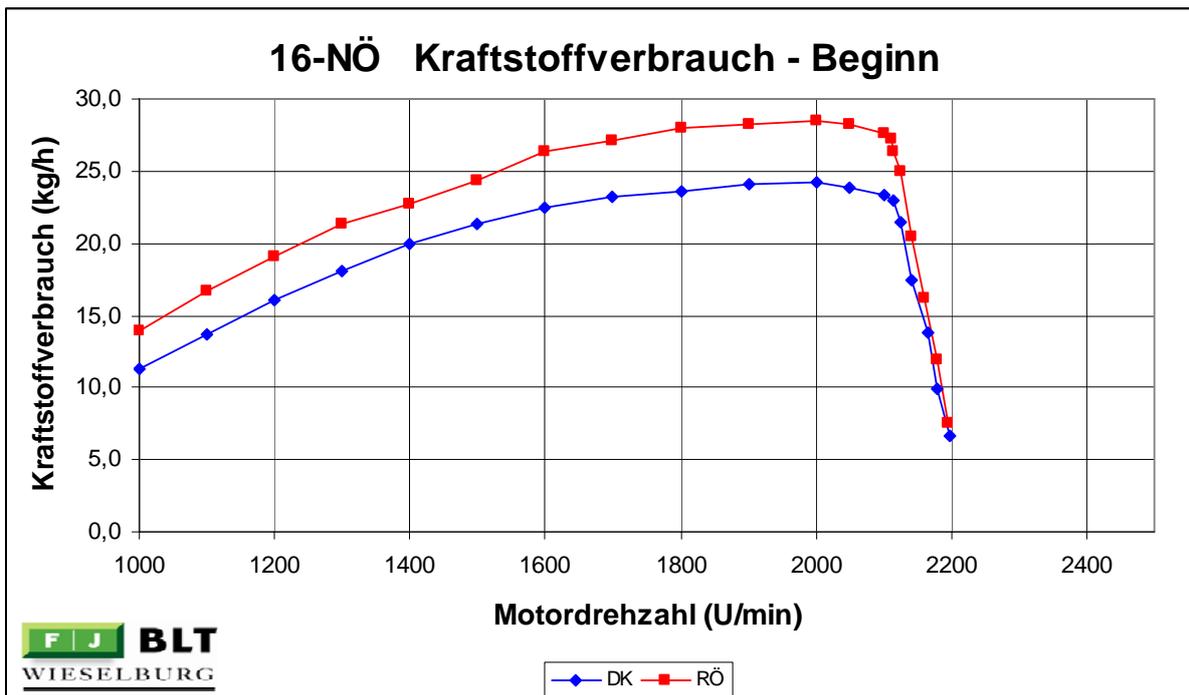


Abbildung 33: 16-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

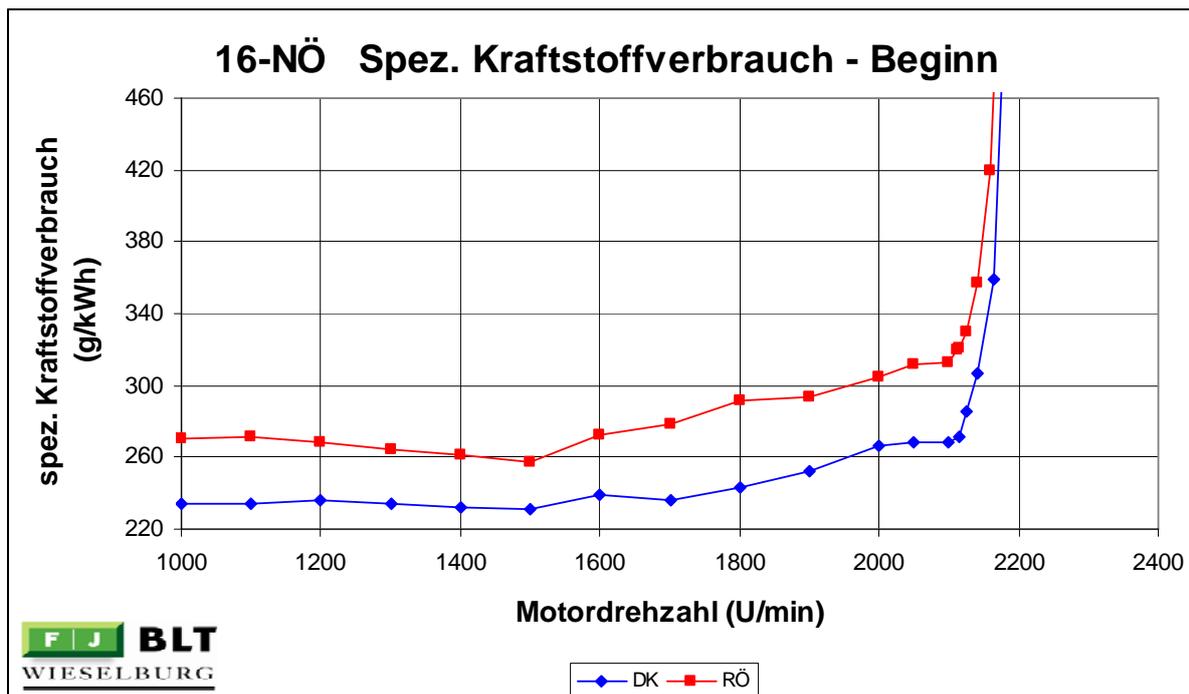


Abbildung 34: 16-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxid- und die Kohlenwasserstoffemissionen waren bei Rapsölbetrieb deutlich geringer als bei Dieselbetrieb. Die Stickoxidemissionen waren typischerweise bei Dieselbetrieb geringer. Eine Emissionsmessung zu Versuchsende konnte aus oben genannten Gründen nicht durchgeführt werden.

Tabelle 10: 16-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Beginn DK
[g/kWh]	11.03.2005	10.03.2005
CO	1,14	1,45
HC	0,19	0,68
NOx	8,36	6,87

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, der Umrüster hat das Intervall auf 250 Betriebsstunden reduziert.

Während der Projektlaufzeit wurden 9 Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 270 TMh, zwei Intervalle nach der Motorölverdickung zu 17 bzw. 71 TMh, sowie ein Intervall bis 99 TMh untersucht. Von 73 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Sport Test durchgeführt. Lediglich 10% der alle 50 TMh geplanten Proben wurden vom Betreiber nicht gezogen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsprobe. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

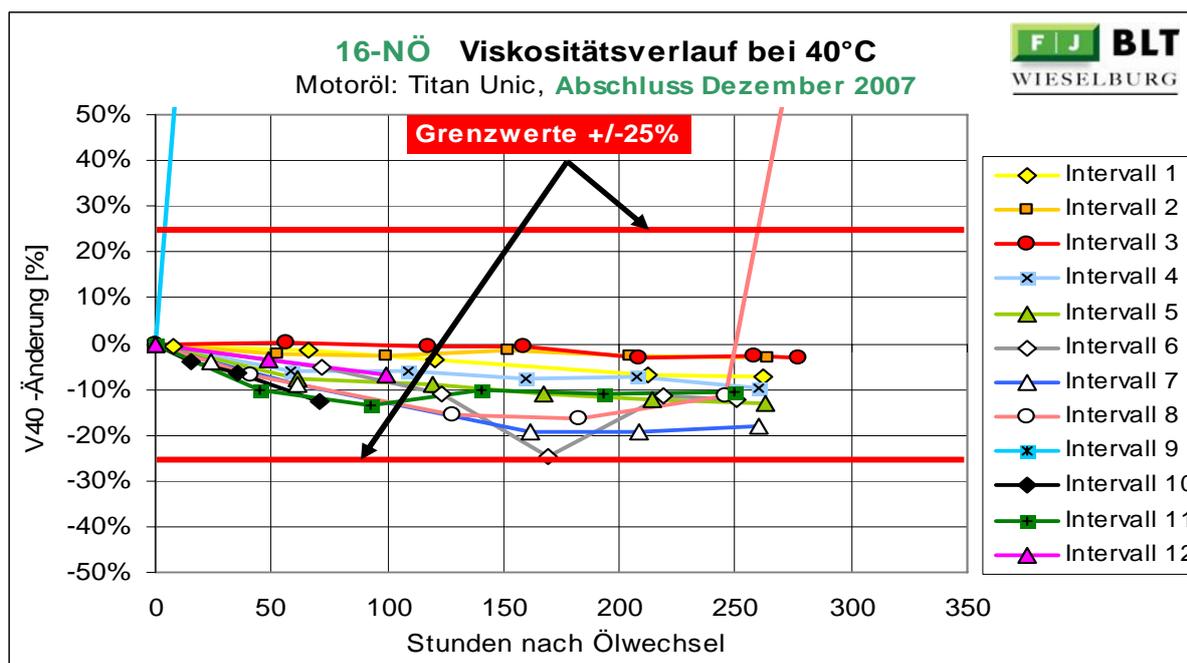


Abbildung 35: 16-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsuntersuchungsergebnisse lagen mit Ausnahme jener zum Zeitpunkt der Ölverdickung innerhalb der vorgegebenen Limitwerte. Eine Annäherung an den unteren Grenzwert im Intervall 6 wurde nach 180 Stunden beobachtet. Bei der darauf folgenden Ölprobe hatte sich der Wert bereits wieder stabilisiert. Die Untersuchung der vorletzten Probe des Intervalls 8 ergab einen Anstieg der Viskosität von mehr als 240%. Jene der Ölwechselprobe konnte gar nicht mehr bestimmt werden. Auch die Probe des folgenden Intervalls wies nach nur 17 Stunden noch einen Anstieg von über 100% auf, worauf das Öl sogleich gewechselt wurde. Ab dem Intervall 10 verlief die Viskosität wieder durchgehend stabil.

Ein ähnliches Bild ergab der Verlauf der Viskosität bei 100°C, wobei hier die von der Ölverdickung nicht betroffenen Intervalle einen sehr homogenen Verlauf aufwiesen. Die Änderung der Viskosität betrug im Intervall 8 90%, im Intervall 10 etwas mehr als 100%.

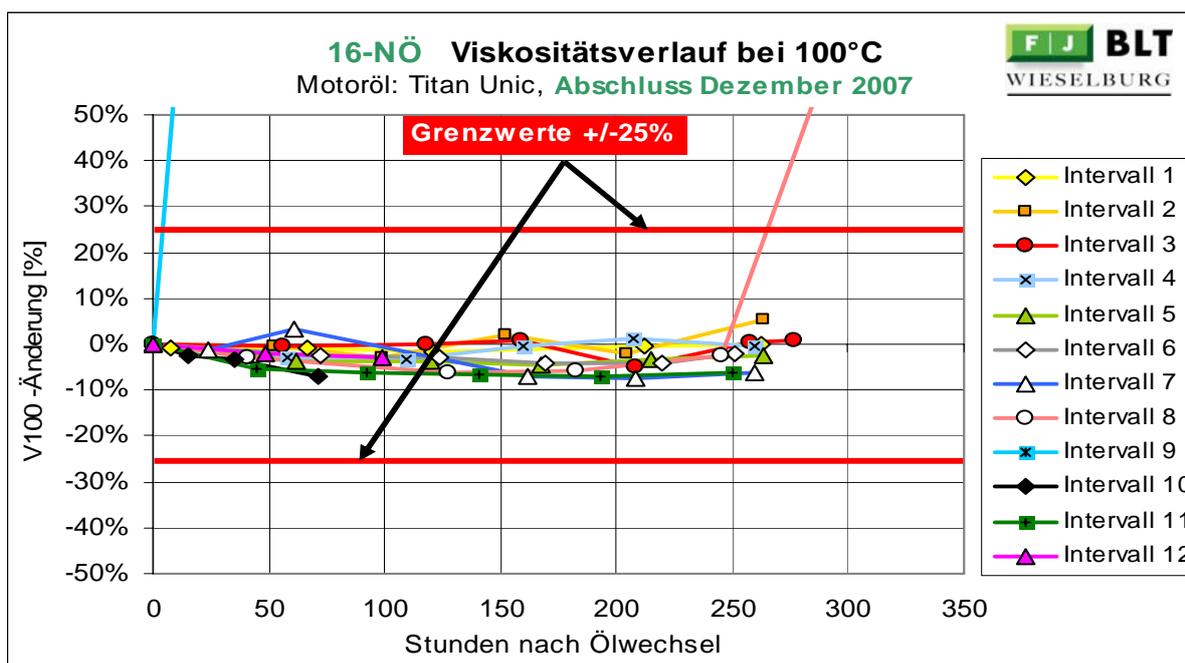


Abbildung 36: 16-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

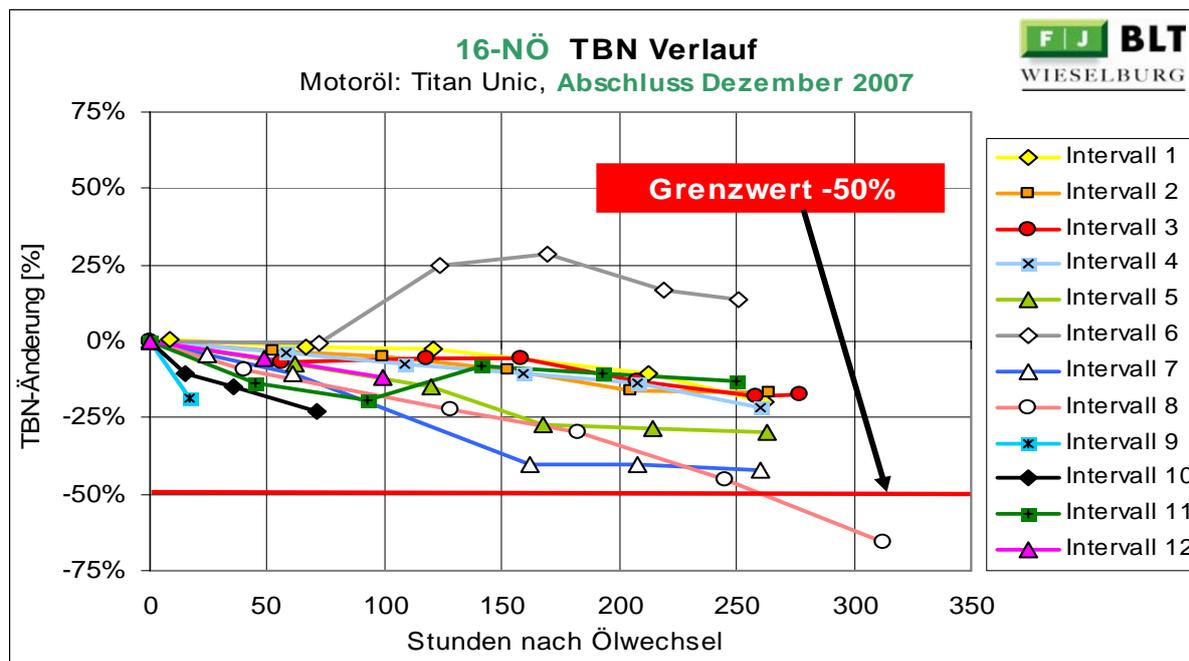


Abbildung 37: 16-NÖ Änderung der Total Base Number

Eine Ausnahme von der typischerweise mit zunehmender Ölalterung abnehmenden Total Base Number war im Intervall 6 sichtbar, wobei die TBN eine Zunahme um bis zu 28% verzeichnete. Eine Unterschreitung des Limitwertes konnte im Intervall 8 festgestellt werden. Die hier untersuchte Probe wies eine Abnahme von 66% bezogen auf die Ausgangsprobe auf.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 22 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden.

Bei der Verschleißgeschwindigkeit gab es Überschreitungen des Blei- und Eisengehaltes in den Intervallen 8 und 9, wobei die Überschreitung von Blei im Intervall 9 mit 6,12 mg/Bh aufgrund der Skalierung nicht dargestellt wurde. Ansonsten konnte der vorgegebene Limitwert von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde durchgehend eingehalten werden.

Beim Russgehalt gab es keine Überschreitungen des Limitwertes von 3%. Der beim Rapsölgehalt festgelegte Grenzwert von 15% wurde in den Intervallen 3, 5 und 8 überschritten.

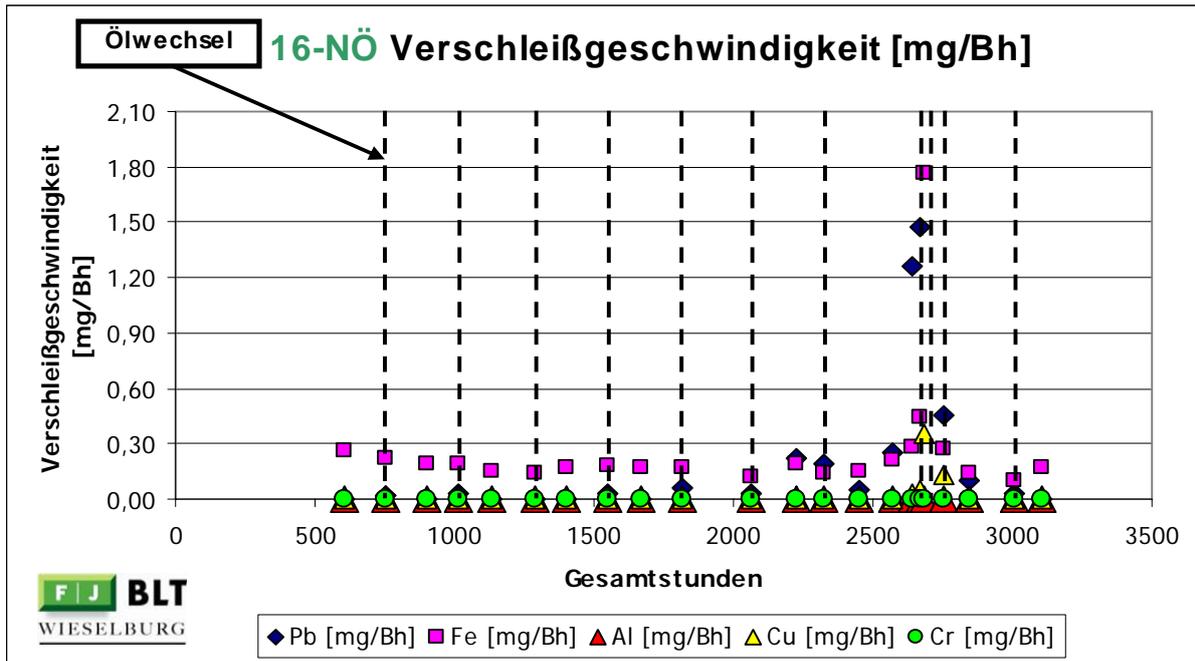


Abbildung 38: 16-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

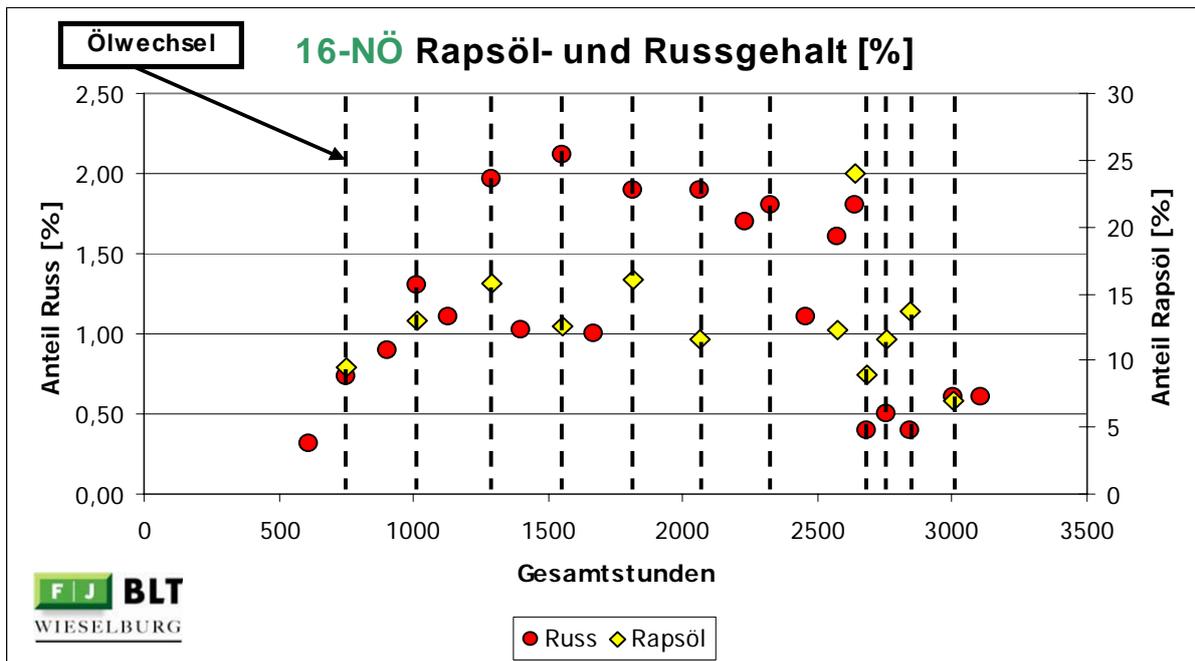


Abbildung 39: 16-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben



Kommentar Fa. Fuchs

Mit Ausnahme eines Intervalls bleiben die meisten physikalisch-chemischen Parameter innerhalb der festgelegten Grenzwerte. Bei Blei gibt es bei einigen der untersuchten Proben erhebliche Überschreitungen des festgelegten Grenzwertes von 10 Milligramm je Kilogramm. Viskosimetrisch fallen zwei der Intervalle komplett aus dem Rahmen, da hier gegen Ende des Intervalls ein massiver Anstieg der Viskosität festgestellt wurde. Im zweiten Fall korreliert dies eindeutig mit einem drastischen Kraftstoffeintrag, der den festgelegten Grenzwert von 15% erheblich überschritten hatte. Ähnlich verhält sich in diesem Intervall die TBN, die im weiteren Verlauf unter die 50% Marke fällt.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle, fünf Proben aus dem Lagertank, sowie sieben Proben aus dem Traktortank gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Anbei sind die entsprechenden Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Die analysierten Proben aus dem Lagertank zeigten bis auf eine einmalige Unterschreitung des Grenzwertes für den Parameter Oxidationsstabilität zu Beginn der Untersuchungen ein zufrieden stellendes Bild.

Tabelle 11: 16-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
01.06.2005	919	34,63	4,10	0,54	4,50	4,62	0,068
02.11.2005	916	34,77	15,85	0,77		6,31	0,066
11.05.2006	918	34,93	7,70	0,53	5,92	2,84	0,060
07.12.2006	920	35,06	14,30	1,17			
06.07.2007	920	35,03	11,68	0,95	7,60	12,21	0,072

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei den Traktortankproben gab es lediglich zwei Grenzwertüberschreitungen. Bei der zweiten analysierten Probe wurde der Grenzwert für die Gesamtverschmutzung überschritten, einmal gegen Ende der Untersuchungsserie wurde der Wassergehaltsgrenzwert nicht eingehalten.

Die Unterschreitung der Dichte bei einer „Winterprobe“ war auf einen hohen Dieselanteil zurückzuführen.

Tabelle 12: 16-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
01.06.2005	918	34,49	10,38	0,55	4,80	0,065	1
02.11.2005	916	35,07	26,93	0,76	5,52	0,066	0
13.12.2005	864	6,70	8,72	0,27	2,12	0,024	63
11.05.2006	918	34,98	11,08	0,95	11,81	0,060	0
07.12.2006	920	34,98	12,13	1,12			0
25.05.2007	920	34,99	4,60	0,65	4,03	0,081	0
06.07.2007	919	34,40	14,06	0,97	11,56	0,065	1



4. Auswertungen Datenlogger

Während der Gesamtbetriebsdauer von 2.374 Stunden wurden 1.990 Betriebsstunden mit einem Datenlogger mitgemessen um zusätzliche Aufzeichnungen über die Auslastung bzw. die Art der Tätigkeiten zu erhalten. Über acht Kanäle wurden die Zündspannung, die Drehzahl, sowie die Temperaturen von Ansaugluft, Motoröl, Kühlflüssigkeit, Kraftstofffilter, Kraftstofftank, sowie die Abgastemperatur in 2-Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

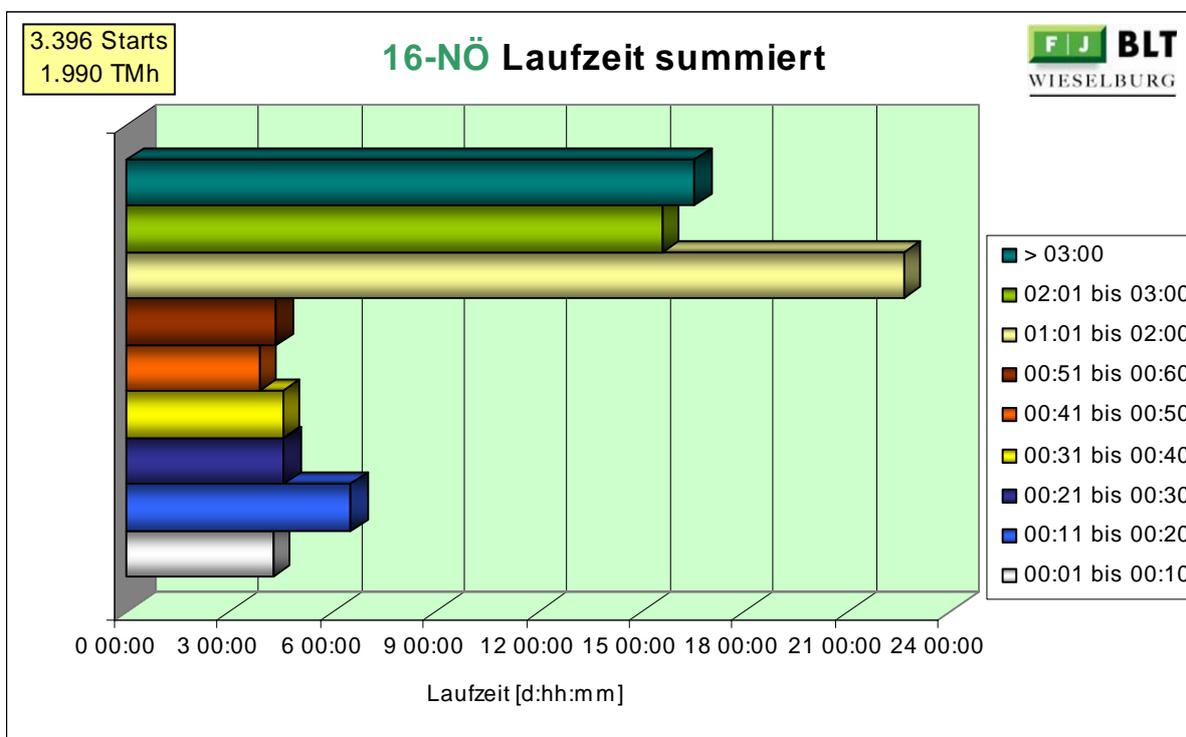


Abbildung 40: 16-NÖ Aufsummierte Laufzeit in verschiedenen Zeitkategorien

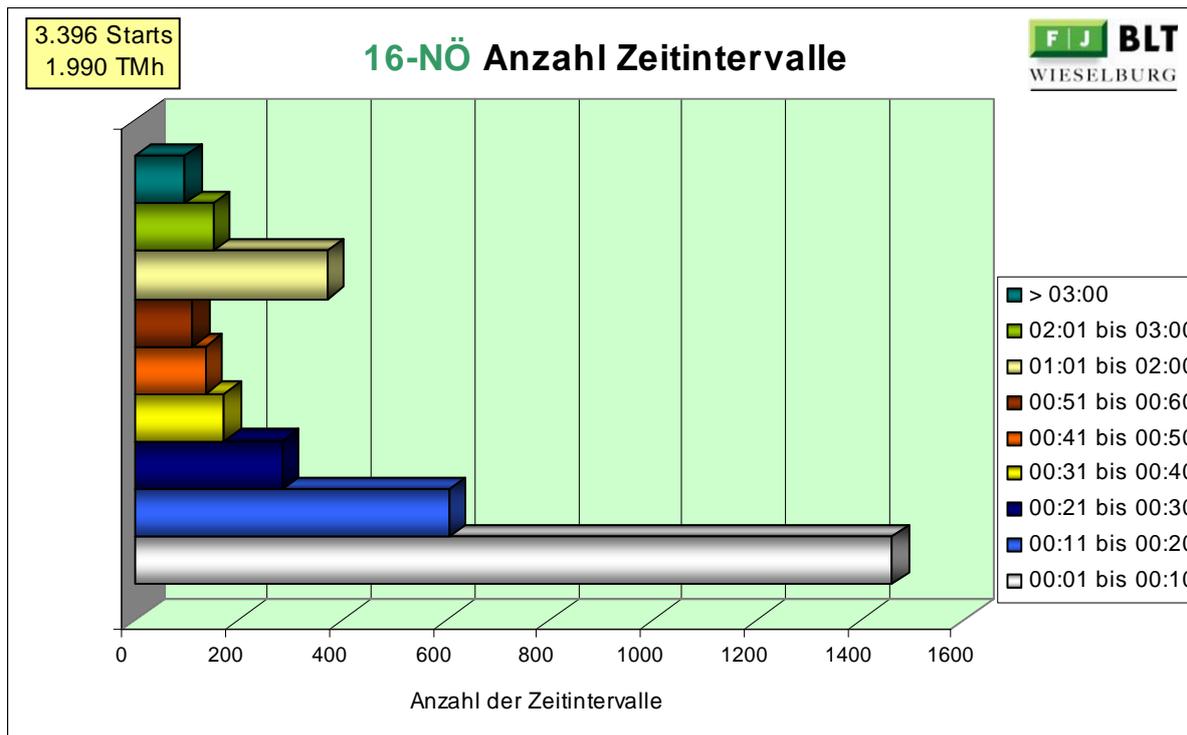


Abbildung 41: 16-NÖ Anzahl der Starts in der jeweiligen Zeitkategorie

Die tatsächliche Messzeit entsprach nicht zwangsläufig der Gesamtlaufzeit des Traktors, da die Messaufzeichnungen nicht lückenlos geführt werden konnten. Der Traktor war am längsten in den Intervallen „eine bis zwei Stunden“, „zwei bis drei Stunden“ und „größer drei Stunden“ in Betrieb. Die meisten Starts – mehr als 1400 (rund 43 % aller Starts) – fielen in die Kategorie „eine bis zehn Minuten“.

Starts mit einer Temperatur der Kühlflüssigkeit bzw. des Motoröles von <50°C wurden als Kaltstarts klassifiziert. Bei diesem Traktor waren von 3.396 aufgezeichneten Starts ca. 25% Kaltstarts.

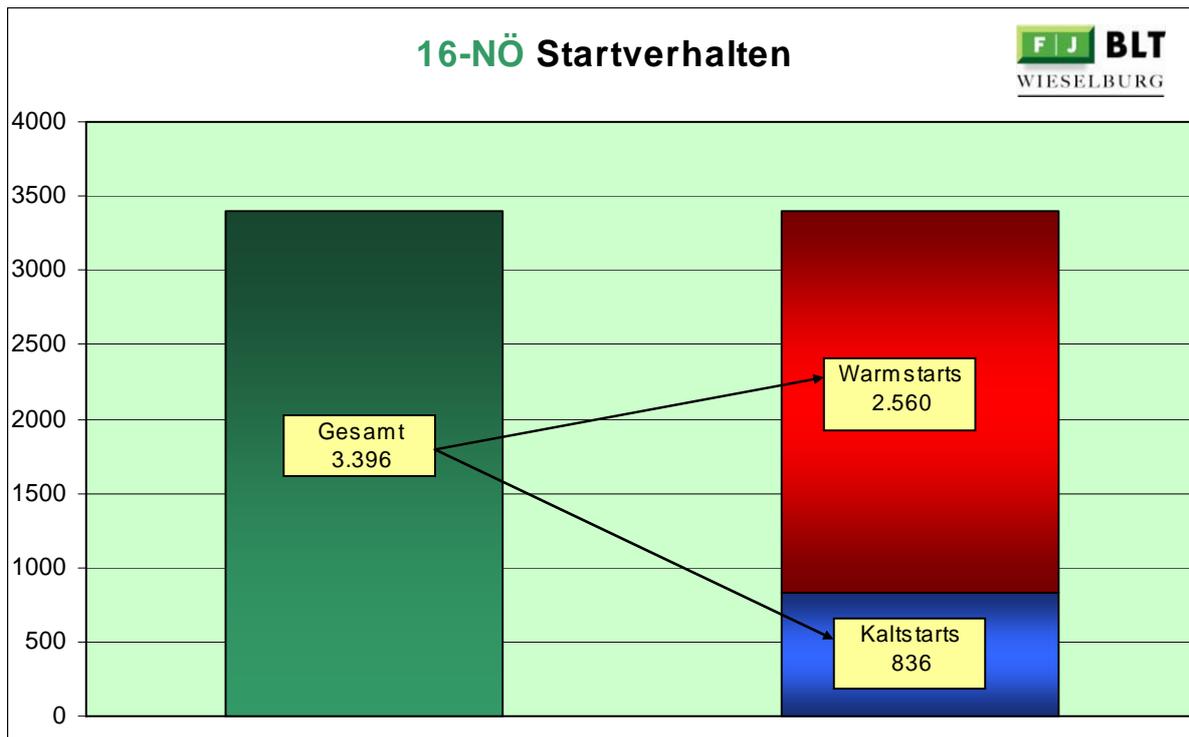


Abbildung 42: 16-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts

Nachfolgend sind die Häufigkeitsverteilungen der Kanäle Motoröl-, Kühlflüssigkeit-, sowie Kraftstofffiltertemperatur dargestellt. Die Auswertungen basieren auf 57.000 bis 61.000 Einzelmesswerten.

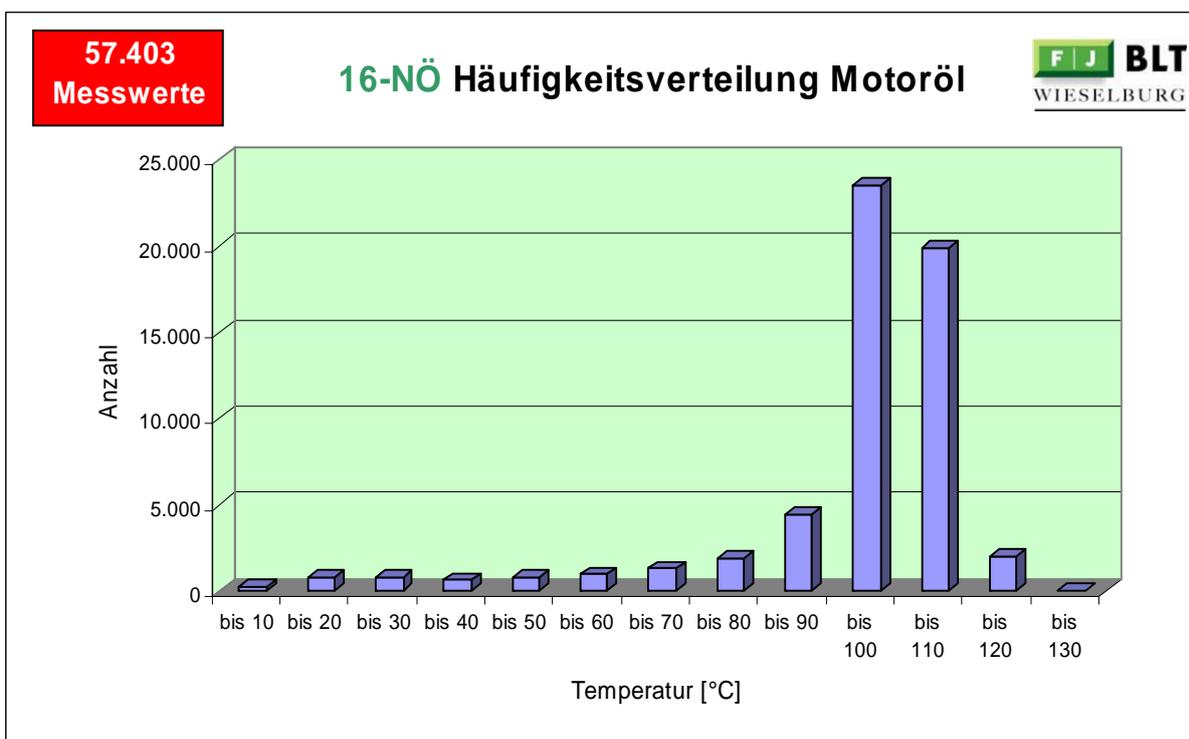


Abbildung 43: 16-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur

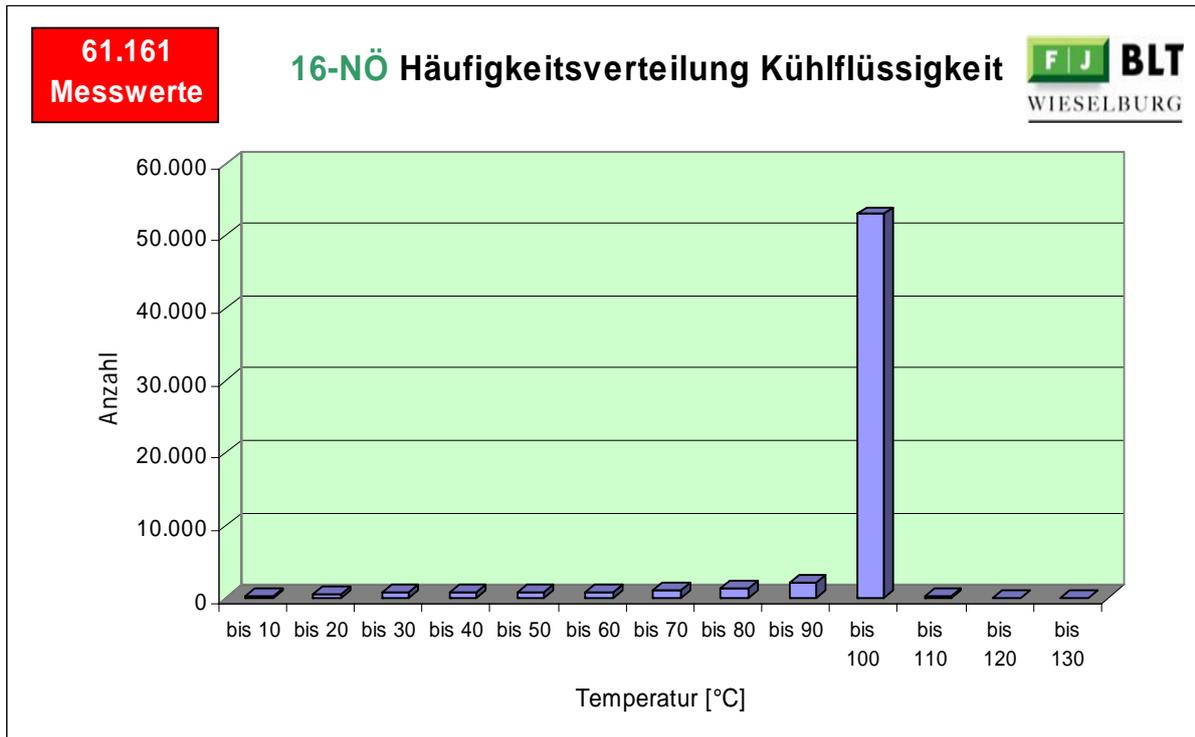


Abbildung 44: 16-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur

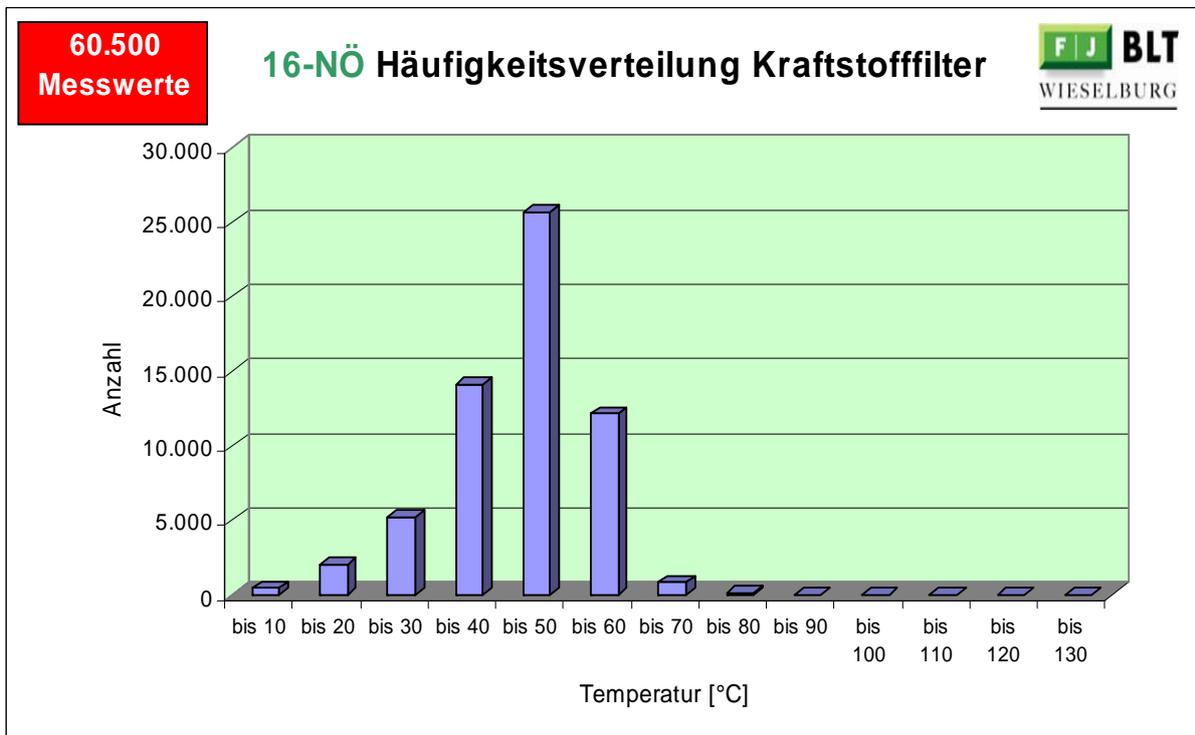


Abbildung 45: 16-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur



Die Histogramme der Motoröltemperaturen zeigen ein eindeutiges Temperaturmaximum zwischen 90 und 110°C. Noch mehr konzentrieren sich die Messwerte der Kühlflüssigkeit in der Kategorie „90-100°C“. Die Charakteristik der Häufigkeitsverteilung der Temperatur der Kühlflüssigkeit ergibt sich durch das Öffnen des Thermostates bei der vorgegebenen Temperatur. Die Säulendiagramme der Kraftstofffiltertemperatur sind etwas weiter gestreut. Die drei Haupttemperaturklassen liegen hier zwischen 30 – 60°C.



5. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einem Zeitraum von 21 Monaten 2.360 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert. Die Aufzeichnungen hinsichtlich des Auslastungsprofils wurden nicht ordnungsgemäß geführt und entsprechen nicht der Gesamtstundenanzahl. Es wurden insgesamt 31.894 Liter Rapsöl und 553 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 13,75 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 2% während der Projektlaufzeit. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich.

Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

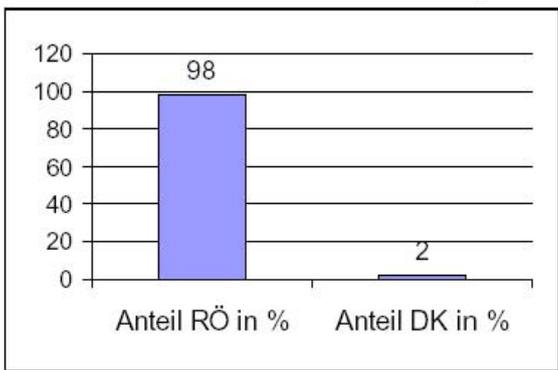
Fahrzeug: 16 Fendt Vario 714



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 24. Feb. 05 bei TMh: 493,4
 Letzter Eintrag: 26. Nov. 07 bei TMh: 2853,8 TMh lt. Traktortagebuch: **2360,4**

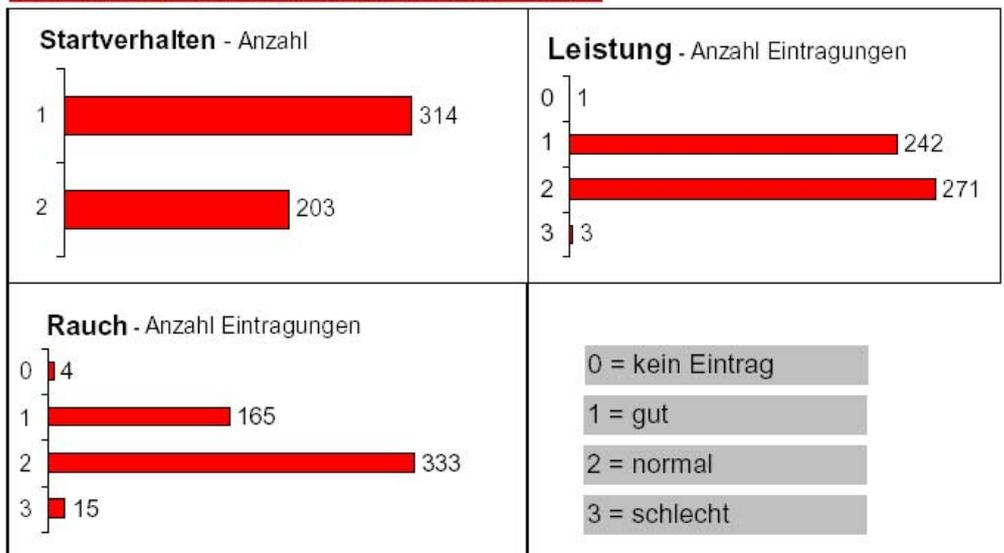
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 519



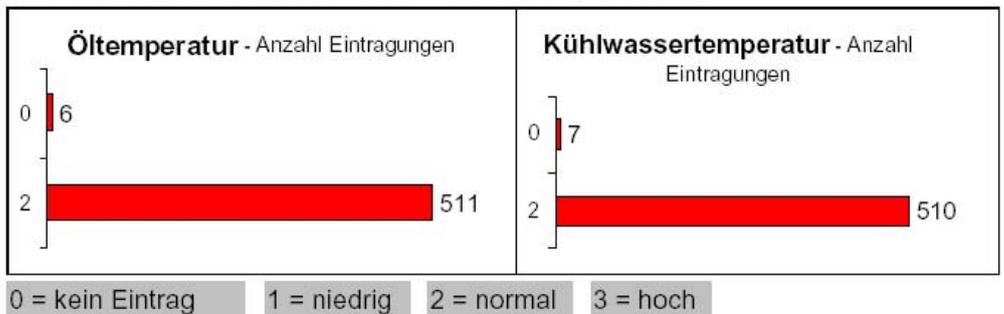
Tankmengen:

Diesel in l: 553
 Rapsöl in l: 31894
 durchschnittlicher Verbrauch/h:
13,75

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



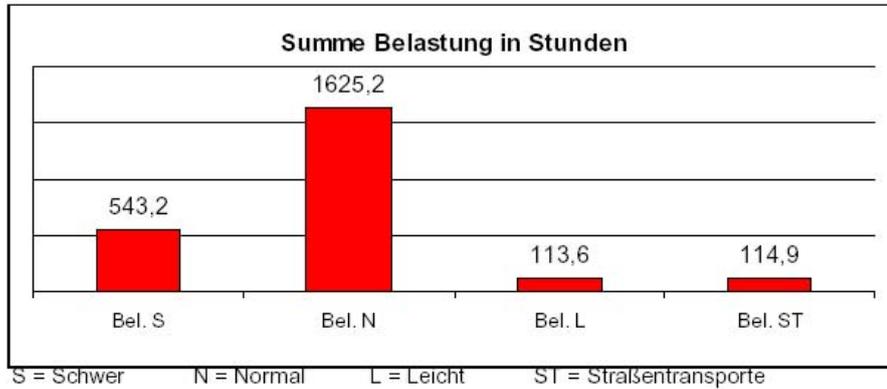


Traktortagebuch

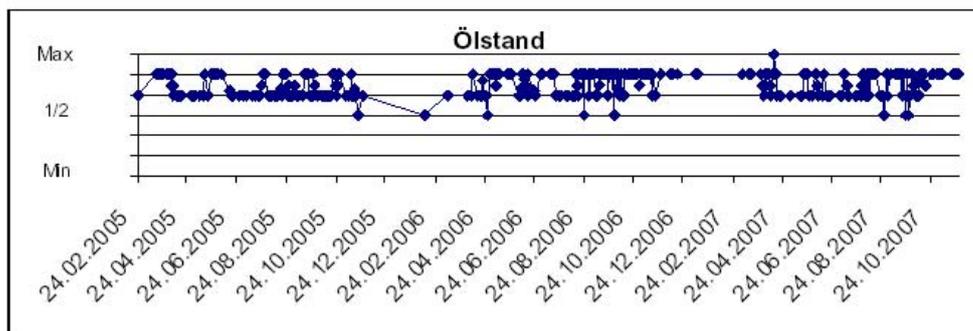
Fahrzeug: 16 Fendt Vario 714



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



6. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. untersucht. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Tabelle 13: 16-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	22	30	14	5	300	295	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	21	30	16	7	300	295	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	22	31	14	6	300	300	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	24	30	12	6	300	295	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	22	30	12	5	300	300	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	25	30	10	6	300	295	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Messung von Kompression und Druckverlust im Brennraum bei Versuchsende zeigte deutlich verbesserte Ergebnisse. Der Düsenöffnungsdruck blieb nahezu unverändert.

Der Schaftbereich der Einspritzdüsen war teilweise mit einer Belagkruste versehen. Die Düsenspitzen waren massiv verkrustet, die Löcher waren jedoch allesamt frei.



Abbildung 46: 16-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

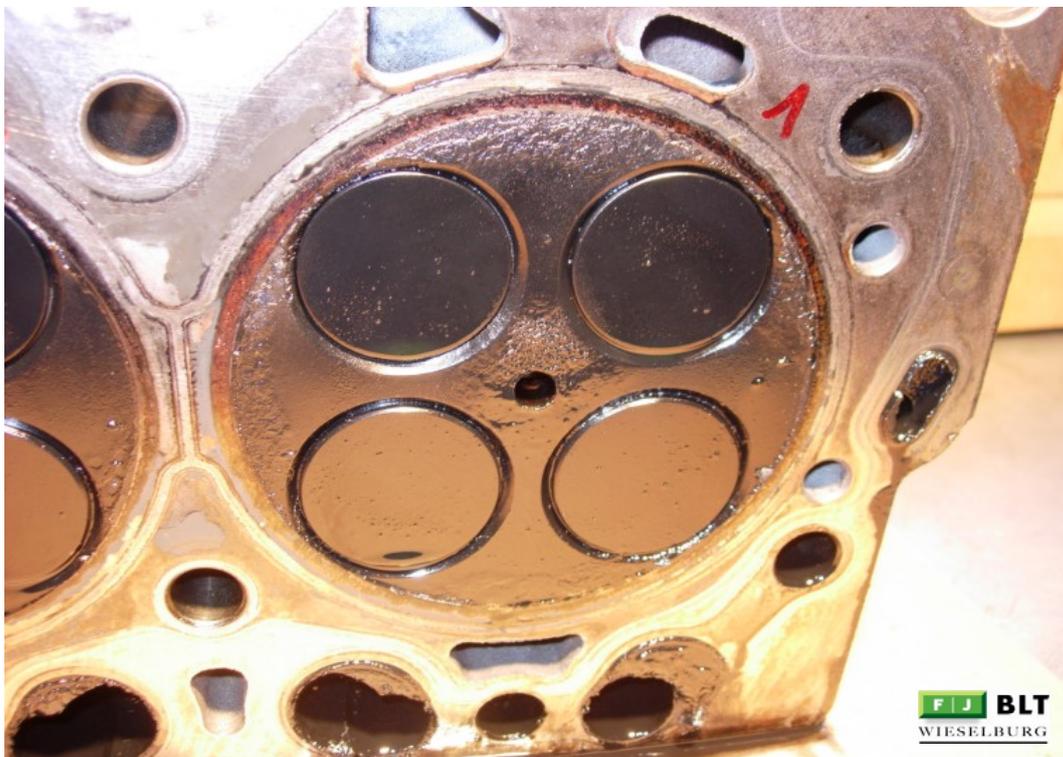


Abbildung 47: 16-NÖ Zylinderkopf

Aufgrund einer Eindickung des Motoröles wurde der Motor des Traktors ohne Endvermessung bezüglich Leistung und Emissionen vorzeitig geöffnet. Um das Ausmaß der Verschlammung des Motors feststellen und eine entsprechende Reinigung durchführen zu können, wurde auch die Ölwanne demontiert und die Kolben gezogen.

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Im Mittelteil, rund um die Düse, sowie in den Randbereichen war teilweise eine Kruste vorhanden.



Abbildung 48: 16-NÖ Einlassventile

Die Einlassventile waren am Übergang vom Ventilteller und im Schaftbereich mit einer durchgehenden Belagskruste überzogen. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt und nicht belegt.



Abbildung 49: 16-NÖ Auslassventile

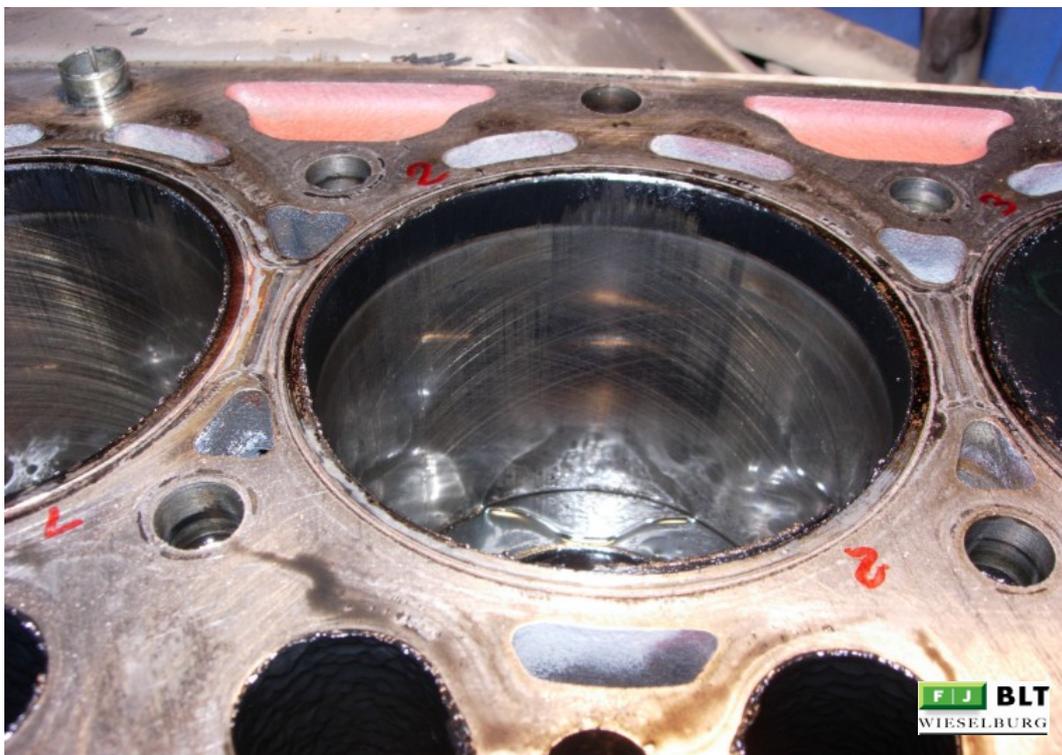


Abbildung 50: 16-NÖ Zylinderlaufbüchse

Der Feuerstegbereich war im Wesentlichen bei allen Zylindern klar abgegrenzt. Allerdings war in allen Zylindern der schwarze, feucht glänzende Koksbelag teilweise

abgetragen, was Schleifspuren und eine leichte Spiegelbildung in den Laufbüchsen zur Folge hatte. Vor allem bei den Zylindern 1 und 6 waren die Schleifspuren deutlicher ausgeprägt. Im Zylinder 4 waren bereits Riefen über die gesamte Hublänge sichtbar. Die Honspuren der Laufbüchsen waren noch sichtbar.

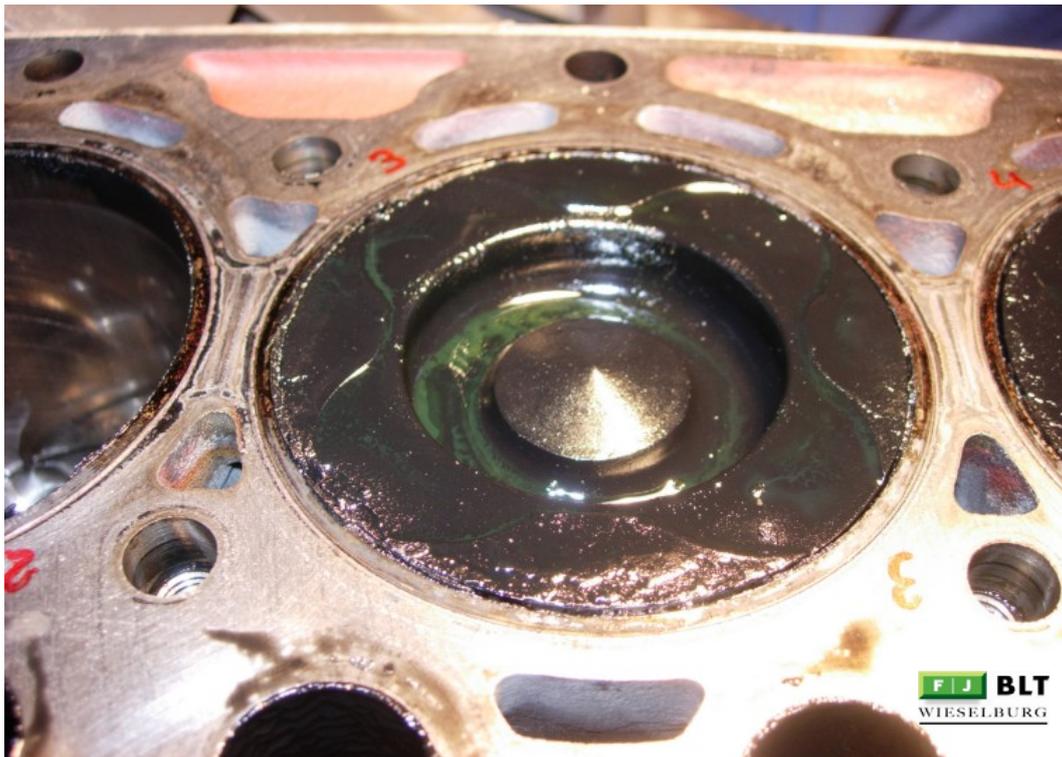


Abbildung 51: 16-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen feuchten Belag überzogen, der in den Randbereichen teilweise in eine Belagkruste überging.



Abbildung 52: 16-NÖ Ölversorgung Turbolader

Die Ölversorgungsleitung des Turboladers war im Flanschteil stark zugewachsen.

Die Ventilsteuerung war mit einer dicken Ölschlammschicht überzogen. Die Einspritzleitungen, welche durch den Zylinderkopf und durch die Ventilsteuerung durchgeführt werden, waren ebenfalls mit einer Ölschlammschicht überzogen. Die Dichtringe der Leitungsteile von Zylinder 3 und 5 zeigten abgewaschene Stellen, wonach ein Defekt der Dichtringe, welcher einen vermehrten Kraftstoffeintrag zur Folge hatte, vermutet werden konnte.

Die Pleuellager waren in einem der Laufzeit entsprechenden Zustand. Die Ölwanne wies keine Rückstände auf.

Der Feuerstegbereich der Kolben zeigte einen massiven Belag, welcher durch Kontakt mit dem Koks der Büchse stellenweise abgetragen wurde. Der Belag war spröde und konnte ohne große Mühe entfernt werden. Der Bereich zwischen erstem und zweitem Kolbenring war ebenfalls stark belegt. Der Nutgrund aller drei Kolbenringe war geschwärzt.

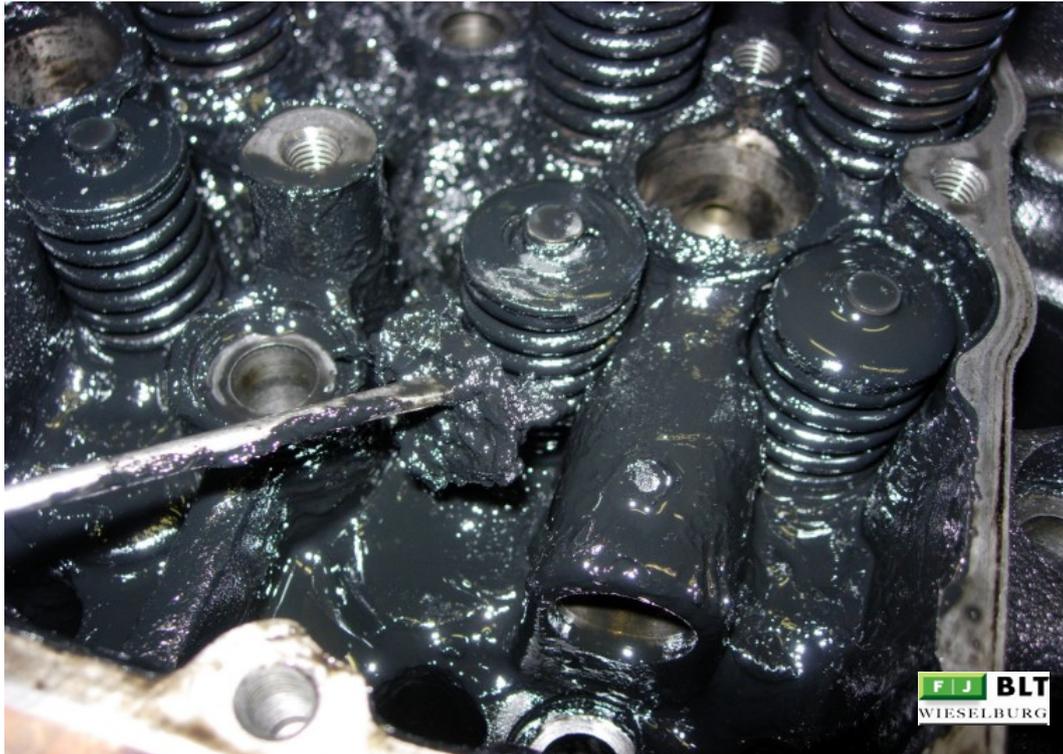


Abbildung 53: 16-NÖ Ventilfedern



Abbildung 54: 16-NÖ Kolben



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt Vario 714 wurde im Dezember 2004 bei einer bisherigen Laufleistung von 489 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1 – Tank System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 2.374 Traktormeterstunden mit dieser Umrüstung betrieben.

Die Ergebnisse der Leistungs- und Emissionsmessung zu Versuchsbeginn zeigten, dass es kaum Leistungsunterschiede bei Betrieb mit Diesel oder Rapsöl gab. Die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen waren bei Rapsölbetrieb wesentlich geringer. Die Stickoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb erwartungsgemäß höher als bei Dieselbetrieb.

Mit Ausnahme des Wechselintervalls mit der Motorölverdickung und dem nachfolgenden Intervall konnten hinsichtlich der Motorölanalysen die Grenzwerte bezüglich Viskositätsänderung und Total Base Number, sowie die Verschleißgeschwindigkeit eingehalten werden. Der Russgehalt bewegte sich durchgehend unterhalb des vorgesehenen Limitwertes von 3%. Dasselbe galt - mit Ausnahme des „Problemintervalls“ - auch für den 15 %-igen Grenzwert des Rapsölgehalt.

Hinsichtlich der Rapsölqualität gab es bei den Proben aus der Ölmühle lediglich zu Beginn des Projektes Grenzwertüberschreitungen beim Parameter Gesamtverschmutzung. Einzelne Überschreitungen gab es noch beim Wassergehalt. Kaum Überschreitungen gab es bei den Lagertank- und Traktortankproben – hier konnte bis auf wenige Ausnahmen - die von der österreichischen Kraftstoffverordnung geforderte Qualität eingehalten werden.

Die Auswertungen der Daten aus dem Datenlogger zeigten, dass der Traktor hauptsächlich in den Betriebszeitkategorien über einer Stunde betrieben wurde. Die Temperaturhistogramme wiesen keine Auffälligkeiten auf. Rund ein Viertel aller Starts entfiel auf die Kategorie Kaltstart.



Die Messung von Kompression und Druckverlust im Brennraum bei Versuchsende zeigte deutlich verbesserte Ergebnisse. Der Düsenöffnungsdruck blieb nahezu unverändert. Der Schaftbereich der Einspritzdüse war teilweise mit einer Belagkruste versehen. Die Düsen spitzen waren massiv verkrustet, die Löcher jedoch allesamt frei.

Aufgrund einer Eindickung des Motoröles wurde der Motor des Traktors ohne Endvermessung bezüglich Leistung und Emissionen vorzeitig geöffnet. Um das Ausmaß der Verschlammung des Motors feststellen und eine entsprechende Reinigung durchführen zu können, wurde die Ölwanne demontiert und die Kolben gezogen.

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Im Mittelteil, rund um die Düse, sowie in den Randbereichen war teilweise eine Kruste vorhanden. Die Einlassventile waren am Übergang vom Ventilteller und im Schaftbereich mit einer durchgehenden Belagskruste überzogen. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt und nicht belegt.

Der Feuerstegbereich war im Wesentlichen bei allen Zylindern klar abgegrenzt. Allerdings war an allen Zylindern der schwarze, feucht glänzende, Koksbelag teilweise abgetragen, was Schleifspuren und eine leichte Spiegelbildung in den Laufbüchsen zur Folge hat. Vor allem bei den Zylindern 1 und 6 waren die Schleifspuren deutlicher ausgeprägt. Im Zylinder 4 waren bereits Riefen über die gesamte Hublänge sichtbar. Die Honspuren der Laufbüchsen waren noch sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen feuchten Belag überzogen, der in den Randbereichen teilweise in eine Belagkruste übergeht.

Die Ölversorgungsleitung des Turboladers war im Flanschteil stark zugewachsen.

Die Ventilsteuerung war mit einer dicken Ölschlammsschicht überzogen. Die Einspritzleitungen, welche durch den Zylinderkopf und durch die Ventilsteuerung durchgeführt werden, waren ebenfalls mit einer Ölschlammsschicht überzogen. Die Dichtringe der Leitungsteile von Zylinder 3 und 5 zeigten abgewaschene Stellen, wonach ein Defekt der Dichtringe, welcher einen vermehrten Kraftstoffeintrag zu Folge hat, vermutet werden konnte.



Die Pleuellager waren in einem der Laufzeit entsprechenden Zustand. Die Ölwanne wies keine Rückstände auf.

Der Feuerstegbereich der Kolben zeigte einen massiven Belag, welcher durch Kontakt mit dem Koks der Büchse stellenweise abgetragen wurde. Der Belag war spröde und konnte ohne große Mühe entfernt werden. Der Bereich zwischen ersten und zweiten Kolbenring war ebenfalls stark belegt. Der Nutgrund aller drei Kolbenringe war geschwärzt.



17-NÖ

17-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt 714
Umrüstung:	Februar 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	2.618 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt Vario 714
Motortype	BF6M2013C
Erstmalige Zulassung	20.07.2004
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	975303
Anzahl Zylinder	4 Takt Diesel in Reihe
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	16,5 Liter
Nennleistung	104 kW
Nenn Drehzahl	2100 min ⁻¹
Hubraum	5702 cm ³
Bohrung x Hub	98 x 126 mm
Verdichtungsverhältnis	18,5 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	304 Liter
Eigengewicht	6190 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Februar 2005
bei TMh	616
Enduntersuchung	Mai 2008
bei TMh	3.234

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unternommen. Es wurde jeweils eine Vollastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Zu Beginn des Projektes konnte bei beiden Kraftstoffen annähernd dieselbe Leistungskurve gemessen werden, wobei jene mit Dieselkraftstoff eine etwas geringere Leistung aufwies. Über die Projektlaufzeit war die Leistung bei Rapsöl- und Dieselbetrieb geringer geworden, bei Dieselbetrieb war der Leistungsverlust noch deutlicher ausgeprägt.

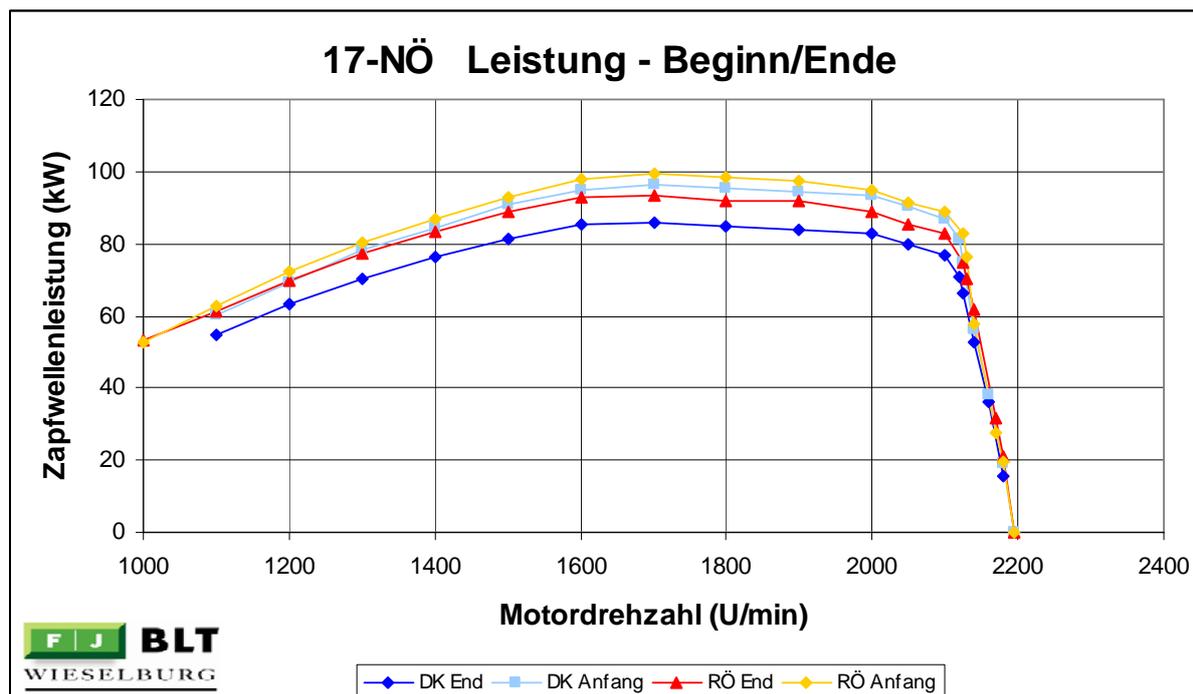


Abbildung 55: 17-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

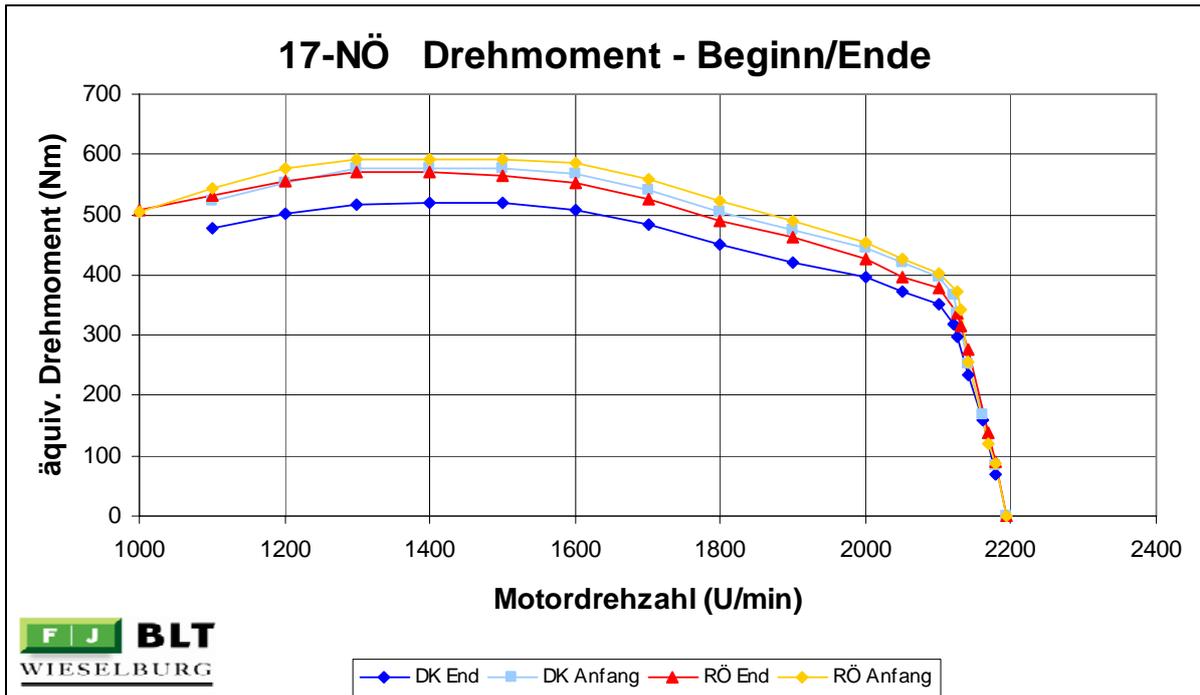


Abbildung 56: 17-NÖ Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

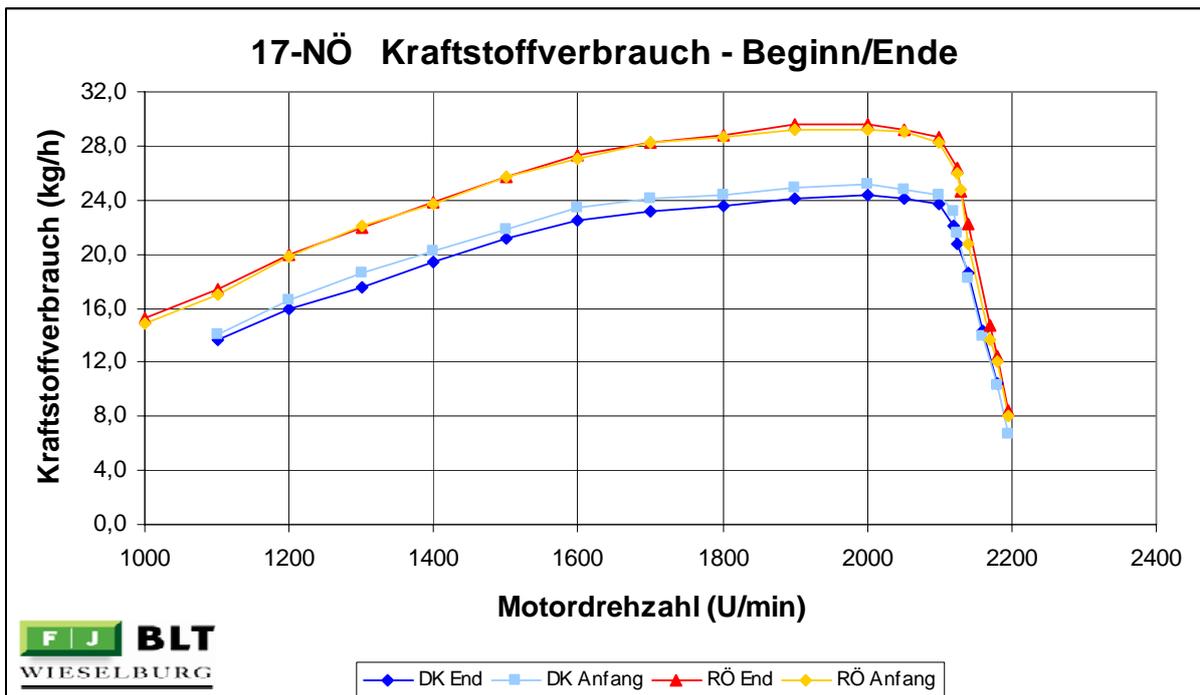


Abbildung 57: 17-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

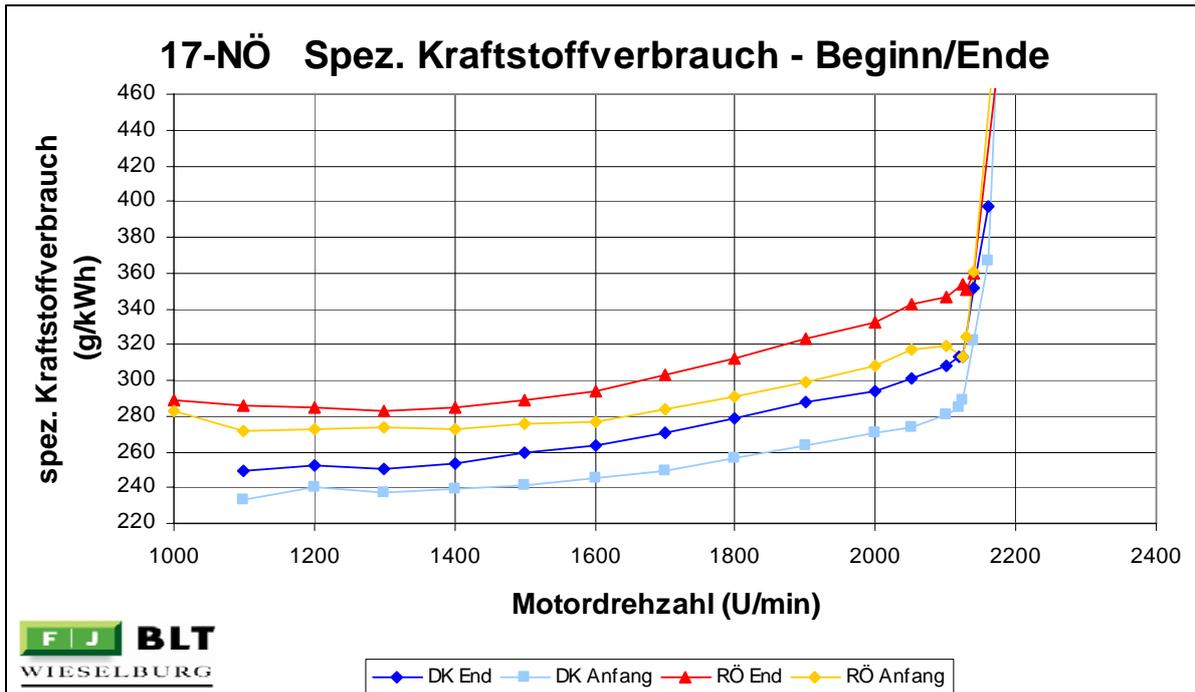


Abbildung 58: 17-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Zu Versuchsende wurde bei beiden Kraftstoffen ein geringfügiges Absinken der Blow-by Werte beobachtet.

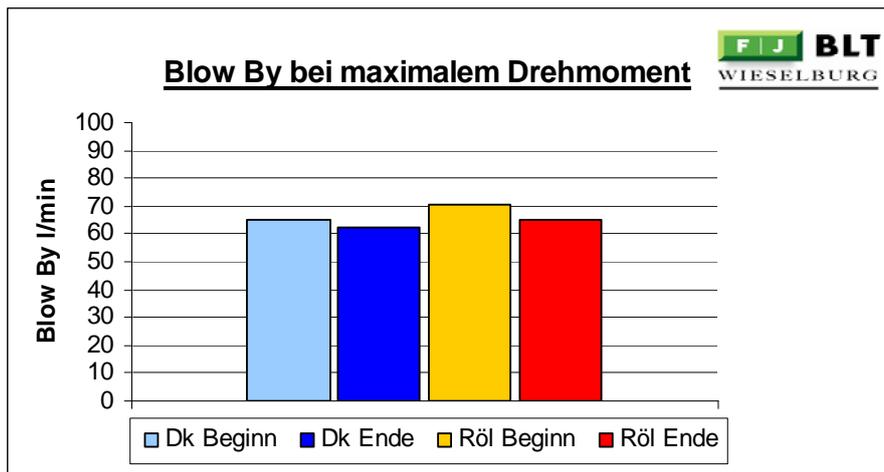


Abbildung 59: 17-NÖ Blow By bei maximalen Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen waren sowohl zu Versuchsbeginn als auch zu –ende bei Rapsölbetrieb deutlich niedriger als bei Dieselbetrieb. Bei den NO_x-Emissionen lagen die Werte bei Rapsölbetrieb erwartungsgemäß über denen des Dieselbetriebes.

Tabelle 14: 17-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Beginn DK	Ende RÖ	Ende DK
[g/kWh]	17.03.2005	17.03.2005	29.04.2008	30.04.2008
CO	0,95	1,31	1,05	1,45
HC	0,18	0,67	0,15	0,78
NO _x	8,00	6,90	8,02	6,64

Partikelmessung

Neben der Emissionsmessung wurde im Rahmen der Enduntersuchung auch eine Partikelmessung mit dem „AVL Smart Sampler SPC 972“ durchgeführt, um zusätzliche Informationen über das Abgasverhalten zu erhalten. Es wurden jeweils zwei Messungen mit Diesel und Rapsöl durchgeführt.

Tabelle 15: 17-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	2. Messung	Datum
RÖ	0,162	0,148	29.04.2008
DK	0,386	0,323	30.04.2008

Die Partikelmasseemissionen waren bei Dieselbetrieb mehr als doppelt so hoch als bei Rapsölbetrieb. Insgesamt lagen die Partikelemissionen bei Rapsölbetrieb verglichen mit den übrigen Traktoren im Durchschnitt.

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte hatte der Umrüster auf 250 Betriebsstunden eingeschränkt.

Während der Projektteilnahme wurden 10 Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 249 TMh sowie zwei Intervalle 49 und 50 TMh (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 77 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Sport Test durchgeführt. Die alle 50 TMh geplanten Motorölproben wurden sehr regelmäßig gezogen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

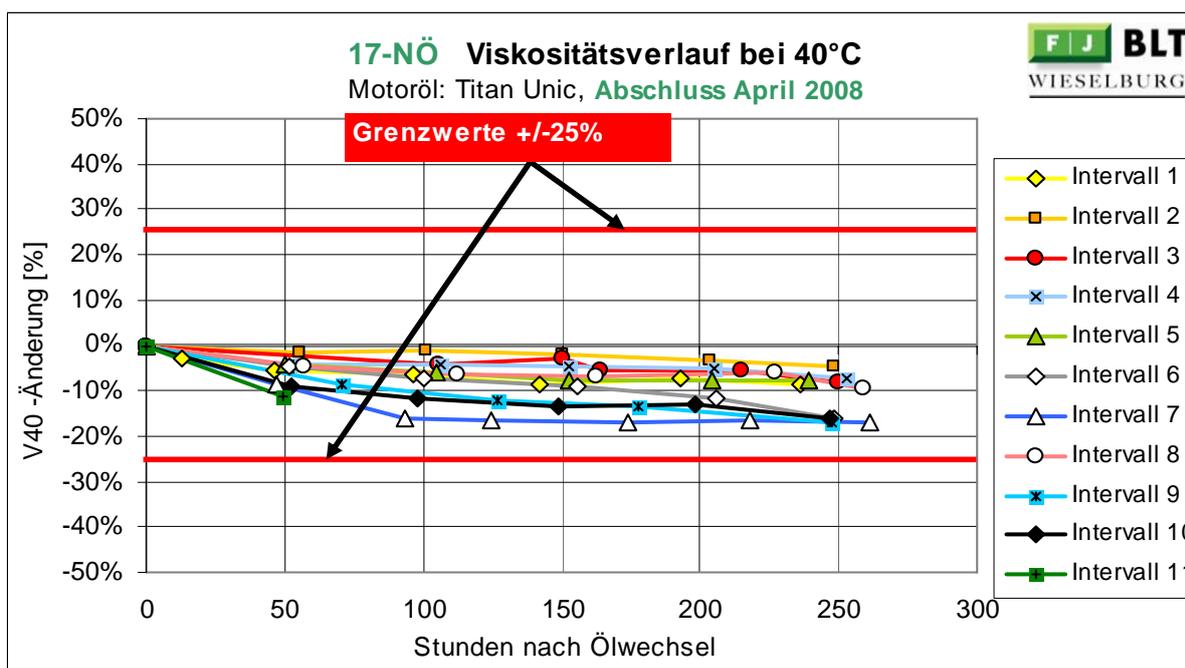


Abbildung 60: 17-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Hinsichtlich der Viskosität bei 40°C und bei 100°C konnten keine auffälligen Ergebnisse festgestellt werden. Die entsprechenden Untersuchungswerte blieben bei allen Intervallen innerhalb der vorgegebenen Limitwerte einer maximalen Ab- bzw. Zunahme von 25%.

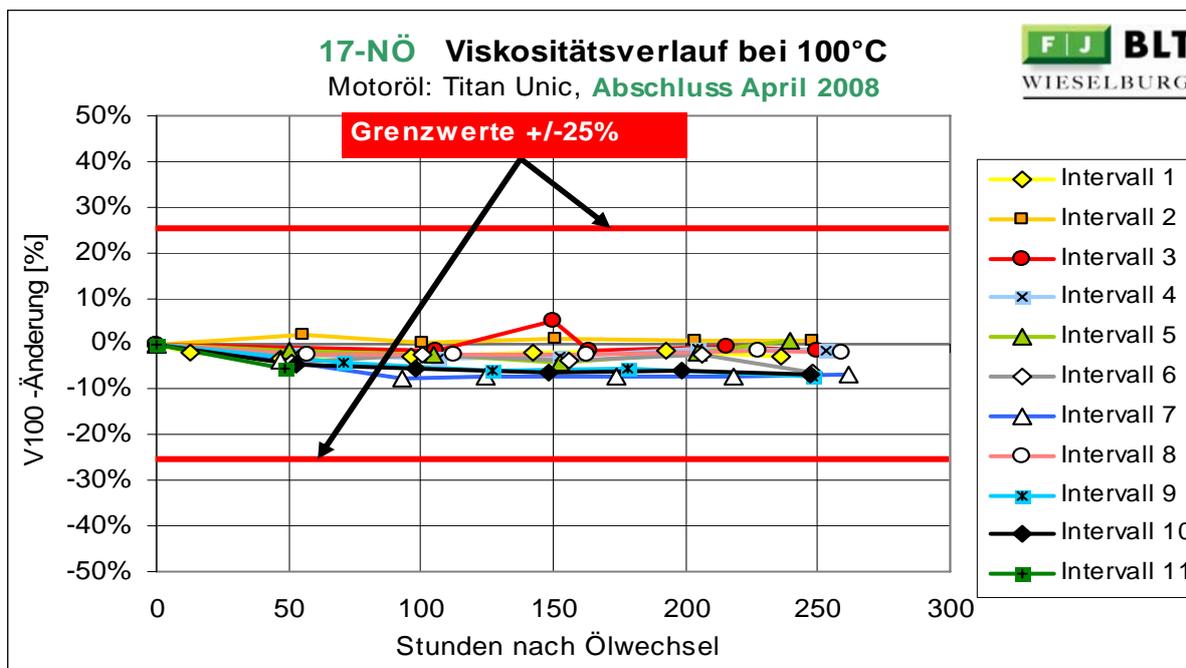


Abbildung 61: 17-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

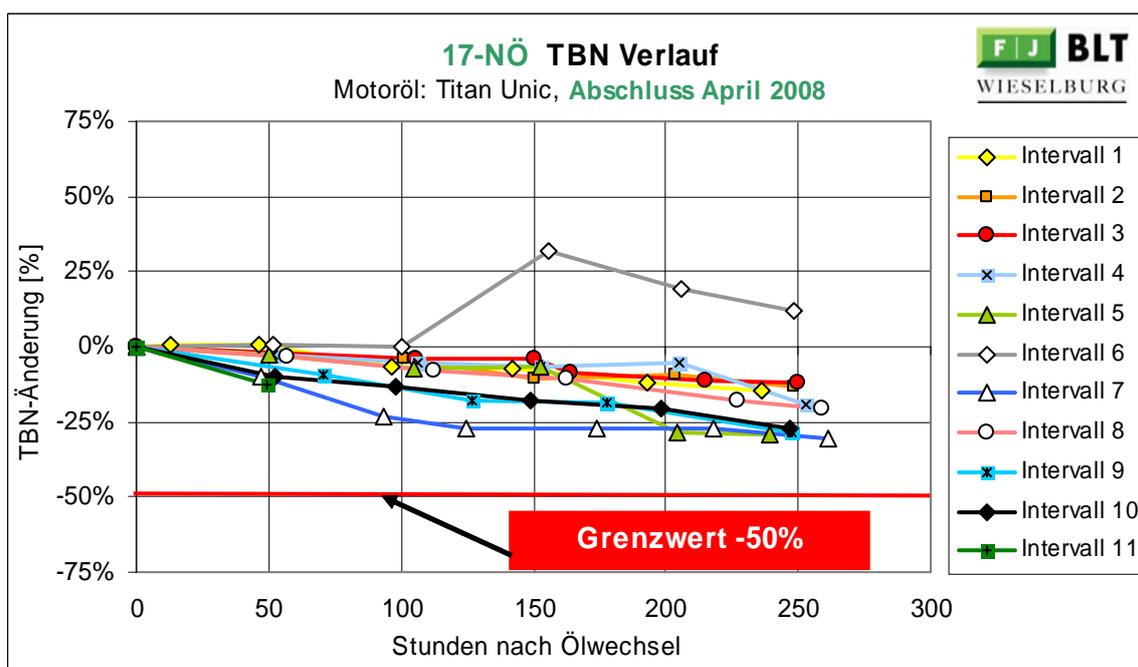


Abbildung 62: 17-NÖ Änderung der Total Base Number

Eine Ausnahme vom typischerweise über die Laufzeit abnehmenden Trend der TBN war im Intervall 6 zu sehen, wo die TBN zwischen der 100-Stunden- und der 150-Stunden-Probe um über 25% anstieg. Insgesamt wurde jedoch der Limitwert einer maximalen Abnahme von 50% durchgehend über alle Intervalle eingehalten.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 21 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden.

Der vorgegebene Grenzwert für die Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde wurde durchgängig eingehalten.

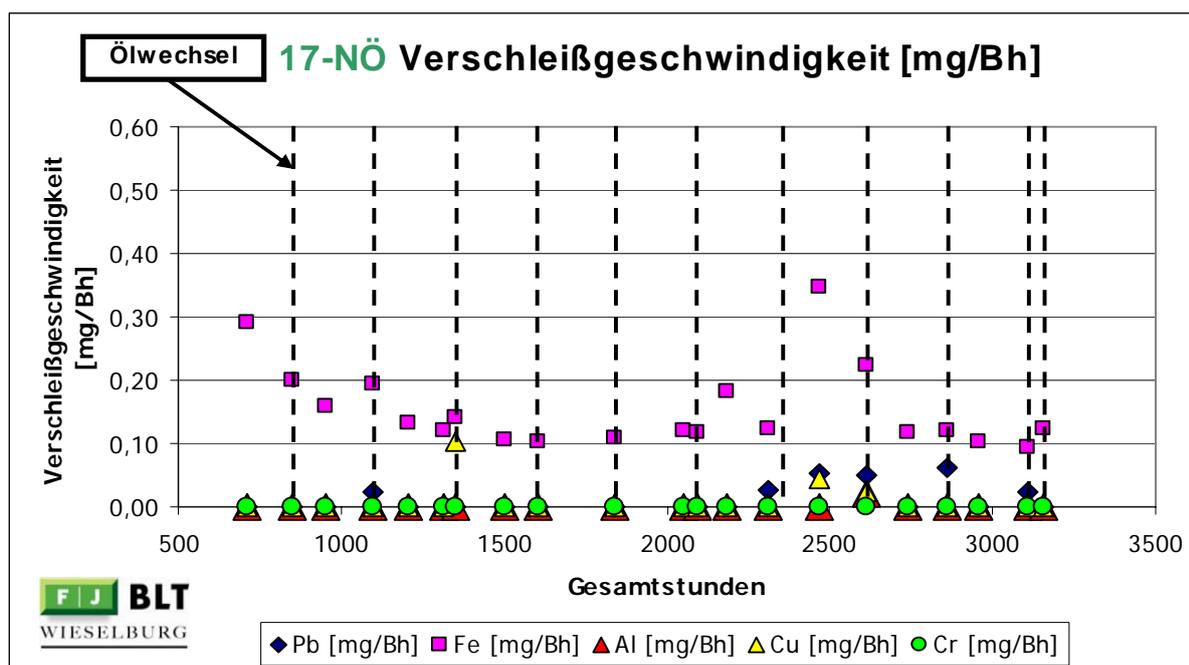


Abbildung 63: 17-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Der Russgehalt lag bei allen Proben unterhalb des vorgegebenen maximalen Anteils von 3%. Zweimal wurde der maximal zulässige Rapsölgehalt von 15 % überschritten. Die übrigen Proben waren mit Werten zwischen 11 und 14% Rapsöleintrag auf relativ hohem Niveau.

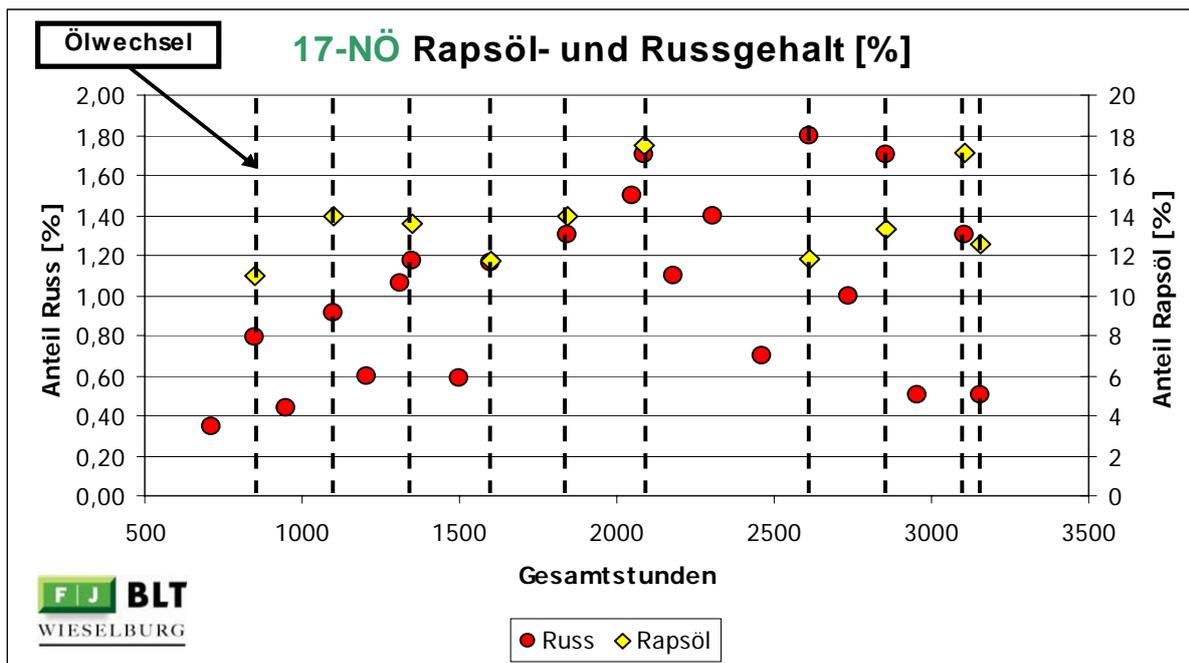


Abbildung 64: 17-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Die physikalisch-chemischen Parameter der untersuchten Proben sind als unauffällig einzustufen. Der Kraftstoffeintrag in das Öl liegt bei den untersuchten Proben auf einem recht hohen Niveau und überschreitet in einigen Fällen sogar den festgelegten Grenzwert von 15%.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle, vier Proben aus dem Lagertank, sowie sechs Proben aus dem Traktortank gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Nachfolgend sind die entsprechenden Analyseergebnisse dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprechen nicht den Qualitätsanforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bis auf eine einmalige Grenzwertüberschreitung hinsichtlich des Phosphorgehaltes und eine Unterschreitung der geforderten Mindestdauer bei der Oxidationsstabilität gab es bei den gezogenen Stichproben aus dem Lagertank keine weiteren Auffälligkeiten.

Tabelle 16: 17-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
11.05.2006	917	35,23	10,90	1,10	5,82	16,02	0,064
29.09.2006	921	34,99	5,13	0,57	5,97	6,57	0,073
07.12.2006	920	35,05	5,50	0,58			
06.07.2007	920	35,32	8,42	1,38	3,40	5,85	0,067

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei den Analysenergebnissen der Kraftstoffproben aus dem Traktortank gab es lediglich einmal eine Überschreitung des maximal zulässigen Wassergehalts.

Tabelle 17: 17-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
01.06.2005	918	34,63	7,65	0,53	4,76	0,068	1
02.11.2005	916	34,39	9,45	0,77	5,19	0,063	3
11.05.2006	917	34,93	10,78	0,96	12,06	0,059	2
05.10.2006	920	33,12	15,80	0,84	13,56	0,080	0
07.12.2006	919	33,77	8,95	0,87			0
06.07.2007	920	35,26	14,40	1,21	8,23	0,073	0

4. Auswertungen Datenlogger

Während der Gesamtbetriebsdauer von 2.618 Stunden wurden 1.976 Betriebsstunden mit einem Datenlogger mitgemessen um zusätzliche Aufzeichnungen über die Auslastung bzw. Art der Tätigkeiten zu erhalten. Über acht Kanäle wurden die Zündspannung, die Drehzahl, sowie die Temperaturen von Ansaugluft, Motoröl, Kühlflüssigkeit, Kraftstofffilter, Kraftstofftank, sowie die Abgastemperatur in 2-Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

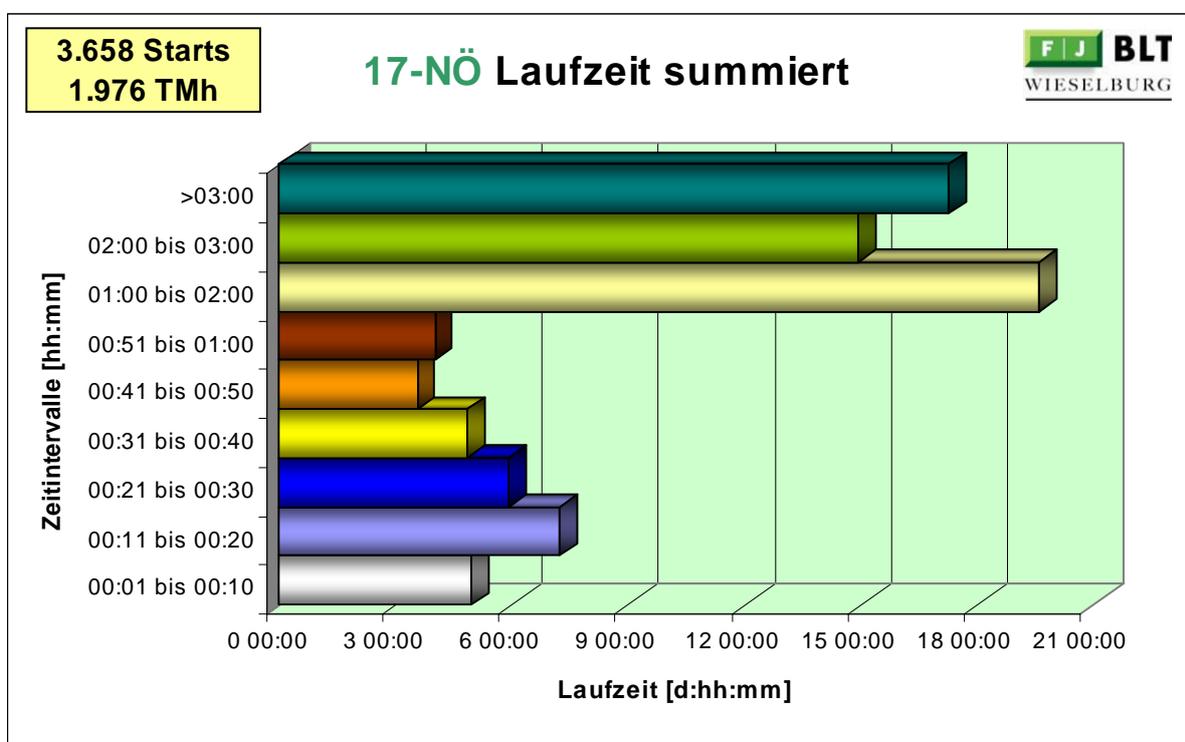


Abbildung 65: 17-NÖ Aufsummierte Laufzeit in verschiedenen Zeitkategorien

Die Maxima der aufsummierten Laufzeit waren bei diesem Traktor in den Kategorien „eine bis zwei Stunden“, „zwei bis drei Stunden“ und „größer drei Stunden“.

Die meisten Starts – mehr als 1600 von rund 3700 – fielen in die Zeitkategorie „ein bis 10 Minuten“.

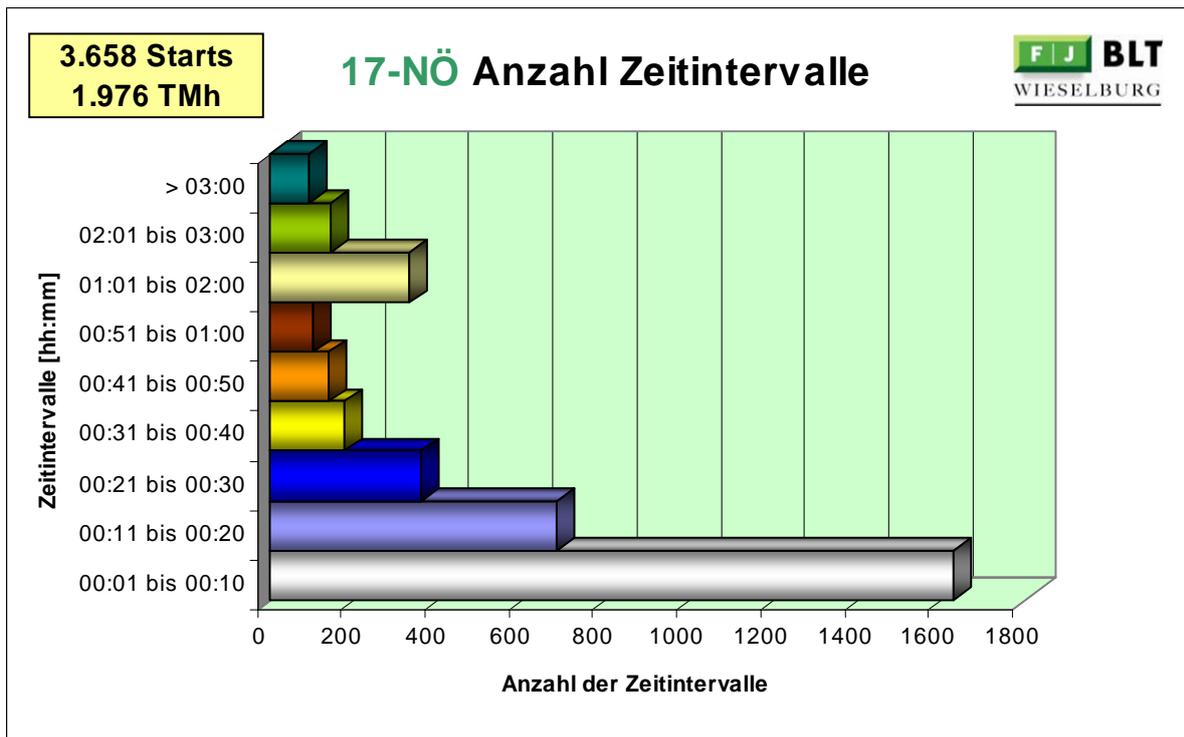


Abbildung 66: 17-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts

Um Aussagen über das Startverhalten zu erhalten, wurden jeweils Starts mit einer Temperatur der Kühlflüssigkeit bzw. des Motoröles von <50°C als Kaltstart klassifiziert. Bei diesem Traktor waren von 3.658 aufgezeichneten Starts 26% Kaltstarts.

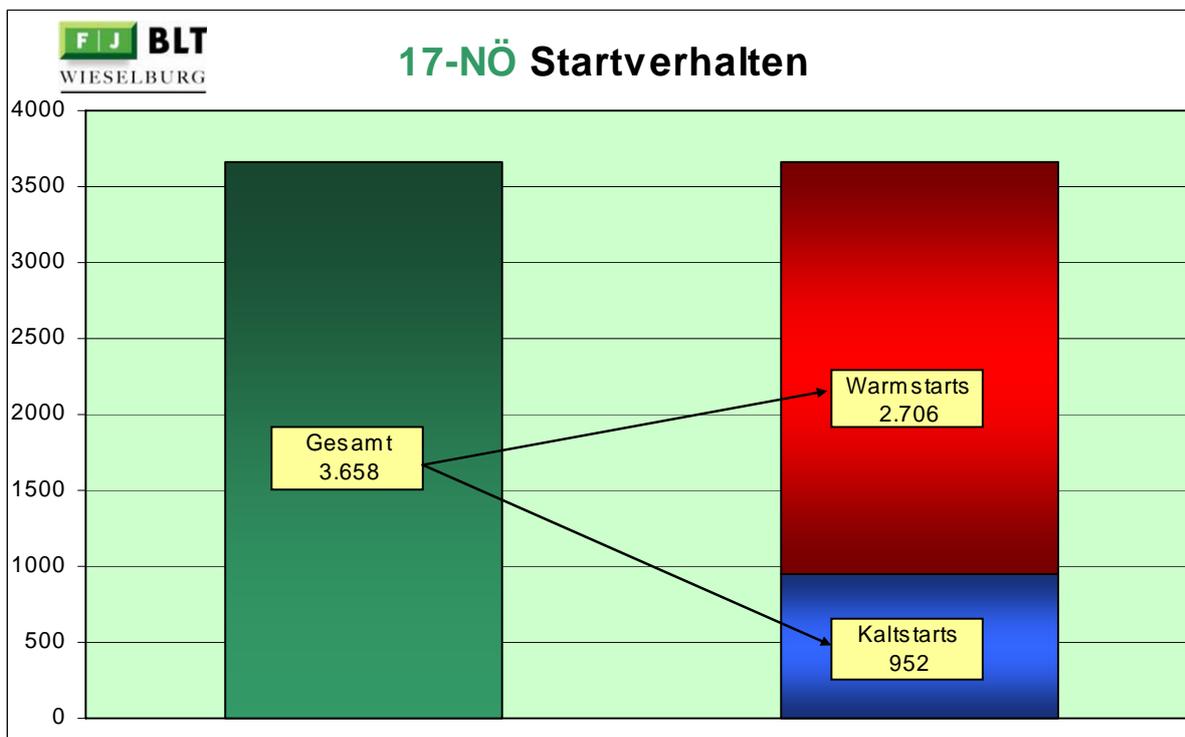


Abbildung 67: 17-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts



Die Histogramme der Motoröltemperatur zeigen ein eindeutiges Temperaturmaximum zwischen 90 und 100°C, mit relativ geringer Streuung an Werten in den übrigen Temperaturbereichen.

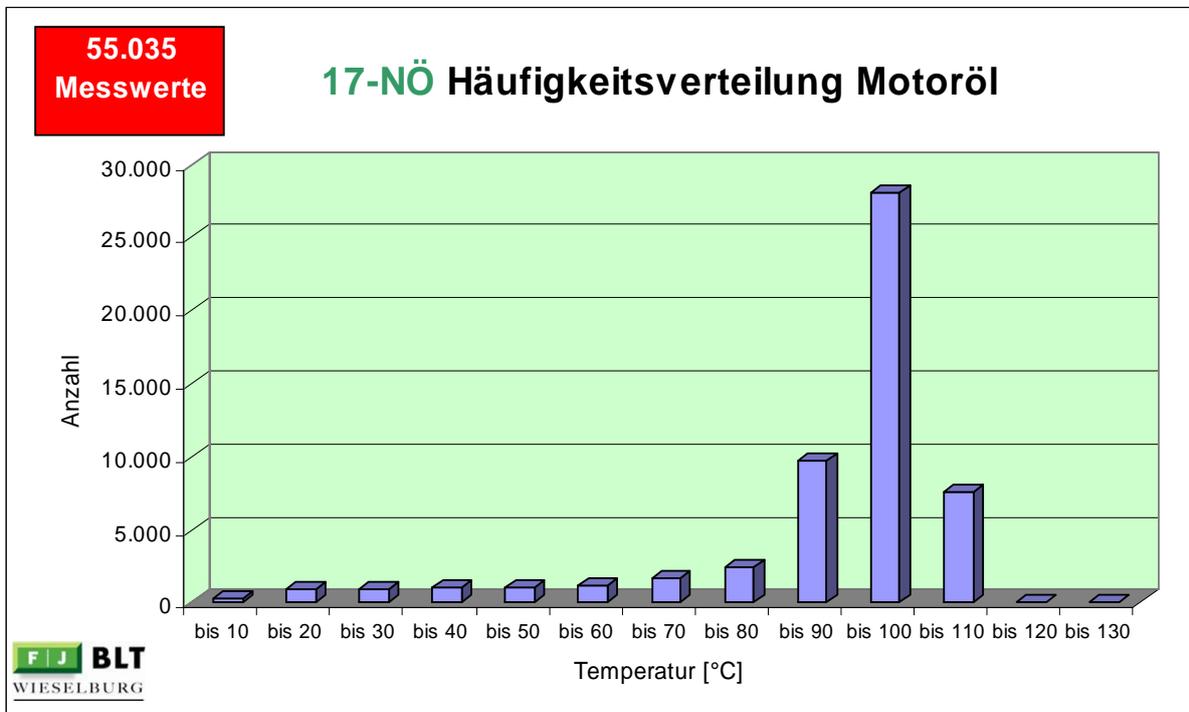


Abbildung 68: 17-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur

Bei der Kühlflüssigkeitstemperatur sind die Messwerte vor allem in der Kategorie 90 bis 100°C zu finden. Die Charakteristik der Häufigkeitsverteilung der Temperatur der Kühlflüssigkeit ergibt sich durch das Öffnen des Thermostates bei der vorgegebenen Temperatur.

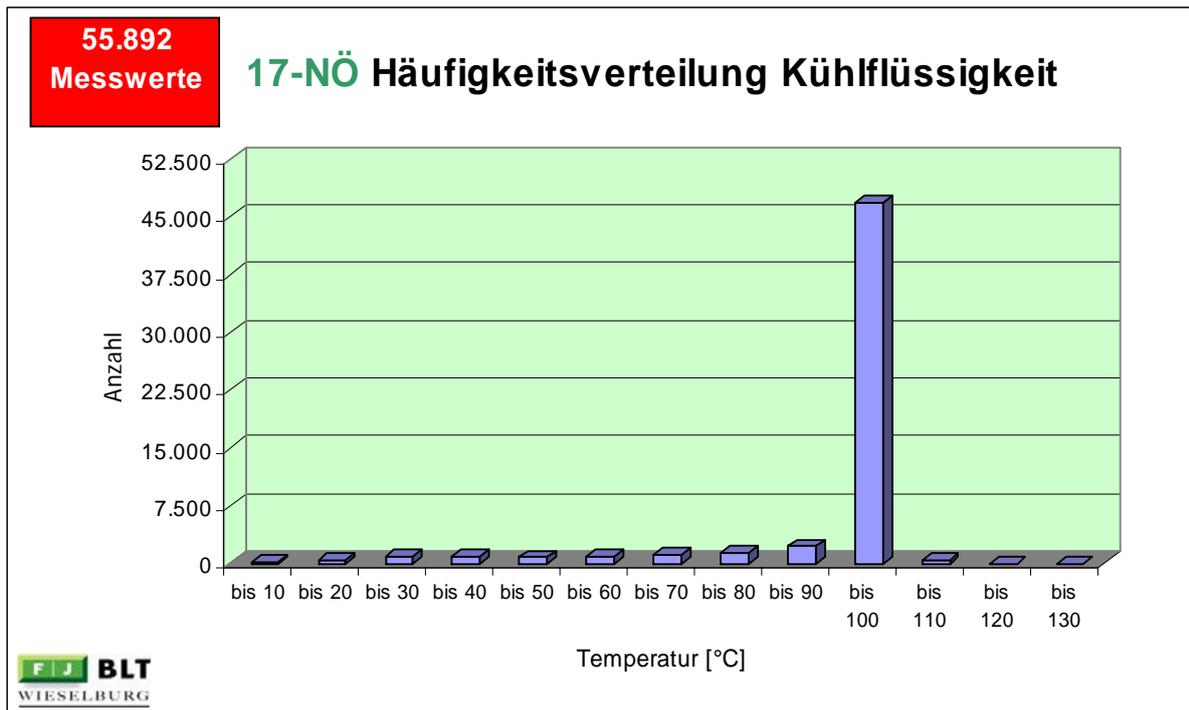


Abbildung 69: 17-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur

Die Kraftstofffiltertemperaturen weisen die häufigsten Messwerte in den Klassen 30 – 40°C und 40 – 50°C auf.

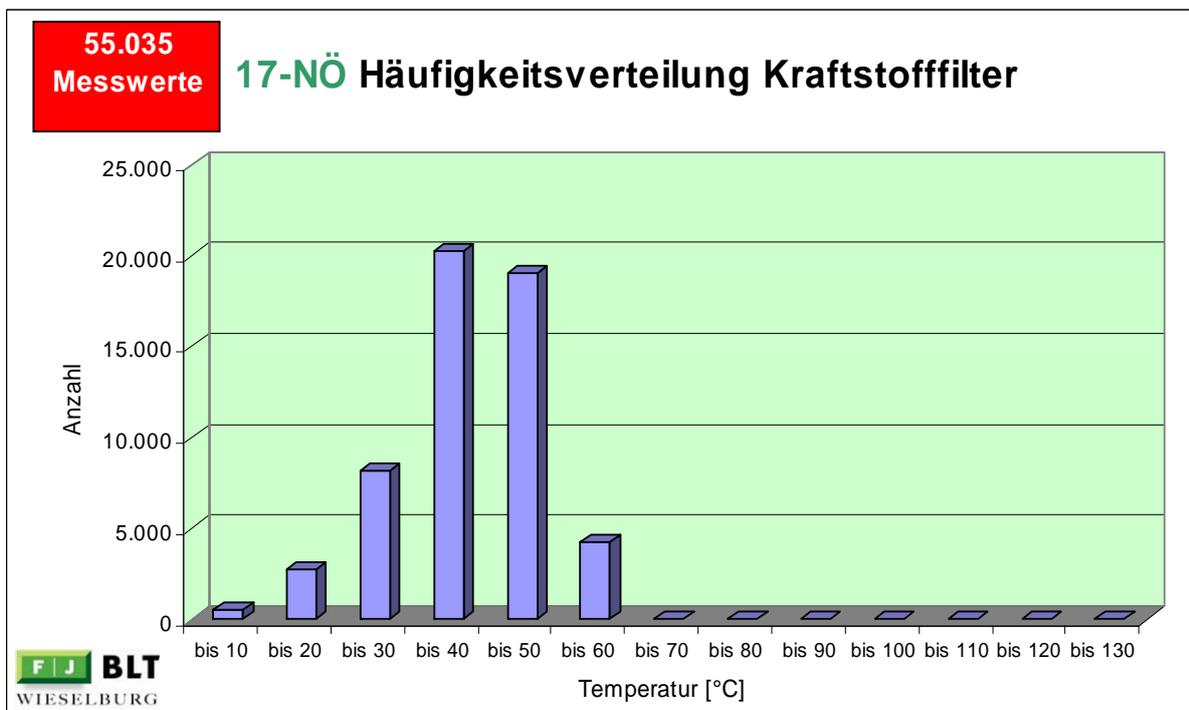


Abbildung 70: 17-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur



5. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren 2.397 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 26.946 Liter Rapsöl und 2.094 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 12,11 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 7%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuches beruhen auf Eintragungen von 486 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers, welcher seinen Traktor kennt. Deshalb ermöglichen diese Aufzeichnungen eine Beurteilung des Fahrbetriebes und stellen neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis dar.

Nachfolgend sind die Auswertungen der einzelnen Parameter dargestellt.



Traktortagebuch

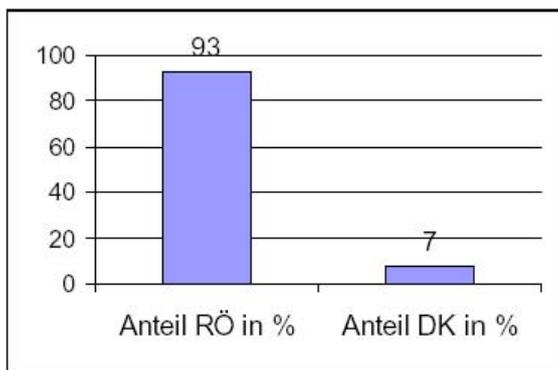
Fahrzeug: 17 Fendt Vario 714



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 05. Mär. 05 bei TMh: 621,2
 Letzter Eintrag 14. Dez. 07 bei TMh: 3018,5 TMh lt. Traktortagebuch **2397,3**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 486

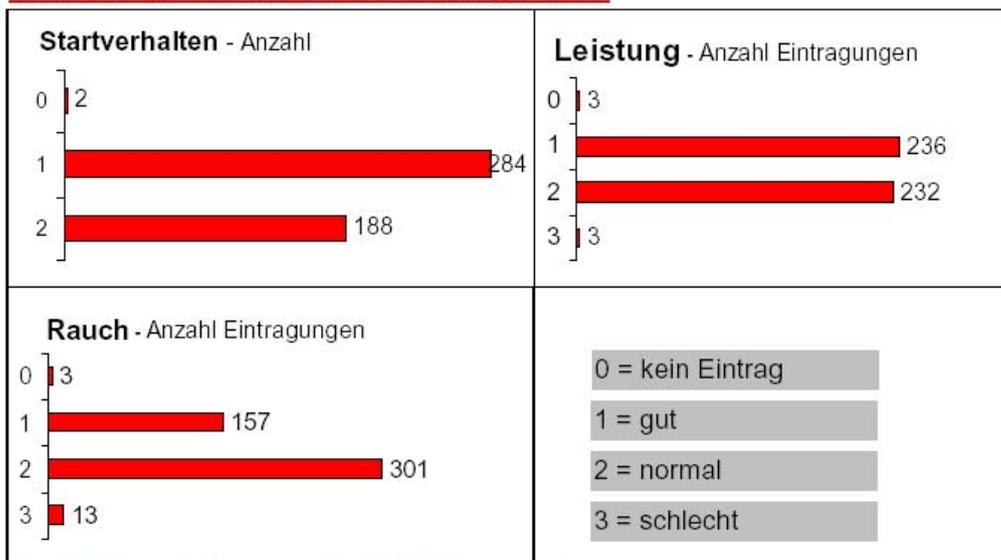


Tankmengen:

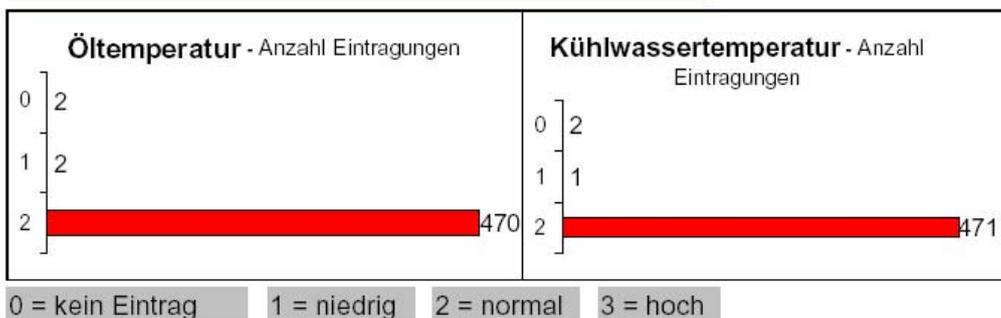
Diesel in l: 2094
 Rapsöl in l: 26946

durchschnittlicher Verbrauch/h:
12,11

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



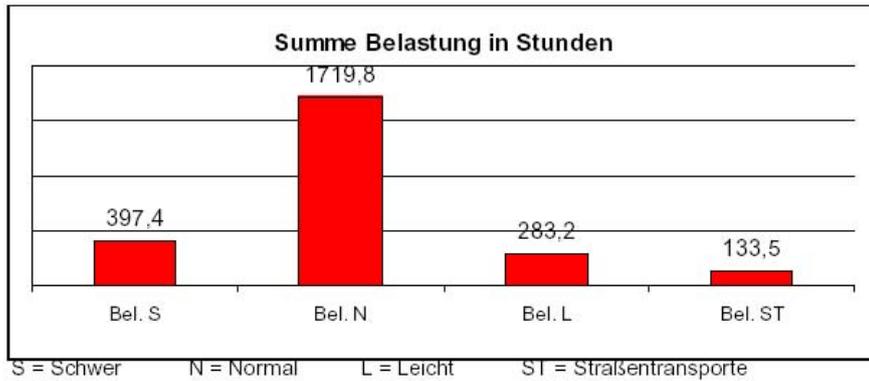


Traktortagebuch

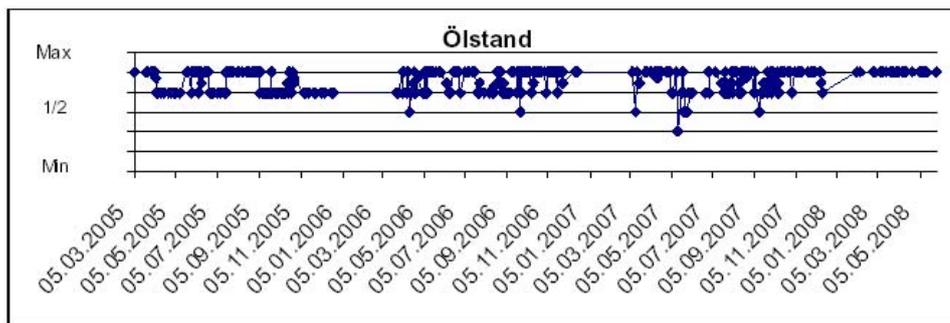
Fahrzeug: 17 Fendt Vario 714



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



6. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. untersucht. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurden der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Bei der Anfangsuntersuchung wurden sehr schlechte Kompressionswerte festgestellt, daher wurde auf die Druckverlustmessung im Brennraum gänzlich verzichtet. An einer Zylinderlaufbüchse wurde zusätzlich eine tiefe Riefe vorgefunden. In der Folge wurde der Traktor vom Werkskundendienst wieder vollständig instand gesetzt, so dass von einem guten Motorzustand ausgegangen werden kann.

Tabelle 18: 17-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	23	31		4	300	285	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	26	31		7	300	290	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	14	32		5	300	290	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	24	30		7	300	285	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	18	32		6	300	285	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	16	31		8	300	290	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Enduntersuchung zeigte normale Kompressionswerte. Die Druckverlustmessung war unauffällig. Der Düsenöffnungsdruck hat sich gegenüber dem Anfangszustand etwas verringert. Das Spritzbild der Düsen war in Ordnung.

An den Düsen spitzen konnte bei der Enduntersuchung ein massiver Belag festgestellt werden. die Düsenlöcher waren allesamt frei. Der Düsen schaftbereich war geringfügig belegt. Die Hochdruckleitung war bei den Zylindern 2 und 5 undicht und es konnten jeweils Abwaschungen beobachtet werden.



Abbildung 71: 17-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

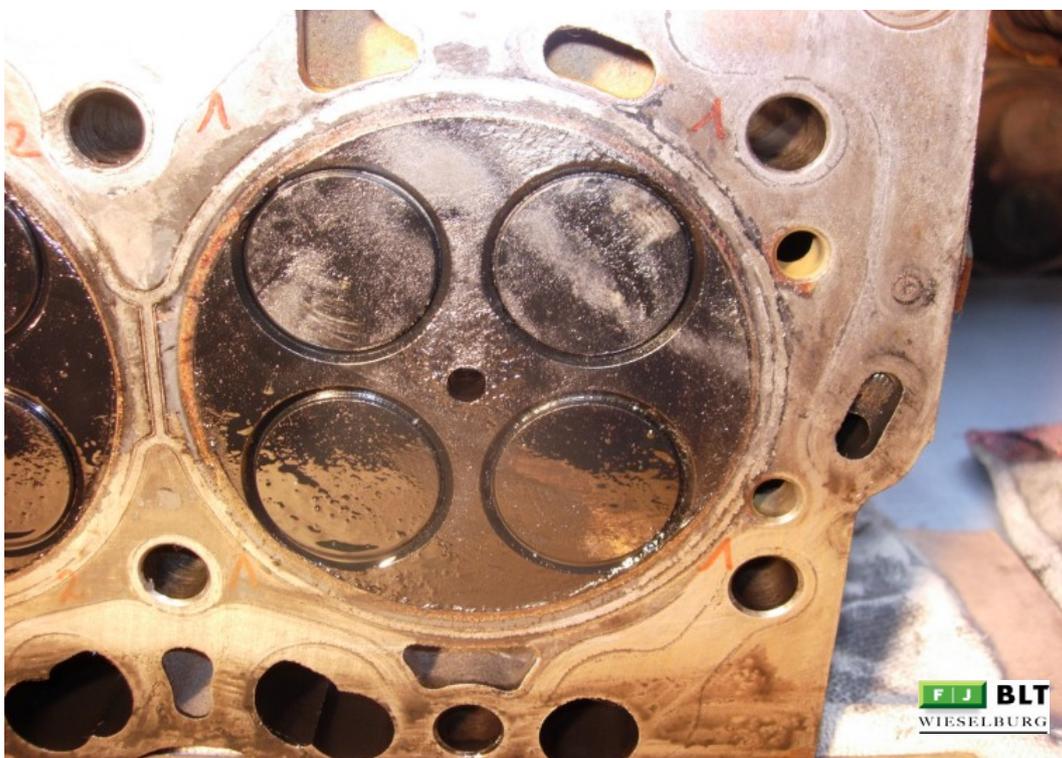


Abbildung 72: 17-NÖ Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Im Mittelteil rund um die Düse und in den Randbereichen war teilweise eine Kruste vorhanden.

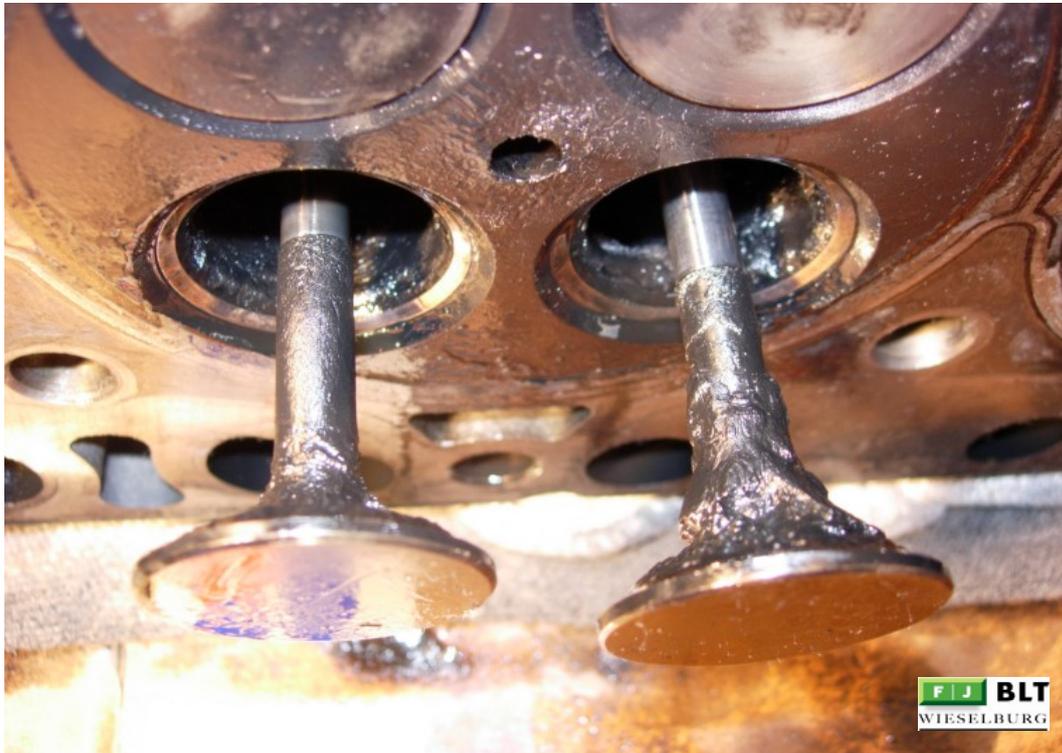


Abbildung 73: 17-NÖ Einlassventile

Die Einlassventile waren am Übergang vom Ventilteller sowie im Schaftbereich mit einer Belagskruste überzogen. Zylinder 5 wies an einem Ventil eine etwas stärkere Belagsbildung auf. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt. Ein Auslassventil von Zylinder 5 war sehr schwergängig.

Der Feuersteg war klar abgegrenzt. Teilweise war jedoch der schwarze, feucht glänzende Koksbelag abgetragen, was teils zu streifenförmigen Schleifspuren auf den Laufbüchsen führte. Weiters konnte eine geringe Spiegelbildung festgestellt werden. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar.



Abbildung 74: 17-NÖ Auslassventile



Abbildung 75: 17-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 76: 17-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen, feuchten Belag überzogen. In den Randbereichen war teilweise eine geringfügige Belagskruste vorhanden.



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt Vario 714 wurde im Februar 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 616 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1-Tanksystem für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 2.618 Traktormeterstunden mit dieser Umrüstung betrieben.

Es wurden während des Versuchszeitraumes keine nennenswerten Störungen vom Betreiber gemeldet.

Bereits im Rahmen der Anfangsmessung war die Leistung bei Dieselbetrieb geringfügig niedriger als bei Rapsölbetrieb – dieser Trend verdeutlichte sich über die Laufzeit. Der Kraftstoffverbrauch blieb über die Projektdauer sowohl bei Diesel als auch bei Rapsöl konstant.

Hinsichtlich der gasförmigen Emissionen waren jene der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenmonoxids sowohl zu Versuchsbeginn als auch zu –ende bei Rapsölbetrieb deutlich niedriger als bei Dieselbetrieb. Die Stickoxidemissionen waren erwartungsgemäß bei Rapsölbetrieb deutlich höher als bei Dieselbetrieb.

Ein durchgängig homogenes Bild ohne Grenzwertüberschreitungen konnte bei der Änderung der Viskositäten und der Total Base Number des Motoröles festgestellt werden. Auch hinsichtlich des Russgehaltes gab es keine Überschreitungen des vorgesehenen Limitwertes von maximal 3%. Der maximal zulässige Rapsölgehalt von 15 % wurde zweimal überschritten.

Hinsichtlich der Rapsölqualität gab es bei den Proben aus der Ölmühle hauptsächlich zu Beginn des Projektes Grenzwertüberschreitungen bei der Gesamtverschmutzung. Ab 2005 konnte dieser Parameter bei den gezogenen Stichproben mit einer Ausnahme unterhalb des vorgegebenen Grenzwertes gehalten werden. Einzelne Überschreitungen gab es noch beim Wassergehalt.



Kaum Überschreitungen gab es bei den Lagertank- und Traktortankproben – hier konnte bis auf wenige Ausnahmen, die von der österreichischen Kraftstoffverordnung geforderte Qualität eingehalten werden.

Die Auswertungen aus dem Datenlogger ergaben die maximalen aufsummierten Betriebszeiten in den Kategorien von einer bis über 3 Stunden. Auswertungen über das Startverhalten ergaben einen Anteil an Kaltstarts von 26%.

Bei der Anfangsuntersuchung wurden sehr schlechte Kompressionswerte festgestellt, daher wurde auf die Druckverlustmessung im Brennraum gänzlich verzichtet. An einer Zylinderlaufbüchse wurde zusätzlich eine tiefe Riefe vorgefunden. In der Folge wurde der Traktor vom Werkskundendienst wieder vollständig instand gesetzt, so dass von einem guten Motorzustand für den Rapsöleinsatz ausgegangen werden konnte. Die Enduntersuchung zeigte normale Kompressionswerte und auch die Druckverlustmessung war unauffällig. Der Düsenöffnungsdruck hat sich gegenüber dem Anfangszustand etwas verringert. Das Spritzbild der Düsen war in Ordnung. An den Düsen spitzen konnte bei der Enduntersuchung ein massiver Belag festgestellt werden. Die Düsenlöcher waren allesamt frei. Der Düsen schaftbereich war geringfügig belegt. Die Hochdruckleitung von Zylinder 2 und 5 war undicht und es konnten jeweils Abwaschungen beobachtet werden.

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Im Mittelteil rund um die Düse und in den Randbereichen war teilweise eine Kruste vorhanden. Die Einlassventile waren am Übergang vom Ventilteller sowie im schaftbereich mit einer Belagskruste überzogen. Zylinder 5 wies an einem Ventil eine etwas stärkere Belagsbildung auf. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt. Ein Auslassventil von Zylinder 5 war sehr schwergängig.

Der Feuersteg war klar abgegrenzt. Teilweise war jedoch der schwarze, feucht glänzende Koksbelag abgetragen, was teils zu streifenförmigen Schleifspuren in den Laufbüchsen führte. Weiters konnte eine leichte Spiegelbildung festgestellt werden. Die Honung war bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen, feuchten Belag überzogen. In den Randbereichen war teilweise eine geringfügige Belagskruste vorhanden.



18-0Ö

18-0Ö



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	John Deere 7720
Umrüstung:	Februar 2005
Umrüttlösung:	Graml 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.003 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	John Deere 7720
Motortype	6068 HR W 54
Erstmalige Zulassung	03.01.2005
Motorhersteller	John Deere
Motor Nr.	975303
Anzahl Zylinder	6 in Reihe
Turboaufladung	Turbolader mit Ladeluftkühlung
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	26 Liter
Nennleistung	125 kW
Nenn Drehzahl	2100 min-1
Hubraum	6800 cm ³
Bohrung x Hub	106,5 x 127 mm
Verdichtungsverhältnis	17:1
Einspritzpumpe	HP 3 (Common Rail)
Einspritzdruck	200 bis 350 bar
Kraftstofftank	392 Liter
Eigengewicht	9.050 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Juni 2005
bei TMh	91
Enduntersuchung	Mai 2008
bei TMh	1.094

Umrüstung

Umrüstsystem	Graml Zweitanksystem
Umrüster	Martin Graml

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Bei Dieselbetrieb blieb die Leistung sowohl bei der Messung zu Beginn als auch zu Versuchsende nahezu unverändert.

Bei Betrieb mit Rapsöl wurde bei der Messung zu Beginn eine geringere Leistung festgestellt. Um dies zu kompensieren wurde ein Chip zur Leistungssteigerung eingebaut. Die Messung zu Beginn erfolgte mit diesem Chip. Der Betreiber hat den Chip zwischenzeitlich wieder entfernen lassen, so dass bei der Endmessung mit Rapsöl eine um ca. 20 kW geringere Leistung als bei Dieselbetrieb gemessen wurde. Nachfolgend sind die entsprechenden Diagramme dargestellt, wobei jeweils die Werte von Diesel und Rapsöl der Anfangsuntersuchung, jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt werden.

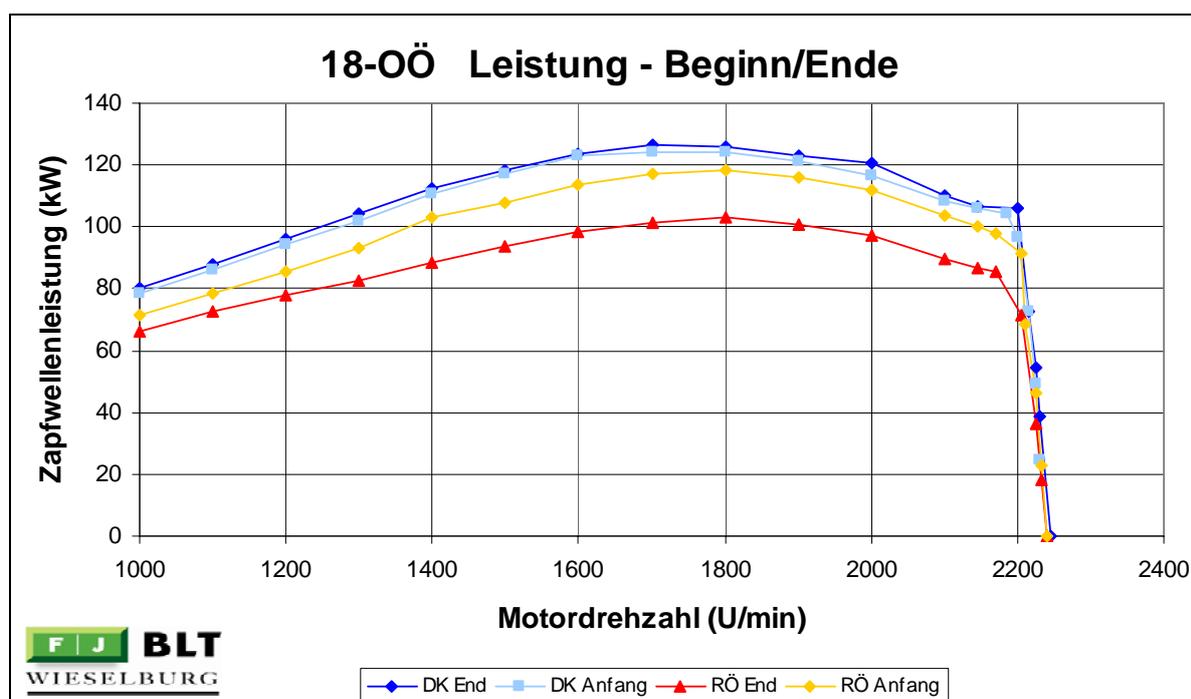


Abbildung 77: 18-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

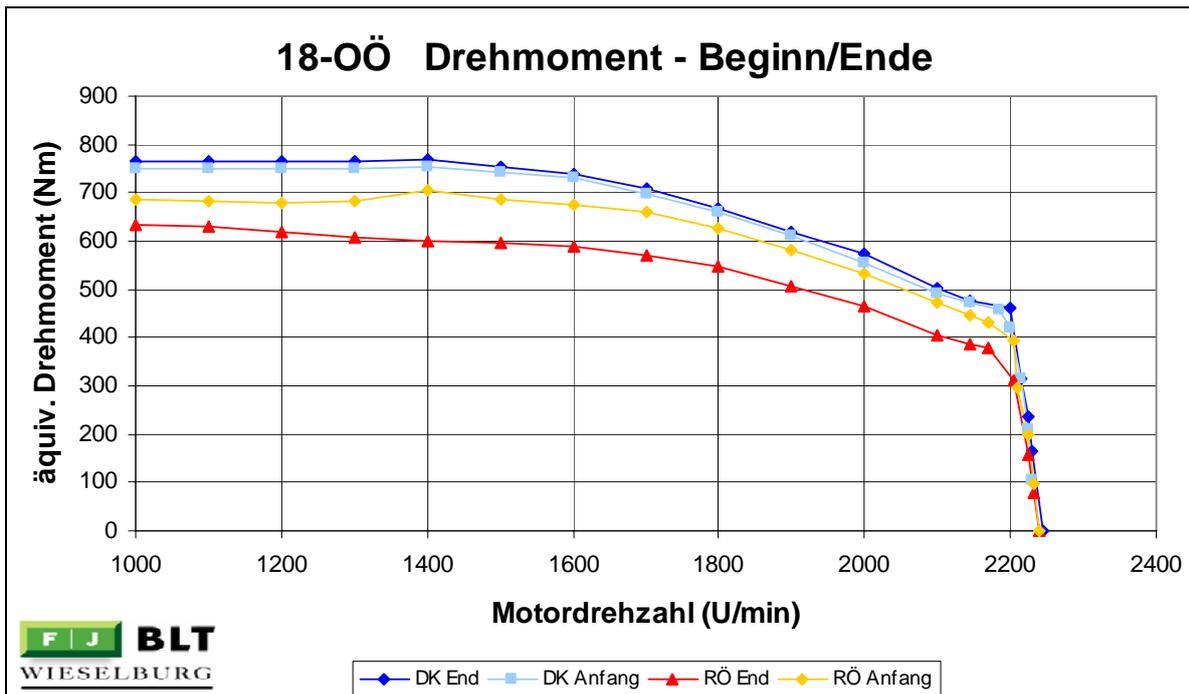


Abbildung 78: 18-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

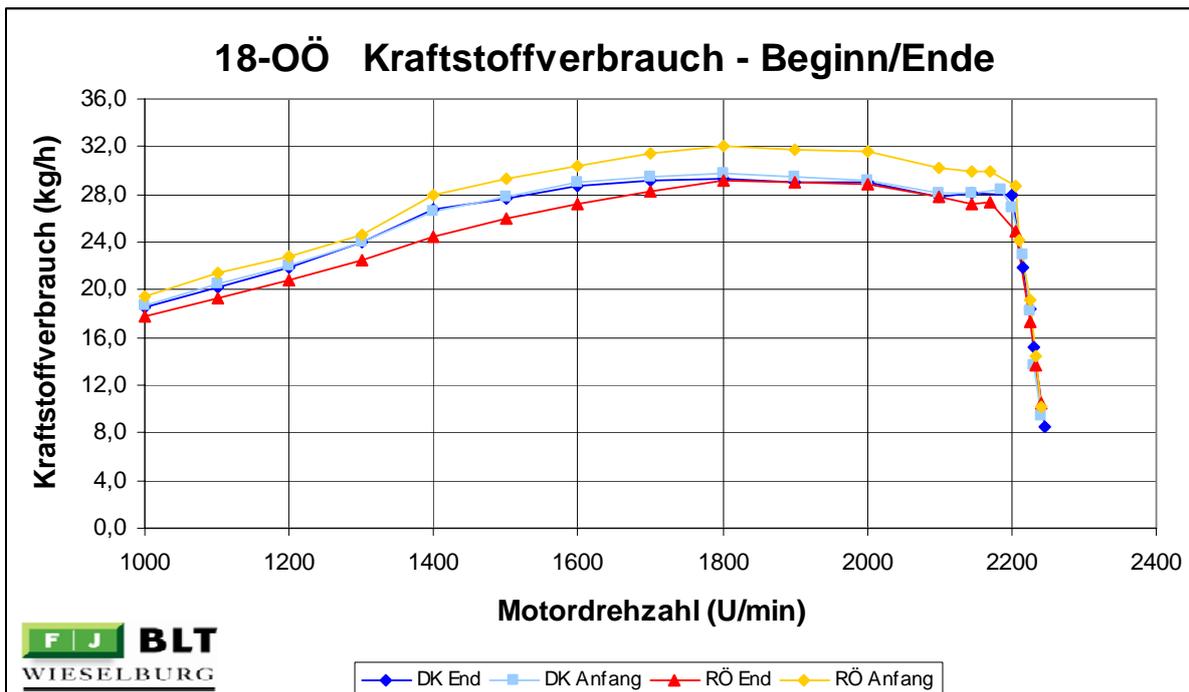


Abbildung 79: 18-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

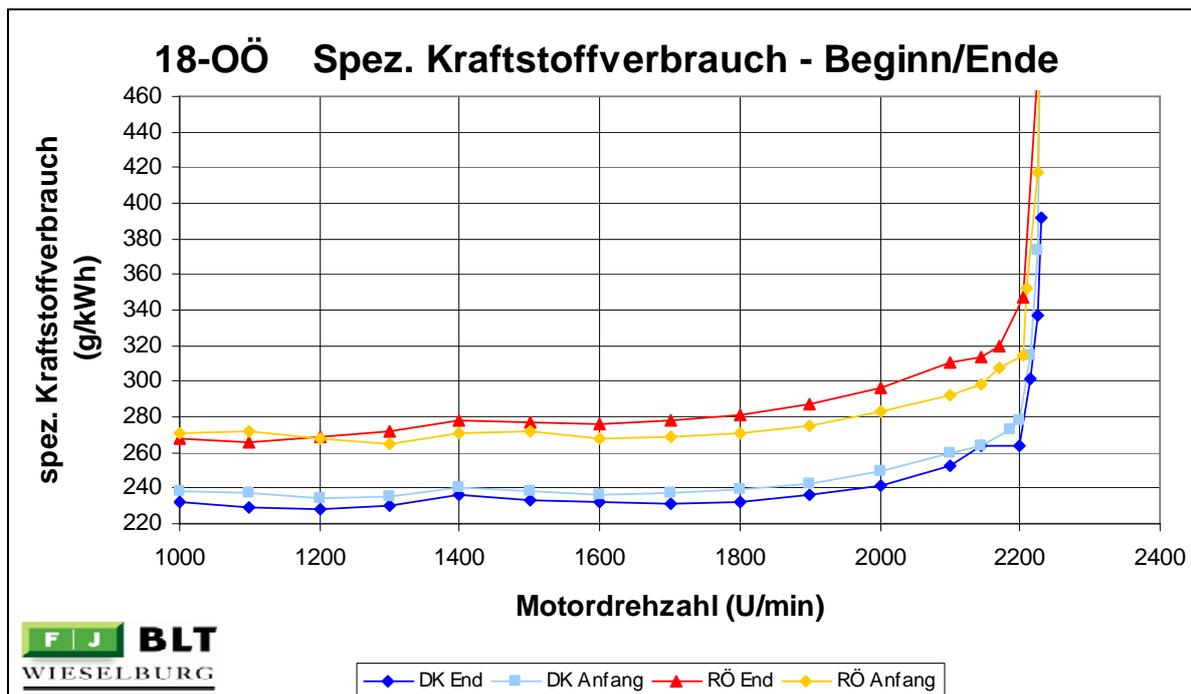


Abbildung 80: 18-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Neben den Leistungsmessungen wurden auch die Blow-by Werte jeweils zu Versuchsbeginn und –ende gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Bei der Endvermessung konnte ein Absinken der Blow-by Werte bei Dieselbetrieb beobachtet werden, während bei Betrieb mit Rapsöl ein deutlicher Anstieg zu verzeichnen war.

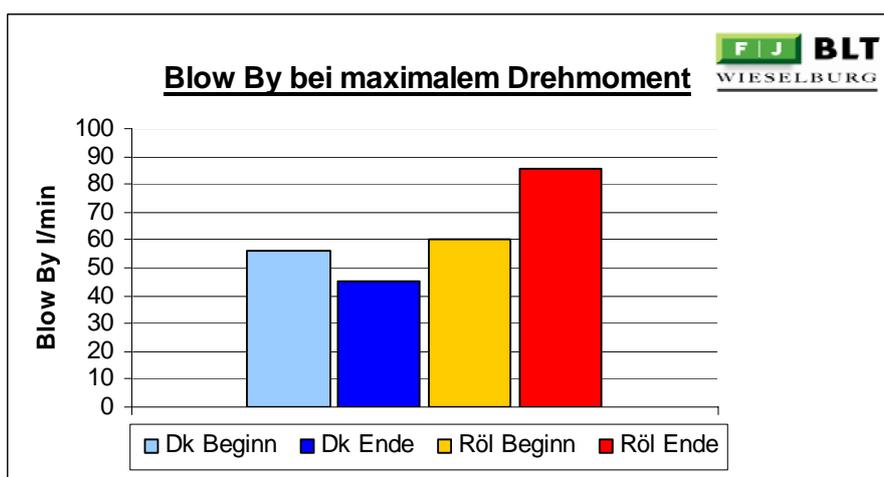


Abbildung 81: 18-OÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxid- und die Kohlenwasserstoffemissionen waren sowohl bei der Anfangs- als auch bei der Enduntersuchung bei Rapsölbetrieb deutlich geringer als bei Dieseltreibstoff. Die Stickoxidemissionen waren im Gegensatz dazu typischerweise bei Rapsölbetrieb höher.

Tabelle 19: 18-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Beginn DK	Ende RÖ	Ende DK
[g/kWh]	14.06.2005	08.06.2005	14.05.2008	14.05.2008
CO	0,89	1,62	1,08	1,43
HC	0,15	0,41	0,14	0,35
NOx	10,90	8,40	8,41	7,70

Partikelmessung

Neben der Emissionsmessung wurde im Rahmen der Enduntersuchung auch eine Partikelmessung mit dem „AVL Smart Sampler SPC 972“ durchgeführt, um zusätzlich Informationen über das Abgasverhalten zu erhalten. Es wurde jeweils eine Messung mit Diesel und Rapsöl durchgeführt. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Partikelmessung.

Tabelle 20: 18-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	Datum
RÖ	0,109	14.05.2008
DK	0,163	14.05.2008

Die Ergebnisse beider Kraftstoffe hinsichtlich der emittierten Partikelmasse waren durchaus positiv zu bewerten, wobei sich deutliche Vorteile für den Rapsölbetrieb zeigten. Dies war auf die Common Rail Technologie zurückzuführen. Verglichen mit den übrigen Partikelmessungen wies dieser Traktor sehr geringe Partikelemissionen auf.

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, die Werte hat der Betreiber auf 250 Betriebsstunden reduziert.

Während der Projektteilnahme wurden vier Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 227 TMh sowie ein Intervall zu 73 TMh (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 19 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test durchgeführt. Insgesamt 35 % der alle 50 TMh geplanten Motorölproben wurden vom Betreiber nicht gezogen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% von der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

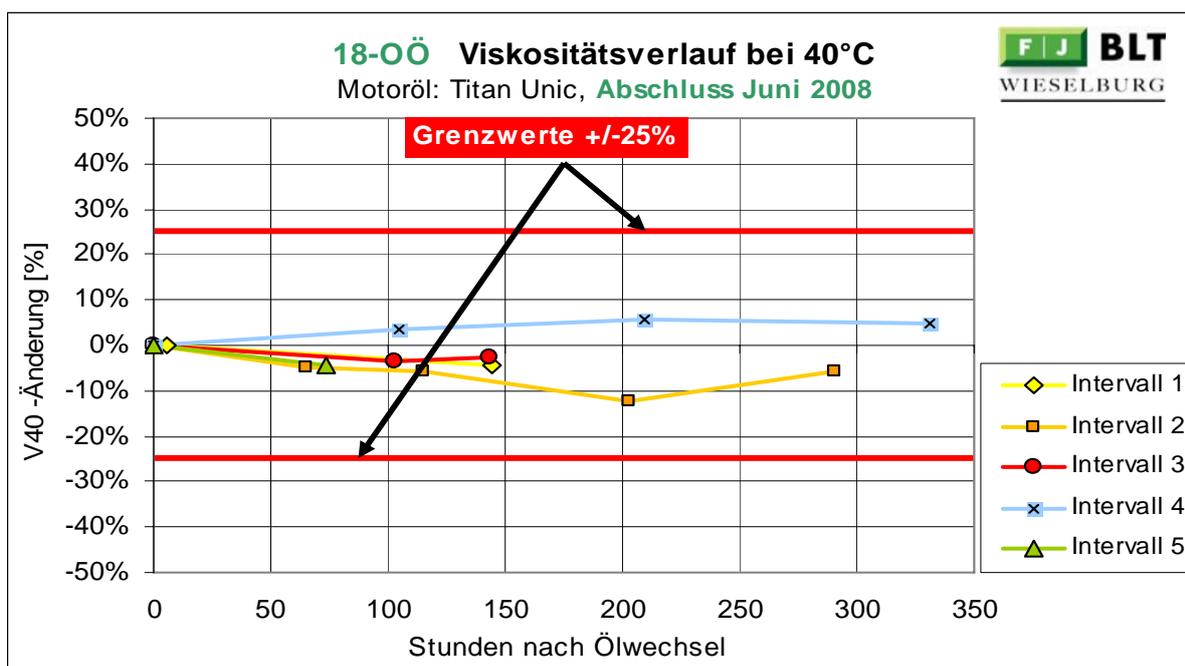


Abbildung 82: 18-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C



Trotz sehr unterschiedlicher Intervalllängen waren die Viskositätsuntersuchungsergebnisse sowohl bei 40°C als auch bei 100°C gleichmäßig mit einem maximalen Abfall von ca. 11% bei 40°C. Insgesamt lagen die Änderungen der Viskositätsergebnisse innerhalb der hierfür festgelegten Limits.

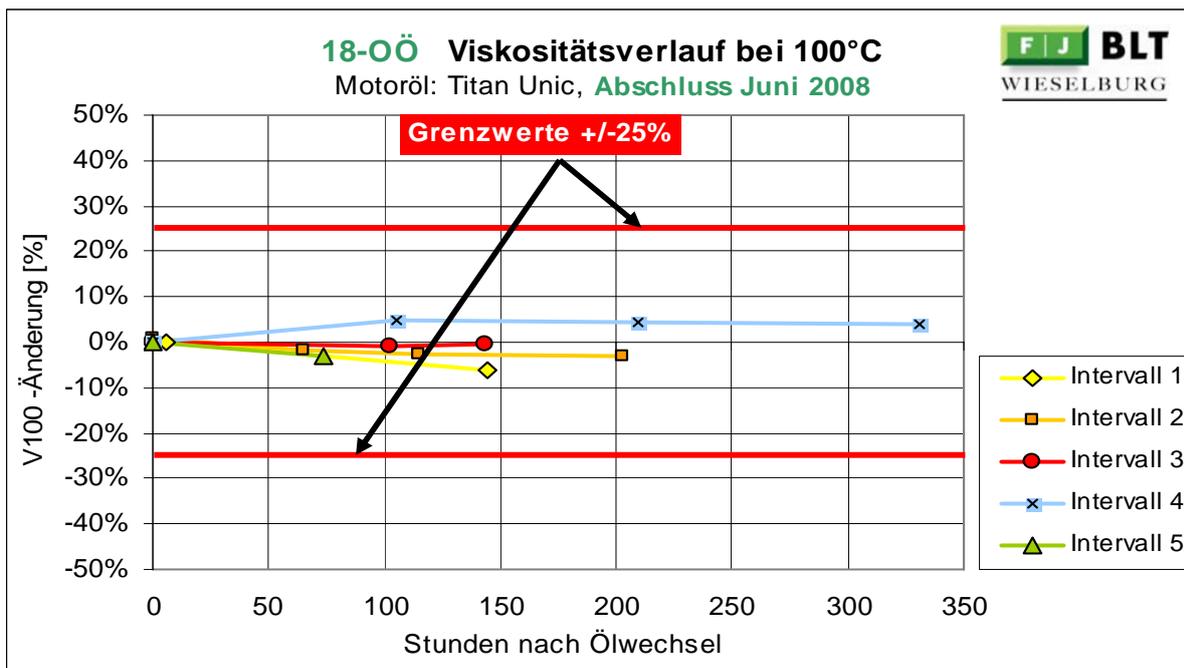


Abbildung 83: 18-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

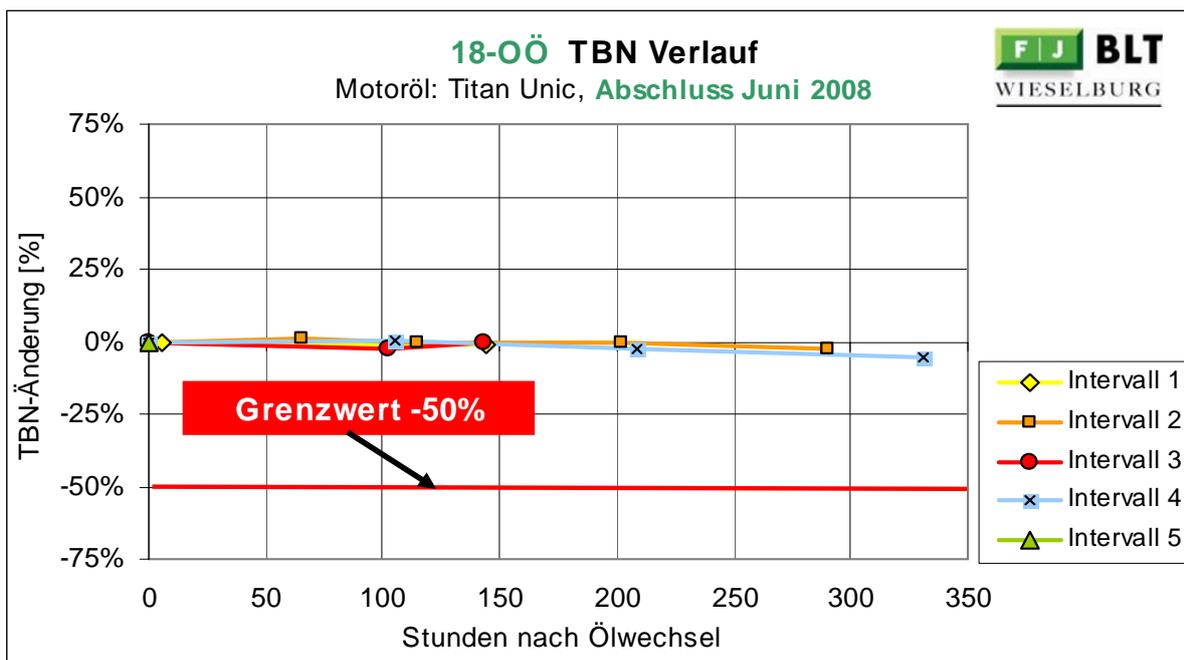


Abbildung 84: 18-OÖ Änderung der Total Base Number



Die Änderung der Total Base Number war sehr gering und verlief über alle Intervalle sehr gleichmäßig.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 7 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt, sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden.

Die analysierten Verschleißelemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer sowie Chrom lagen jeweils deutlich unterhalb des maximalen Limitwertes der Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde. Die Untersuchungsergebnisse bei den Russ- und Rapsölgehalten waren deutlich unter den vorgegebenen Grenzwerten.

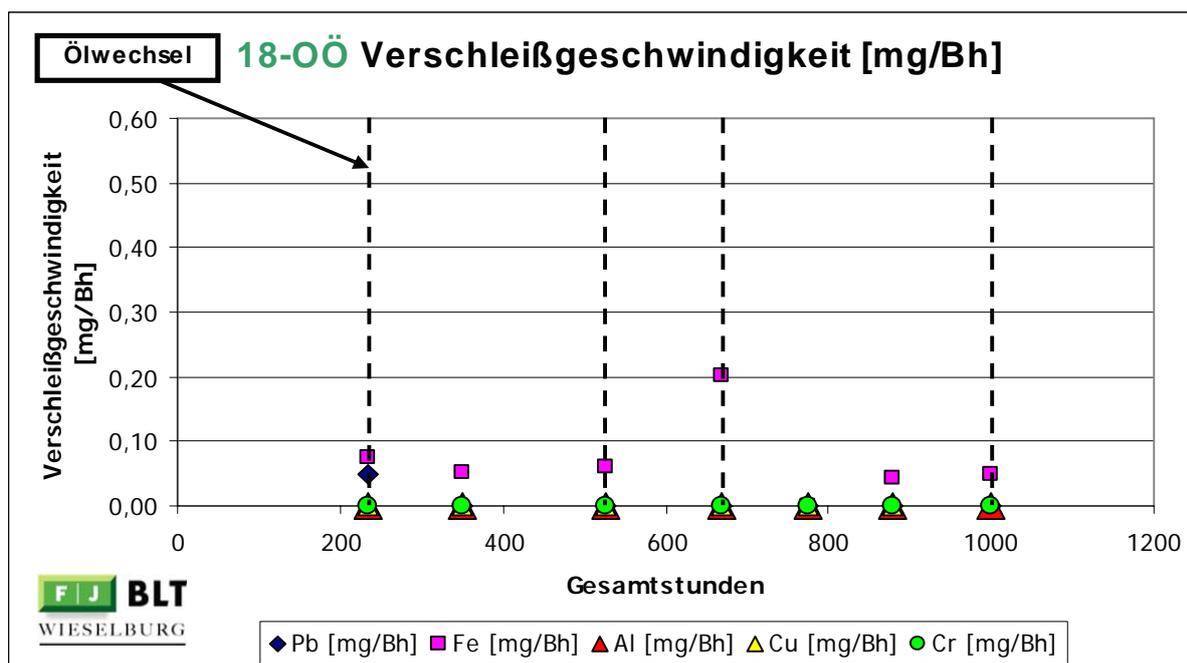


Abbildung 85: 18-OÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

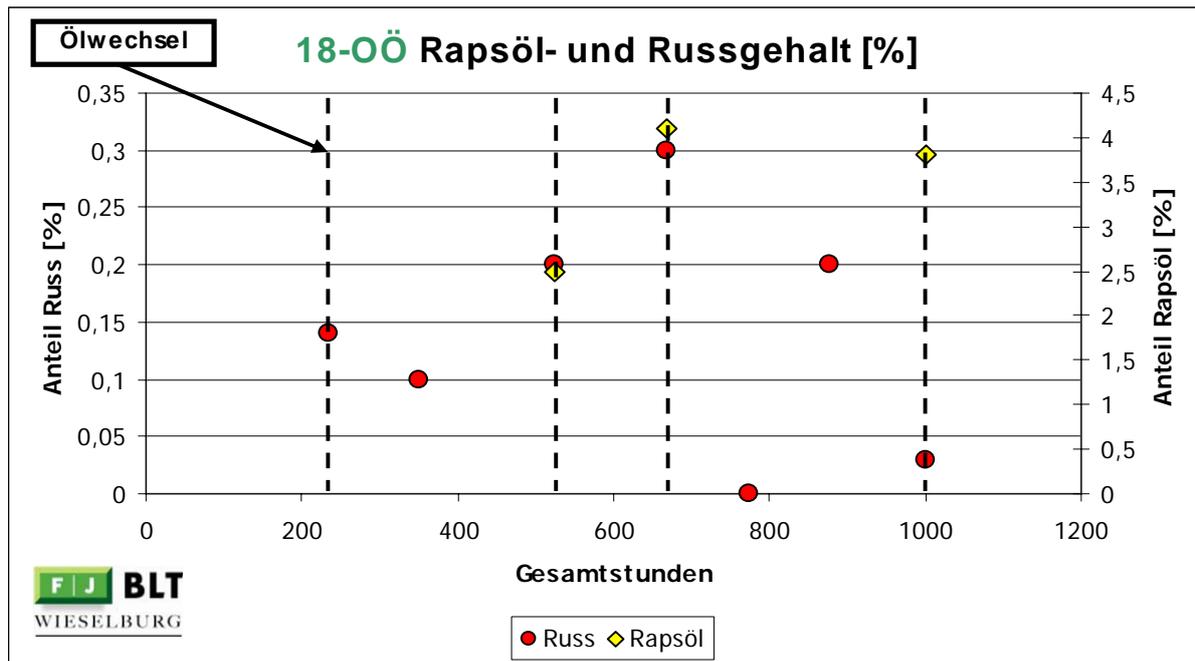


Abbildung 86: 18-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Die physikalisch-chemischen Parameter der untersuchten Ölproben sind als unauffällig einzustufen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Innöl CoKG aus Mining in Oberösterreich. Insgesamt wurden jeweils 5 Kraftstoffproben aus dem Lagertank und dem Traktortank, sowie 44 Proben aus der dazugehörigen Ölmühle Innöl gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Anbei sind die einzelnen Analysenergebnisse der Traktortank- und Lagertankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht der Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Grenzwertüber- bzw. -unterschreitungen gab es bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Wassergehalt und Oxidationsstabilität. Auffallend war, dass die Oxidationsstabilität durchgehend unter dem geforderten Grenzwert lag.

Tabelle 21: 18-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
17.06.2005	921	34,47	14,48	2,56	2,00	7,15	0,080
12.09.2005	916	34,77	48,50	0,84	2,18	6,96	0,075
18.07.2006	923	34,37	39,78	1,99	4,42	5,00	0,097
04.10.2006	920	35,31	9,05	0,79	2,68	4,87	0,007
11.07.2007	919	35,37	7,78	0,97	3,04	6,02	0,066

Kraftstoffanalysen aus dem Traktortank

Die Qualität der Traktortankproben war im Vergleich zu den Lagertankproben deutlich besser. Dies ließ sich unter anderem auf den höheren Anteil an Dieselmotorkraftstoff zurückführen.

Tabelle 22: 18-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
15.09.2005	897	20,39	45,83	0,93	6,96	0,047	21
24.05.2006	841	3,26	7,60	0,23	1,24	0,021	91
18.07.2006	883	10,16	7,48	0,94	2,05	0,064	47
04.10.2006	897	15,40	9,23	0,63	3,79	0,042	32
11.07.2007	893	15,83	6,04	0,70	4,55	0,052	30

Die Unterschreitungen des Toleranzbereiches der Dichte sind auf einen hohen Dieselanteil zurückzuführen, welcher durch Spülvorgänge und als Lecköl bei Dieselbetrieb systembedingt in den Kraftstofftank gelangte. Der Dieselanteil betrug bei den gemessenen Proben bis zu 91%.

Generell ist ein hoher Dieselanteil durch ein ungünstiges Einsatzprofil eines Traktors mit häufigen Startvorgängen und kurzen Betriebszeiten erklärbar.



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von 15 Monaten 501 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden in diesem Zeitraum 10.508 Liter Rapsöl und 3.096 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 27 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag während der Aufzeichnungsperiode bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 23%. Der Einsatzbereich lag nach Angaben des FZ-Betreibers hauptsächlich im schweren Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 56 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 18 John Deere 7720



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 28. Jul. 05 bei TMh: 127
 Letzter Eintrag: 04. Okt. 06 bei TMh: 628,0 TMh lt. Traktortagebuch: **501,0**

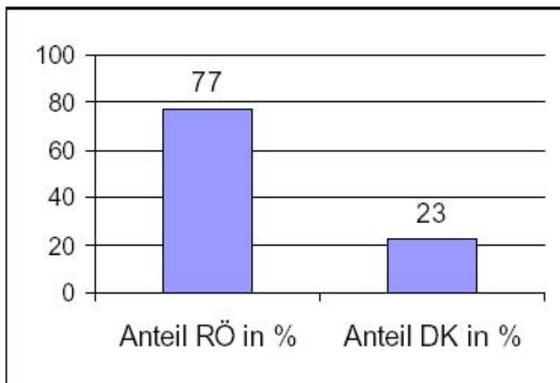
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 56

Tankmengen:

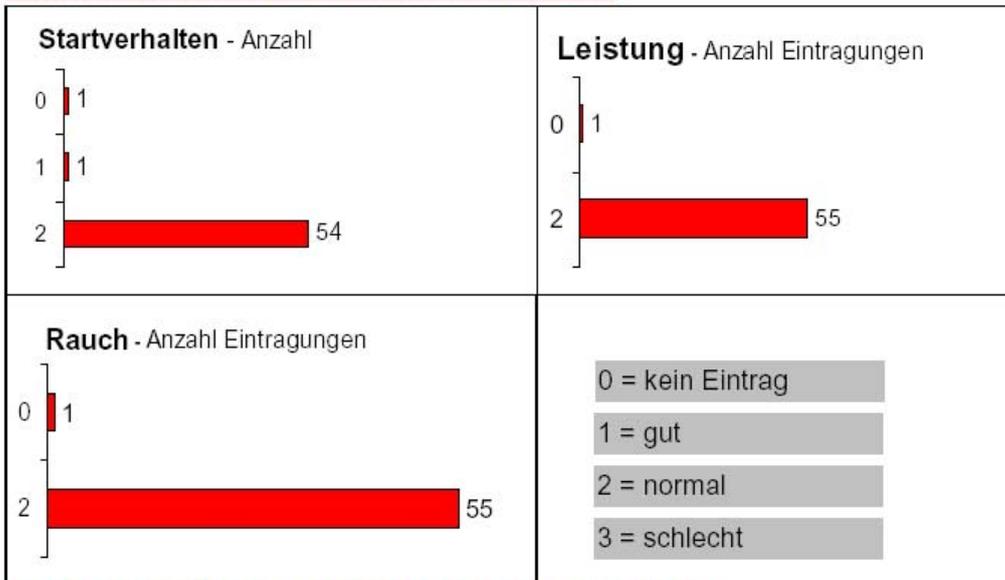
Diesel in l: 3096
 Rapsöl in l: 10508

durchschnittlicher Verbrauch/h:

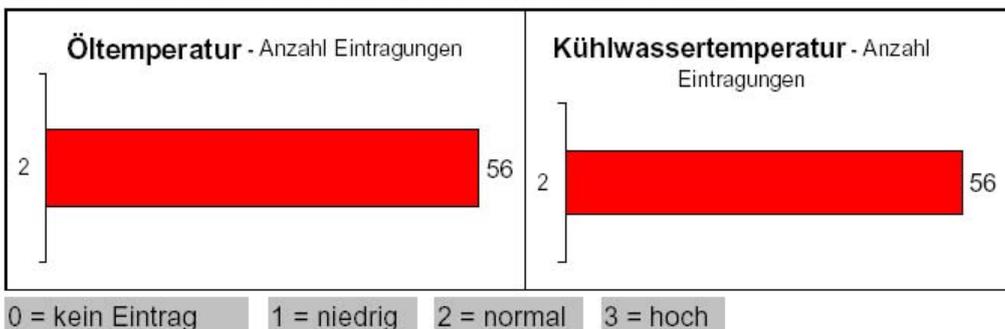
27,15



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



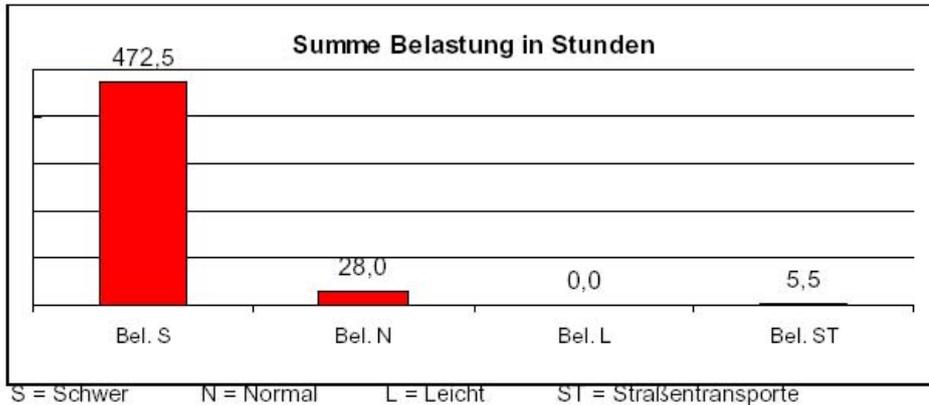


Traktortagebuch

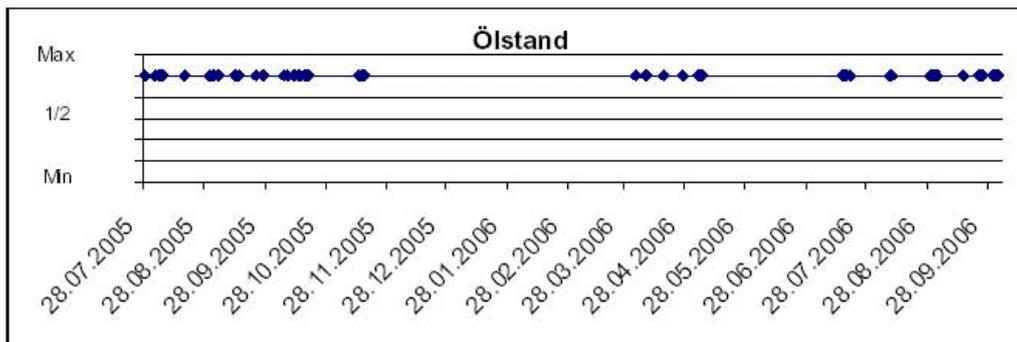
Fahrzeug: 18 John Deere 7720



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung der Traktoren wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. angefertigt. Der Traktor John Deere 7720 besitzt einen Common Rail Motor. Ein spezielles für die Überprüfung der Injektoren geeignetes Prüfgerät stand nicht zur Verfügung. Deshalb wurde der Momentanzustand des Motors zu Versuchsbeginn und –ende mit dem internen Diagnosesystem des Traktors überprüft. Es wurden jeweils zufrieden stellende Werte gemessen.

Die Injektoren wiesen im Schaftbereich eine vergleichsweise geringe und bei den Spitzen eine stärkere Belagskruste auf. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.

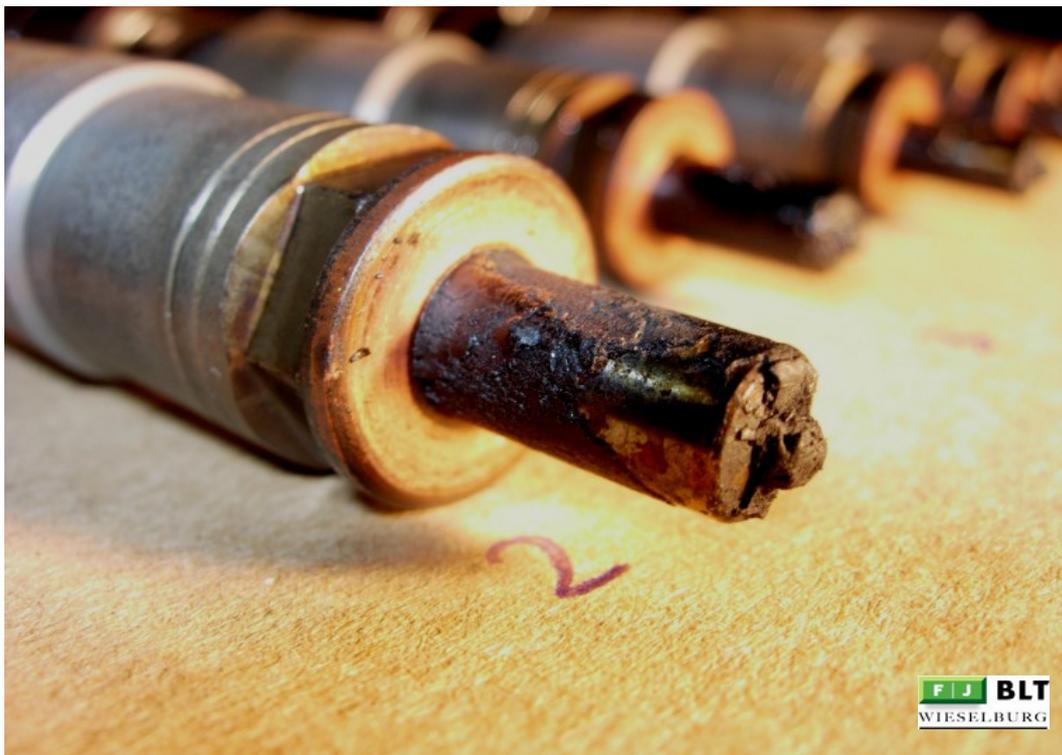


Abbildung 87: 18-OÖ Injektor

Brennraumuntersuchung

Die Zylinderkopfdemontage ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurden der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Die Zylinderkopfoberfläche war schwarz belegt. In der Mitte bei der Düsendurchführung war teilweise eine dickere Kruste vorhanden. In den Randbereichen war der Belag teilweise ebenfalls etwas stärker.

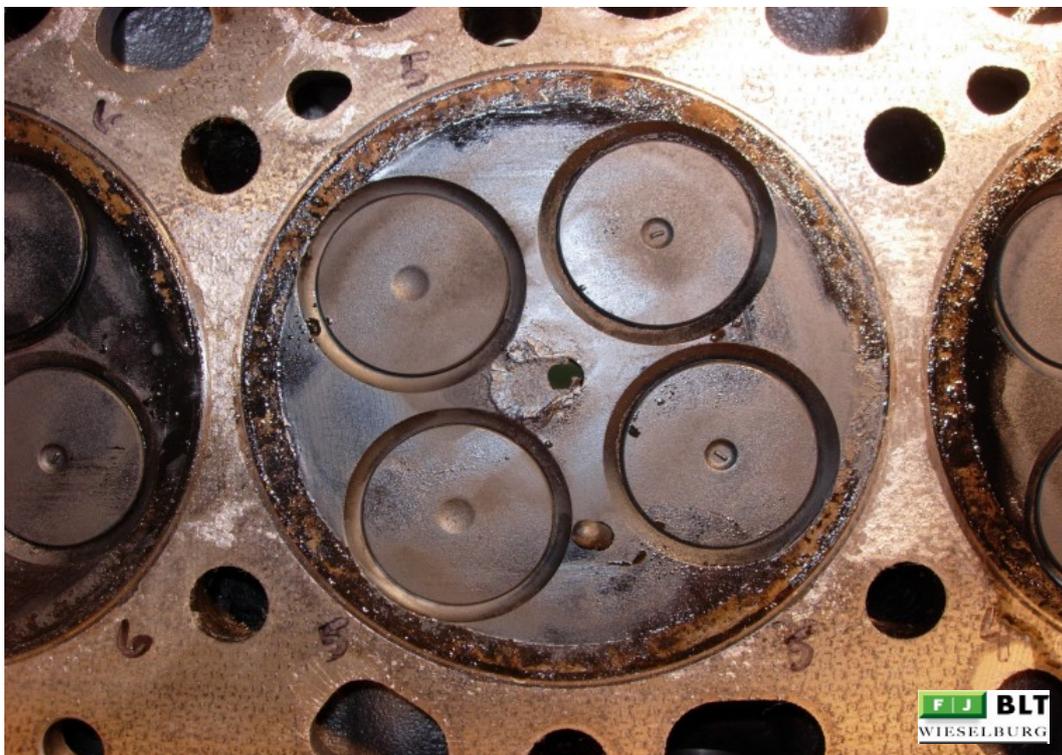


Abbildung 88: 18-OÖ Zylinderkopf

Die Einlassventile wiesen einen schwarzen, eher geringen, Belag am Ventilteller bis hin in den Übergangsbereich zum Schaft auf. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt.

Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einer grau-schwarzen Belagskruste versehen. Die Honung war bei allen Zylindern deutlich sichtbar. In der Laufbüchse war eine leichte Zeichnung des zweiten Kolbenringes ersichtlich.



Abbildung 89: 18-OÖ Einlass- und Auslassventile



Abbildung 90: 18-OÖ Zylinderlaufbüchse

Die Kolbenböden waren feucht und geschwärzt, jedoch ohne Verkrustung.



Abbildung 91: 18-ÖÖ Kolbenboden



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor John Deere 7720 wurde im Februar 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 91 Traktormeterstunden von der Fa. Graml mit einem sog. Bioka 2- Tank Kraftstoffmanagement System ausgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 1.003 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Im Februar 2007 wurde aufgrund eines plötzlichen Anstiegs des Motorölspiegels eine Reparatur der Einspritzpumpe notwendig und dabei ein defekter Wellendichtring erneuert. Diese Reparatur ging mit einem Wechsel des Motoröles einher, eine Motorölprobe wurde vom Betreiber nicht entnommen.

Während der Versuchsdauer wurden Störfälle, wie eine defekte Magnetventilspule und eine defekte Kraftstoffleitung gemeldet.

Die Leistung blieb bei Dieselbetrieb sowohl bei der Messung zu Beginn als auch zu Versuchsende nahezu unverändert.

Bei Betrieb mit Rapsöl wurde bei der Messung zu Beginn eine geringere Leistung festgestellt. Um dies zu kompensieren wurde ein Chip zur Leistungssteigerung eingebaut. Die Messung zu Beginn erfolgte mit diesem Chip. Der Betreiber hat den Chip zwischenzeitlich wieder entfernen lassen, so dass bei der Endmessung ohne Chip mit Rapsöl eine um ca. 20 kW geringere Leistung festgestellt wurde.

Hinsichtlich der gasförmigen Emissionen zeigte sich das typische Bild: niedrigere Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen bei Rapsölbetrieb sowie niedrigere Stickoxidemissionen bei Dieselbetrieb. Dieser Trend wurde im Allgemeinen über die Laufzeit beibehalten.

Die Änderungen der Viskositäten und der Total Base Number lagen jeweils deutlich innerhalb der vorgesehenen Grenzwerte. Auch der Russ- und Rapsölgehalt blieben deutlich unterhalb der festgelegten maximalen Grenzen von 3% bzw. 15%.



Grenzwertüberschreitungen traten bei den Rapsölproben aus der Ölmühle vermehrt zu Beginn des Projektes beim Parameter Gesamtverschmutzung auf. Ab 2006 gab es insgesamt kaum mehr Überschreitungen.

Bei den Proben aus dem Lagertank wurden es die meisten Überschreitungen bei den Parametern Oxidationsstabilität, Gesamtverschmutzung und dem Wassergehalt festgestellt. Aufgrund des hohen Dieselanteiles bei den Traktortankproben wurden die Untersuchungswerte allgemein „verbessert“.

Der Traktor John Deere 7720 besitzt einen Common Rail Motor. Ein spezielles für die Überprüfung der Injektoren geeignetes Prüfgerät stand nicht zur Verfügung. Deshalb wurde der Momentanzustand des Motors zu Versuchsbeginn und –ende mit dem internen Diagnosesystem des Traktors überprüft. Es wurden jeweils zufrieden stellende Werte gemessen.

Die Injektoren wiesen im Schaftbereich eine vergleichsweise geringe und an den Spitzen eine stärkere Belagskruste auf. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.

Die Zylinderkopfoberfläche war schwarz belegt. In der Mitte bei der Düsendurchführung war teilweise eine dickere Kruste vorhanden. In den Randbereichen war der Belag teilweise ebenfalls etwas stärker.

Die Einlassventile wiesen einen schwarzen, eher geringen Belag am Ventilteller bis hin in den Übergangsbereich zum Schaft auf. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt.

Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einer grau-schwarzen Belagskruste versehen. Die Honung war bei allen Zylindern deutlich sichtbar. In der Laufbüchse war eine leichte Zeichnung des zweiten Kolbenringes ersichtlich.

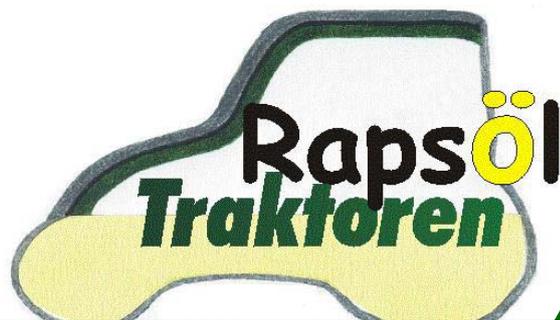
Die Kolbenböden waren feucht und geschwärzt, jedoch ohne Verkrustung.





19-0Ö

19-0Ö



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	New Holland TS 135A
Umrüstung:	März 2005
Umrüttlösung:	Graml 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.882 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	New Holland TS 135 A
Motortype	F4DE0684A
Erstmalige Zulassung	18.01.2005
Motorhersteller	IVECO
Motor Nr.	F4DE684A
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja, mit Ladeluftkühler
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	15 Liter
Nennleistung	109 kW
Nenn Drehzahl	2.220 min ⁻¹
Hubraum	6726 cm ³
Bohrung x Hub	104 x 132mm
Verdichtungsverhältnis	17:1
Einspritzpumpe	Bosch CR CP3
Einspritzdruck	300 bis 1400 bar
Kraftstofftank	220 Liter Kunststoffank
Eigengewicht	5.530 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	März 2005
bei TMh	100
Enduntersuchung	März 2008
bei TMh	1.982

Umrüstung

Umrüstsystem	Graml Zweitanksystem
Umrüster	Martin Graml



1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Bereits zu Beginn der Versuchsmessungen wurde eine geringere Leistung bei Rapsölbetrieb festgestellt. Über die Laufzeit blieb die Leistungskurve bei beiden Kraftstoffen konstant, sodass auch zu Versuchsende ein gleiches Bild der Kraftstoffe zueinander festgestellt wurde. Dem Traktor wurden laut Angabe des Umrüsters bei Betrieb mit Rapsöl generell 10% Dieselkraftstoff beigemischt.

Anbei sind die entsprechenden Diagramme dargestellt, wobei jeweils die Werte von Diesel und von Rapsöl der Anfangsuntersuchung, jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt werden.

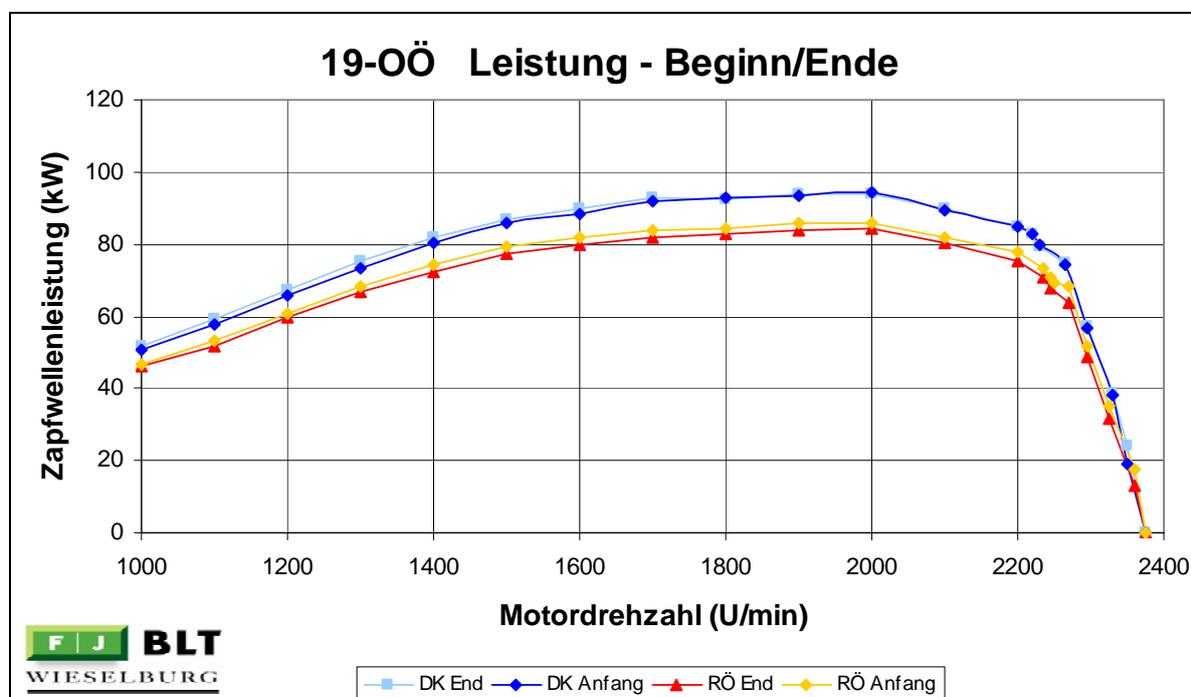


Abbildung 92: 19-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

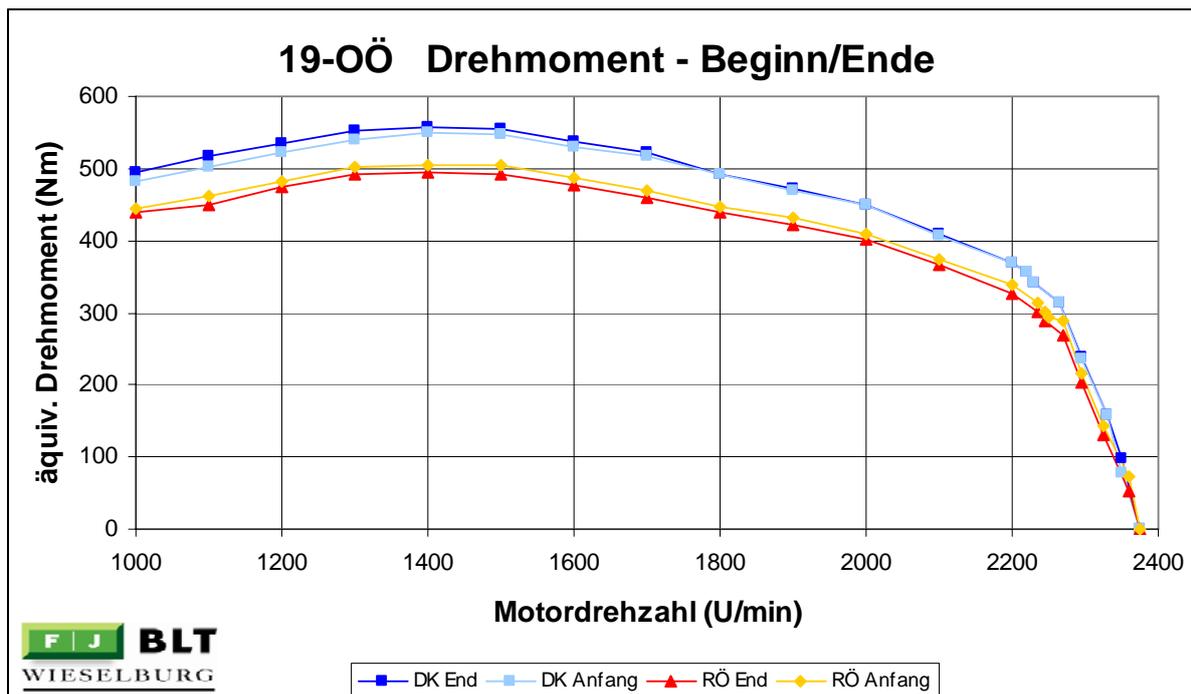


Abbildung 93: 19-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

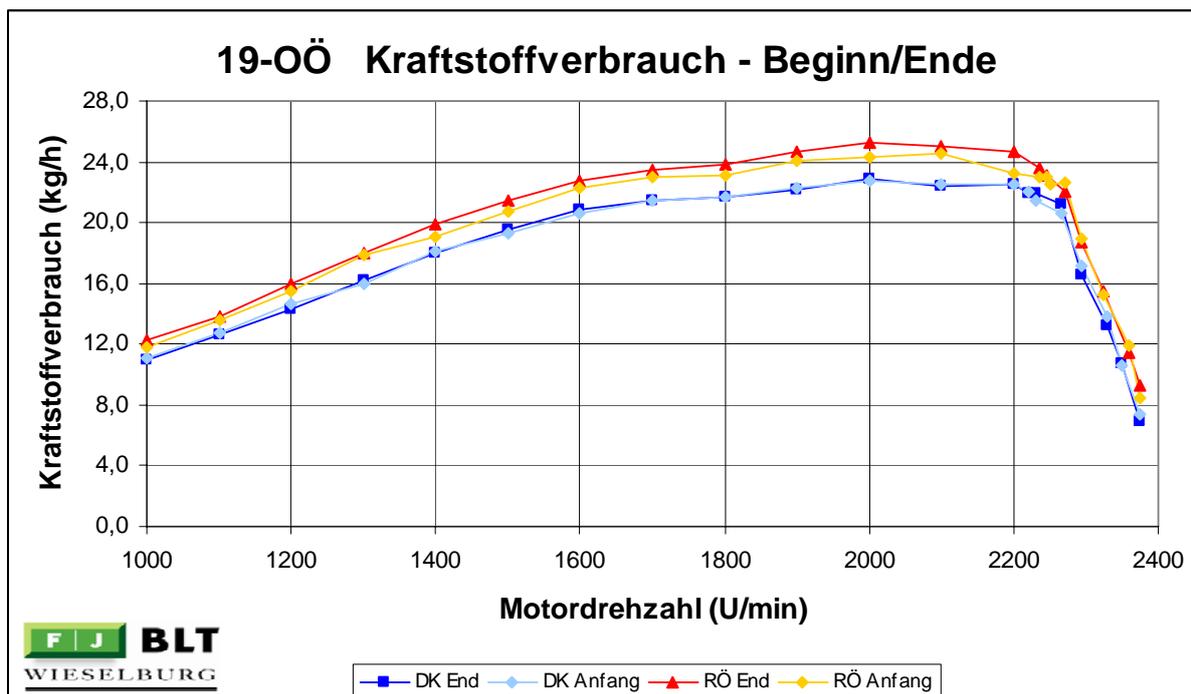


Abbildung 94: 19-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

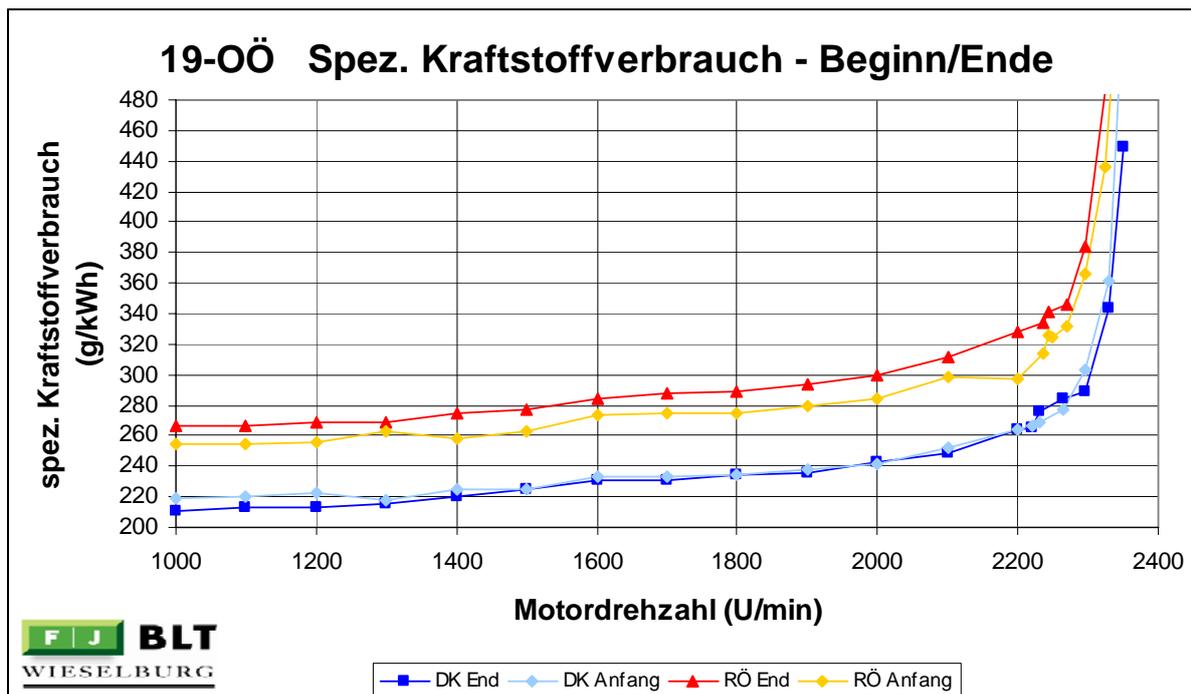


Abbildung 95: 19-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Es konnten bei den Messungen keine nennenswerten Änderungen festgestellt werden.

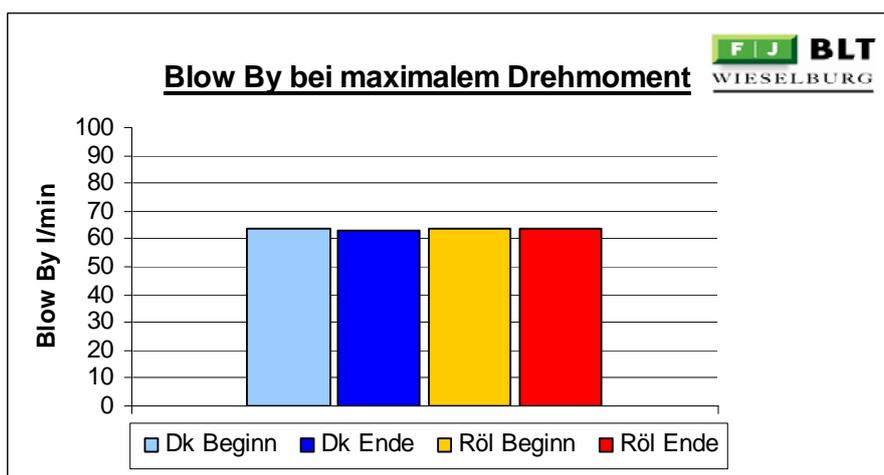


Abbildung 96: 19-OÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei beiden Kraftstoffen gleich, die Kohlenwasserstoffemissionen bei Rapsölbetrieb geringfügig niedriger. Die Stickoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb geringfügig höher als bei Dieselpetrieb.

Tabelle 23: 19-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	07.12.2005	14.02.2008	30.11.2005	15.02.2008
CO	0,91	0,88	0,91	0,86
HC	0,12	0,06	0,15	0,09
NOx	7,69	7,53	7,45	6,83

Partikelmessung

Neben der Emissionsmessung wurde im Rahmen der Enduntersuchung auch eine Partikelmessung mit dem „AVL Smart Sampler SPC 972“ durchgeführt, um zusätzlich Informationen über das Abgasverhalten zu erhalten. Es wurden jeweils zwei Messungen mit Diesel und Rapsöl durchgeführt. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Partikelmessung.

Tabelle 24: 19-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	2. Messung	Datum
RÖ	0,074	0,091	14.02.2008
DK	0,146	0,144	15.02.2008

Die Ergebnisse der Partikelmessung zeigten bei Dieselpetrieb einen rund doppelt so hohen spezifischen Partikelmasseausstoß wie bei Rapsölbetrieb. Dieser Traktor wies im Vergleich zu den übrigen Traktoren sowohl bei Rapsölbetrieb als auch bei Dieselpetrieb geringe Partikelemissionen auf.



2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte konnten laut Empfehlung des Umrüsters beibehalten werden. Während der Projektlaufzeit wurden drei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 568 TMh sowie ein Intervall zu 149 TMh (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 44 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test durchgeführt. Die alle 50 TMh geplanten Motorölproben wurden vom Betreiber sehr konsequent gezogen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsparameter. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

Die Verläufe der Viskositätsuntersuchungsergebnisse waren sowohl bei 40°C als auch bei 100°C sehr gleichmäßig. Die maximalen Abweichungen lagen bei 5 % im Vergleich zur Ausgangsbasis.

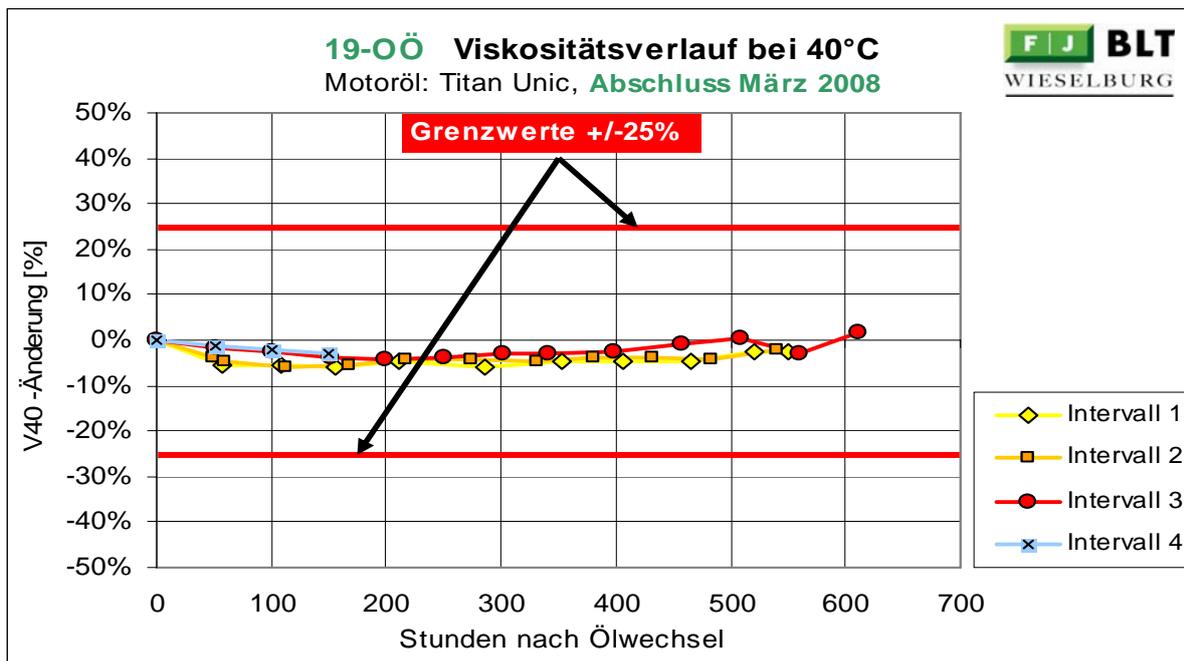


Abbildung 97: 19-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

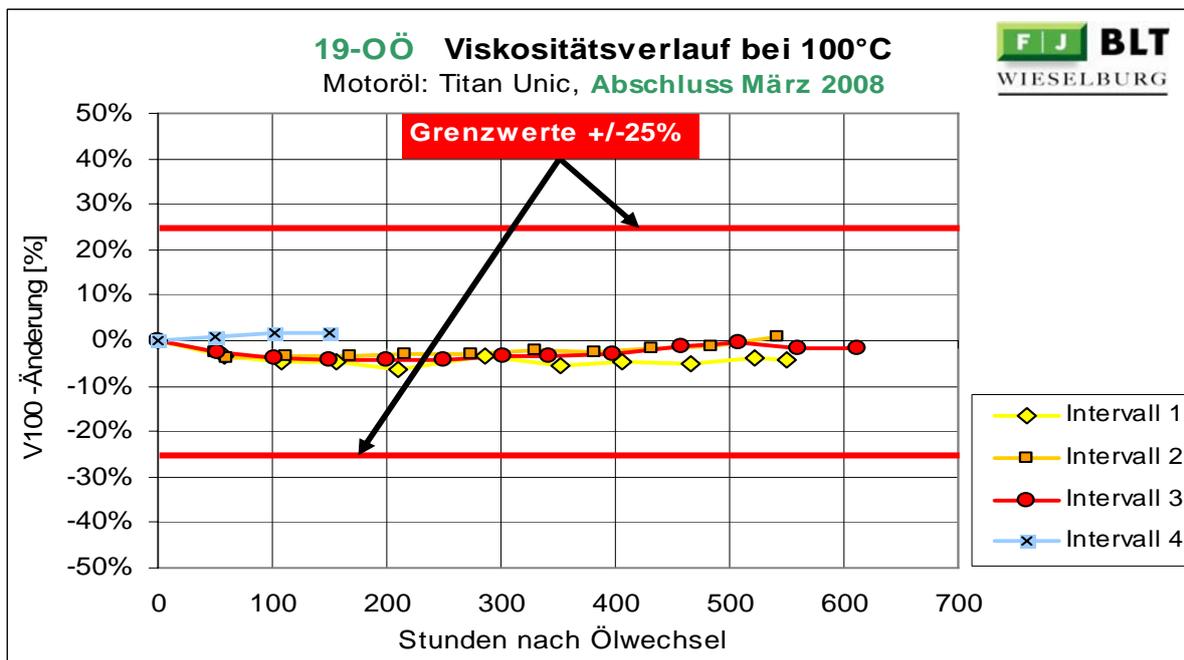


Abbildung 98: 19-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

Die Untersuchungsergebnisse der Total Base Number waren über die Ölwechselintervalle sehr konstant.

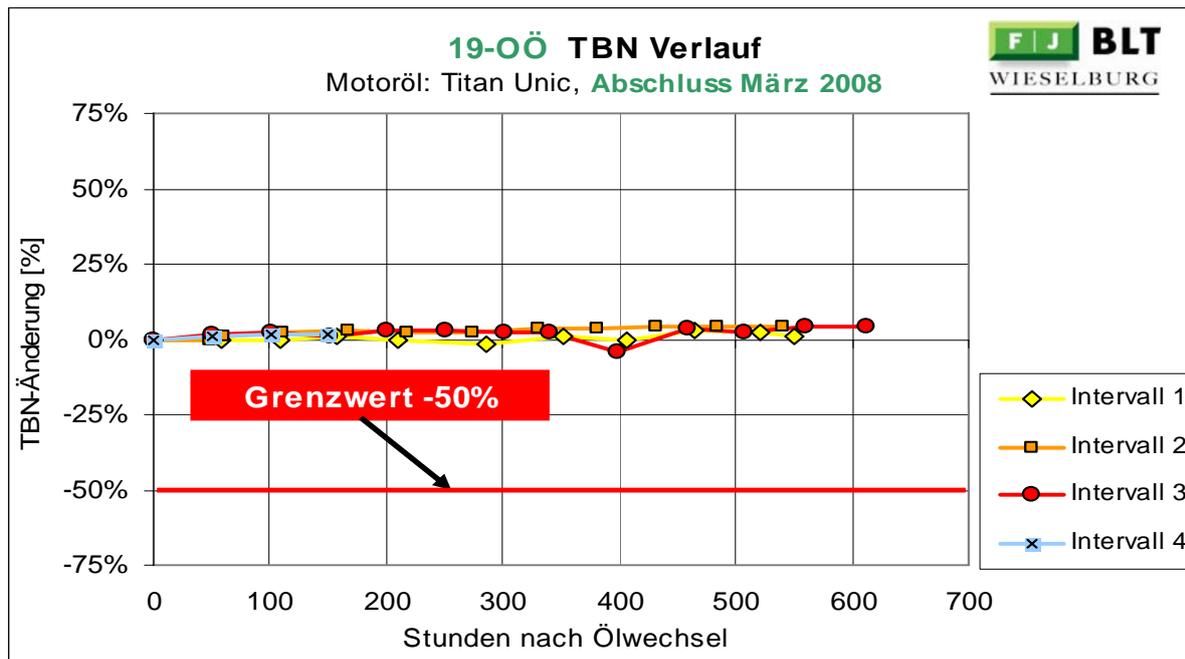


Abbildung 99: 19-OÖ Änderung der Total Base Number

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 24 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden.

Die analysierten Verschleißelemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer sowie Chrom lagen jeweils deutlich unterhalb der maximalen Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde.

Die Ergebnisse der Russ- und Rapsölgehaltanalysen wiesen geringe Werte auf, die deutlich unter den Grenzwerten von 3% beim Russgehalt und 15% beim Rapsölgehalt waren.

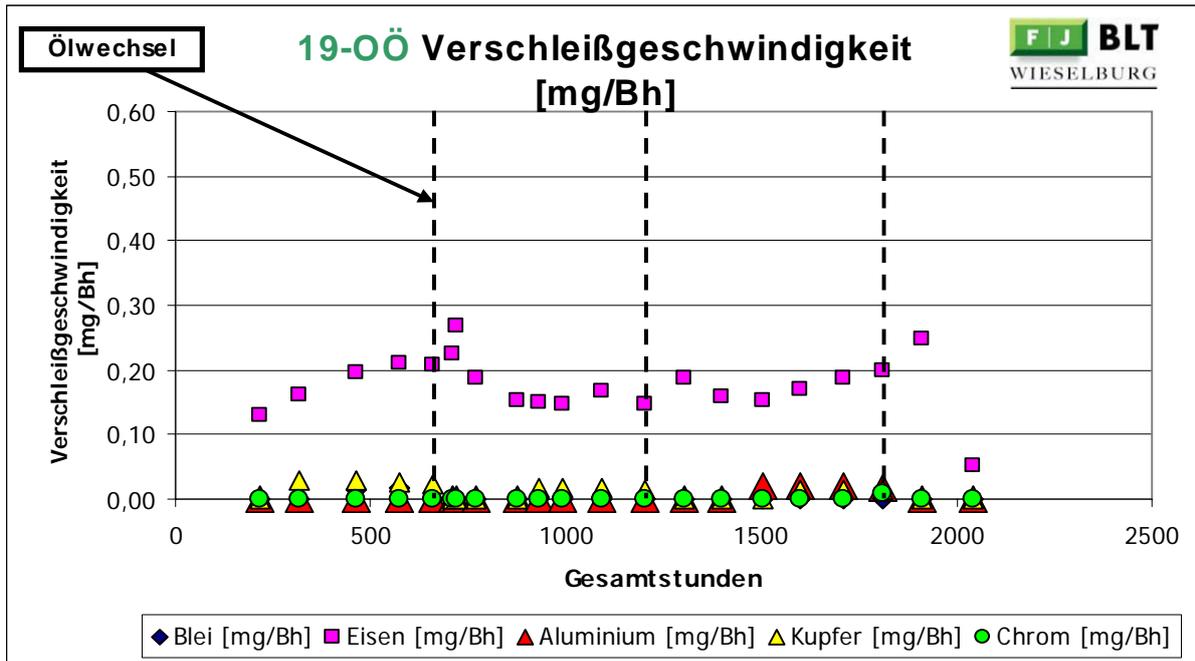


Abbildung 100: 19-OÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

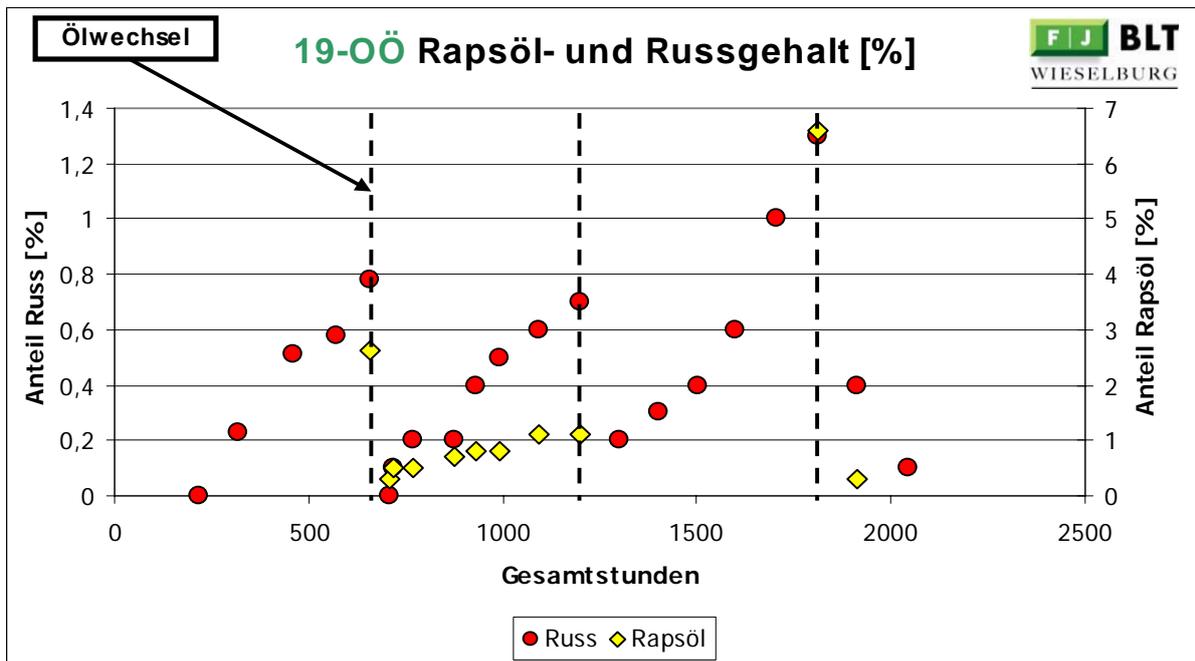


Abbildung 101: 19-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Innöl CoKG aus Mining in Oberösterreich.

Insgesamt wurden jeweils 6 Kraftstoffproben aus dem Lagertank und dem Traktortank, sowie 44 Proben aus der dazugehörigen Ölmühle Innöl gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Anbei sind die einzelnen Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprechen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Grenzwertüber- bzw. -unterschreitungen gab es bei den gezogenen Lagertankstichproben bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Oxidationsstabilität, Wassergehalt und einmal bei der Neutralisationszahl.

Tabelle 25: 19-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

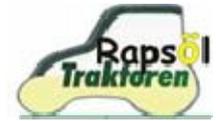
Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
17.06.2005	919	34,43	14,57	3,41	1,05	5,00	0,100
12.09.2005	917	34,93	31,13	1,65	4,52	11,04	0,081
17.03.2006	915	34,71	10,30	1,04	1,22	10,77	0,059
24.05.2006	917	34,76	8,53	1,10	4,37	3,56	0,075
01.06.2007	919	34,71	15,86	1,35		4,43	0,053
12.10.2007	920	36,81	n.f.	0,80	7,48	3,98	0,072

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Die allgemeine Verbesserung der Werte der Traktortankproben im Vergleich zu den Lagertankproben erfolgte durch den Dieselanteil. Ein fallweise höherer Dieselanteil im Rapsöltank war auf systembedingte Spülvorgänge und auf als Lecköl eingebrachten Dieseldieselkraftstoff zurückzuführen. Der Dieselanteil betrug bei den untersuchten Proben bis zu 17%.

Tabelle 26: 19-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
17.06.2005	915	29,98	43,87	3,31	5,63	0,105	6
12.09.2005	902	22,52	16,88	1,34	9,53	0,067	17
24.05.2006	905	23,86	10,15	0,05	3,47	0,071	15
06.12.2006	911	26,96	5,63	0,72	4,92		10
01.06.2007	906	24,86	16,56	1,18	4,88	0,064	13
12.10.2007	913	29,40	19,72	0,71	3,70	0,063	7



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren 1.851 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 18.072 Liter Rapsöl und 3.516 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 11,66 Liter/TMh. Der Dieselanteil betrug bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung 16%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im schweren Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 210 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 19 New Holland T8 135 A



Allgemeine Daten:

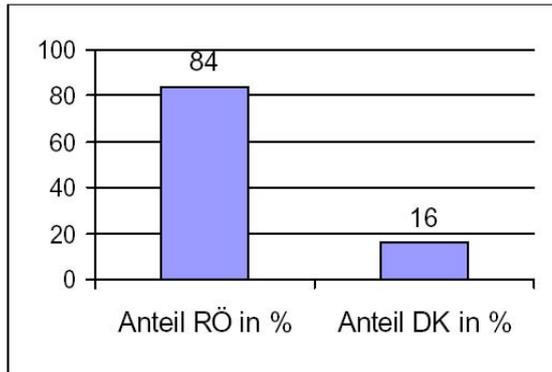
Erster Eintrag: 11. Mai. 05 bei TMh: 109
 Letzter Eintrag 11. Feb. 08 bei TMh: 1960,0 TMh lt. Traktortagebuch **1851,0**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 227

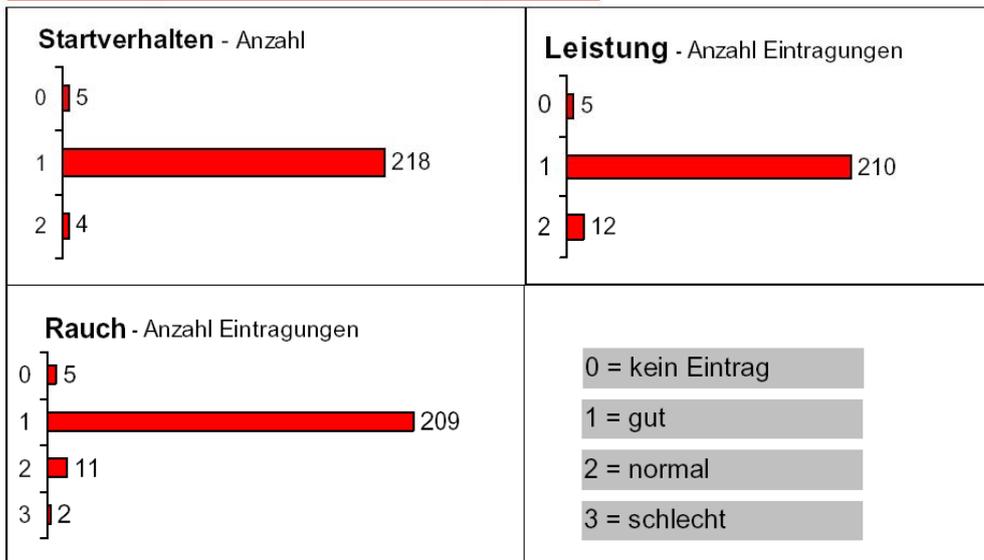
Tankmengen:

Diesel in l: 3516
 Rapsöl in l: 18072

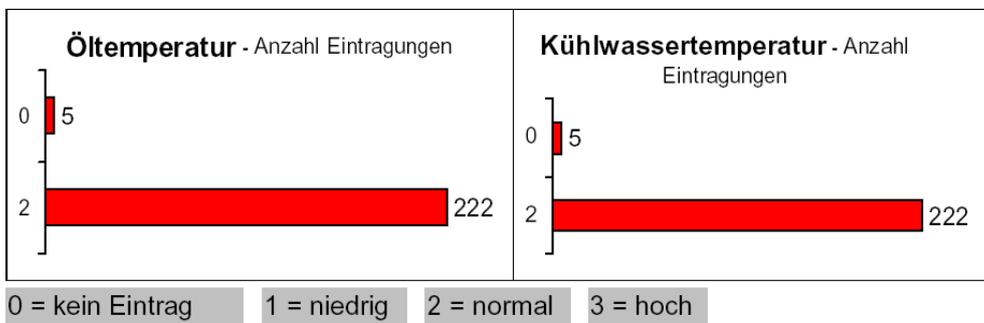
durchschnittlicher Verbrauch/h:
11,66



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



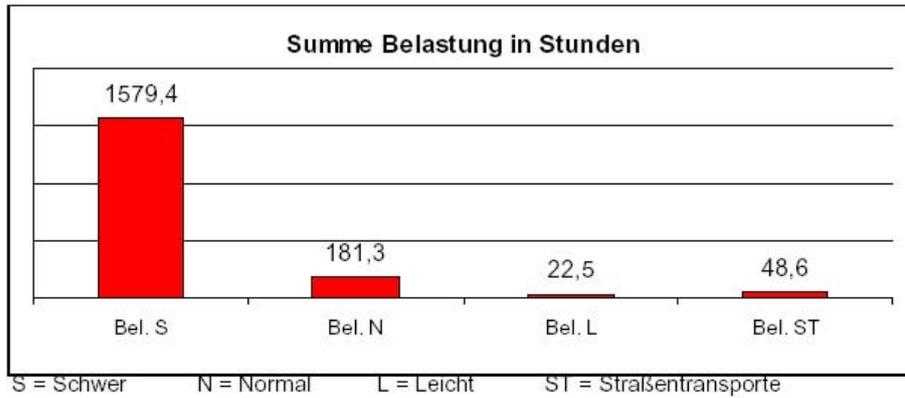


Traktortagebuch

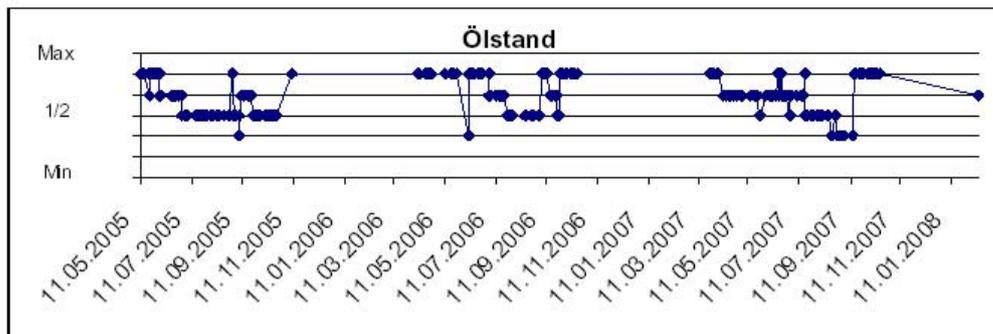
Fahrzeug: 19 New Holland T8 135 A



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Dokumentationen des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung der Traktoren wurde, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. angefertigt. Der Traktor New Holland TS 135 A besitzt einen Common Rail Motor. Ein spezielles, für die Überprüfung der Injektoren geeignetes, Prüfgerät stand nicht zur Verfügung. Deshalb wurde der Momentanzustand des Motors zu Versuchsbeginn und –ende mit dem internen Diagnosesystem des Traktors überprüft. Es wurden jeweils zufrieden stellende Werte gemessen.

Die Injektoren wiesen im Schaftbereich und auch an den Spitzen eine vergleichsweise geringe Belagskruste auf. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 102: 19-OÖ Injektor

Die Zylinderkopfdemontage ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Die Zylinderkopfoberfläche war mit einem feuchten, schwarzen Belag versehen. Am Randbereich und in der Mitte war jeweils eine leichte Verkrustung ersichtlic.



Abbildung 103: 19-OÖ Zylinderkopf

Die Einlassventile waren am Ventilteller bis hin zum Übergang in den Schaftbereich mit einer schwarzen, eher dünnen Verkrustung versehen. An den Auslassventilen wurde kein Belag festgestellt, diese waren lediglich geschwärzt.



Abbildung 104: 19-OÖ Einlassventile

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und wies einen schwarzen Belag auf. Die Honung war deutlich sichtbar. In den Laufbüchsen konnte jeweils eine geringfügige Marke des zweiten Kolbenringes beobachtet werden.

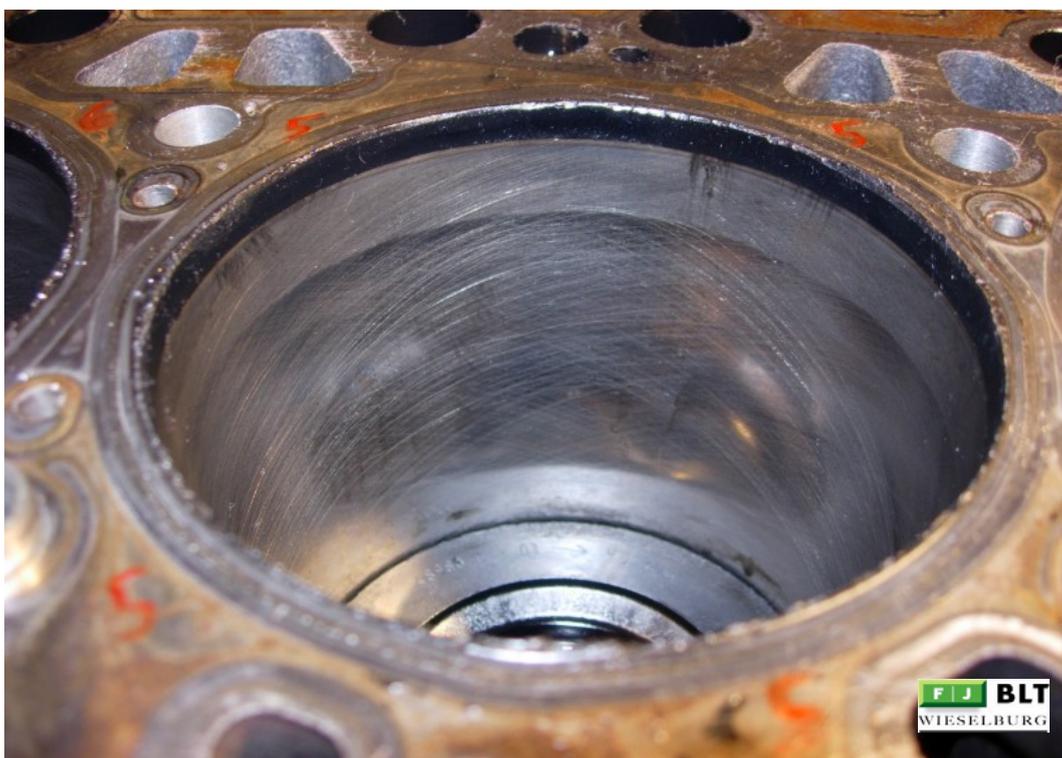


Abbildung 105: 19-OÖ Zylinderlaufbüchsen

Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen, dünnen Belag versehen. In den Randbereichen war fallweise eine geringe Krustenbildung ersichtlich. In der Mulde zeichnet sich der Aufprallpunkt des Einspritzstrahls teils punktuell durch einen rauen Belag ab.



Abbildung 106: 19-OÖ Kolbenboden



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor New Holland TS 135 A wurde im März 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 100 Traktormeterstunden von der Fa. Graml mit einem sog. Bioka 2-Tank Kraftstoffmanagement System ausgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 1.882 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Bereits zu Beginn der Versuchsmessungen konnte eine geringere Leistung bei Rapsölbetrieb festgestellt werden. Über die Laufzeit blieb die Leistungskurve bei beiden Kraftstoffen konstant, sodass auch zu Versuchsende ein gleiches Bild der Kraftstoffe zueinander festgestellt wurde. Dem Traktor wurden laut Angaben des Umrüsters bei Betrieb mit Rapsöl generell 10% Dieseldieselkraftstoff beigemischt, um das Betriebsverhalten zu verbessern.

Nach der Leistungsmessung zu Versuchsbeginn wurde der Traktor mit einem Chip zur Leistungssteigerung ausgerüstet. Vor der Endvermessung wurde dieser Chip wieder entfernt, um gleiche Versuchsbedingungen wie bei der Anfangsuntersuchung zu schaffen.

Während der Einsatzdauer des Traktors wurden vom Betreiber drei Störfälle gemeldet. Es musste jeweils eine Magnetspule eines Ventils der Kraftstoffleitung erneuert werden. Eventuell ist das Versagen der Ventile auf den Wassereintritt beim Waschen mit dem Hochdruckreiniger zurückzuführen.

Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei beiden Kraftstoffen gleich, die Kohlenwasserstoffemissionen bei Rapsölbetrieb geringfügig niedriger. Die Stickoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb geringfügig höher als bei Dieseldieselbetrieb.

Die Ergebnisse der Partikelmessung zeigten bei Dieseldieselbetrieb einen rund doppelt so hohen Partikelmasseausstoß als bei Rapsölbetrieb. Insgesamt wies dieser Traktor im Vergleich zu den übrigen Traktoren sowohl bei Rapsölbetrieb als auch bei Dieseldieselbetrieb geringe Partikelemission auf.



Grenzwertüberschreitungen gab es bei den Rapsölproben aus der Ölmühle vermehrt zu Beginn des Projektes bei der Gesamtverschmutzung.

Grenzwertüber- bzw. -unterschreitungen gab es bei den gezogenen Lagertankstichproben bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Oxidationsstabilität, Wassergehalt und einmal bei der Neutralisationszahl. Die Proben aus dem Traktortank konnten mit einer Ausnahme die von der österreichischen Kraftstoffverordnung geforderte Qualität einhalten.

Der Traktor New Holland TS 135 A besitzt einen Common Rail Motor. Ein spezielles für die Überprüfung der Injektoren geeignetes Prüfgerät stand nicht zur Verfügung. Deshalb wurde der Momentanzustand des Motors zu Versuchsbeginn und –ende mit dem internen Diagnosesystem des Traktors überprüft. Es wurden jeweils zufrieden stellende Werte gemessen.

Die Injektoren wiesen im Schaftbereich und auch an den Spitzen eine vergleichsweise geringe Belagskruste auf. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.

Die Zylinderkopfoberfläche war mit einem feuchten, schwarzen Belag versehen. Am Randbereich und in der Mitte ist jeweils eine leichte Verkrustung ersichtlich.

Die Einlassventile waren am Ventilteller bis hin zum Übergang in den Schaftbereich mit einer schwarzen, eher dünnen Verkrustung versehen. An den Auslassventilen wurde kein Belag festgestellt, diese waren lediglich geschwärzt.

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und wies einen schwarzen Belag auf. Die Honung war deutlich sichtbar. In den Laufbüchsen konnte jeweils eine geringfügige Marke des zweiten Kolbenringes beobachtet werden.

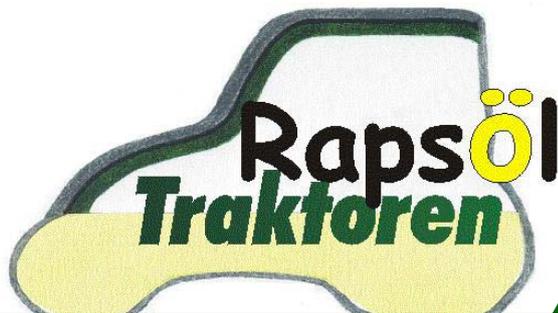
Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen, dünnen Belag versehen. In den Randbereichen war fallweise eine geringe Krustenbildung ersichtlich. In der Mulde zeichnete sich der Aufprallpunkt des Einspritzstrahls teils punktuell durch einen rauen Belag ab.





20-NÖ

20-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt 309 C
Umrüstung:	März 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	3.141 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt 309 C
Motortype	BF4M1012EC
Erstmalige Zulassung	14.09.2000
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	119 213 285
Anzahl Zylinder	4
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	9,3 Liter
Nennleistung	70 kW
Nenndrehzahl	2300 min-1
Hubraum	3192 cm ³
Bohrung x Hub	94 x 115mm
Verdichtungsverhältnis	17,5 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	110 Liter
Eigengewicht	4.220 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	März 2005
bei TMh	3303
Enduntersuchung	Jänner 2008
bei TMh	6444

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Die nachfolgenden Diagramme zeigen jeweils die mit Diesel und Rapsöl gemessenen Werte der Anfangsuntersuchung die jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt werden. Die Leistung bei Rapsölbetrieb war geringfügig niedriger als bei Dieselpetrieb.

Bei Versuchsende wurden keine Leistungsmessungen durchgeführt, da dieser Traktor mit einer Turbokupplung ausgestattet ist. Laut Bedienungsanleitung darf diese Turbokupplung unter 1500 U/min keiner Dauerbelastung ausgesetzt werden. Bei einem baugleichen Traktor der Versuchsflotte kam es während der Leistungsmessung zu einem Kupplungsschaden. Deshalb wurde bei Traktoren, welche mit einer Turbokupplung ausgestattet sind, in der Folge auf Leistungs- und Emissionsmessungen verzichtet.

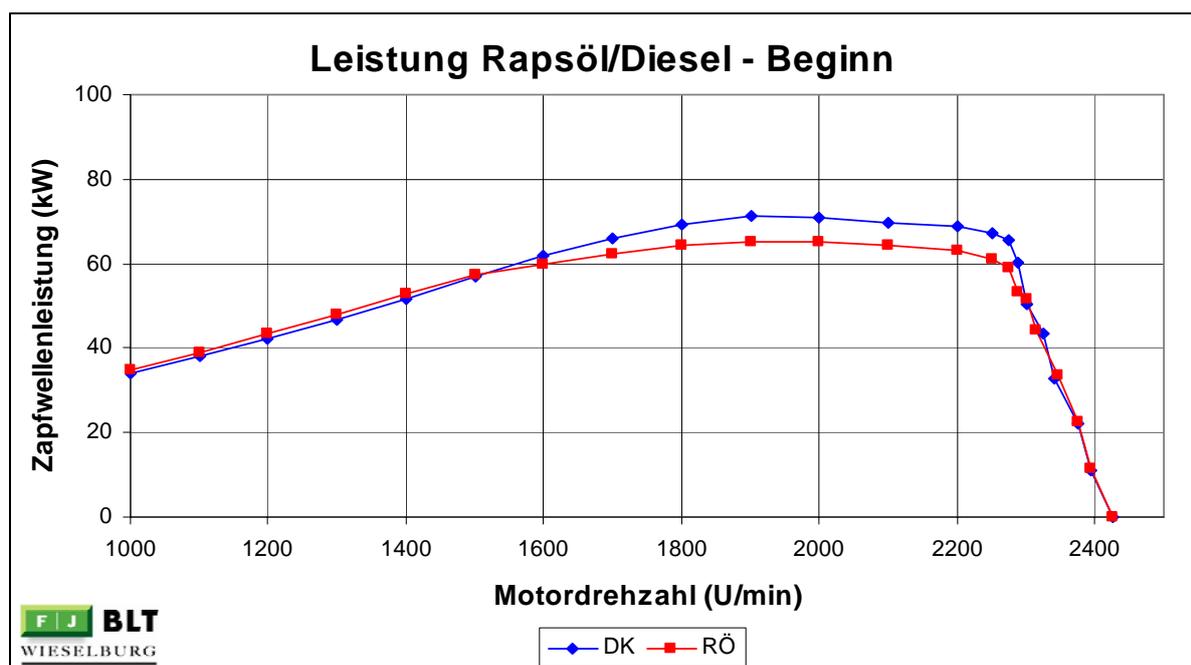


Abbildung 107: 20-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl bei Beginn

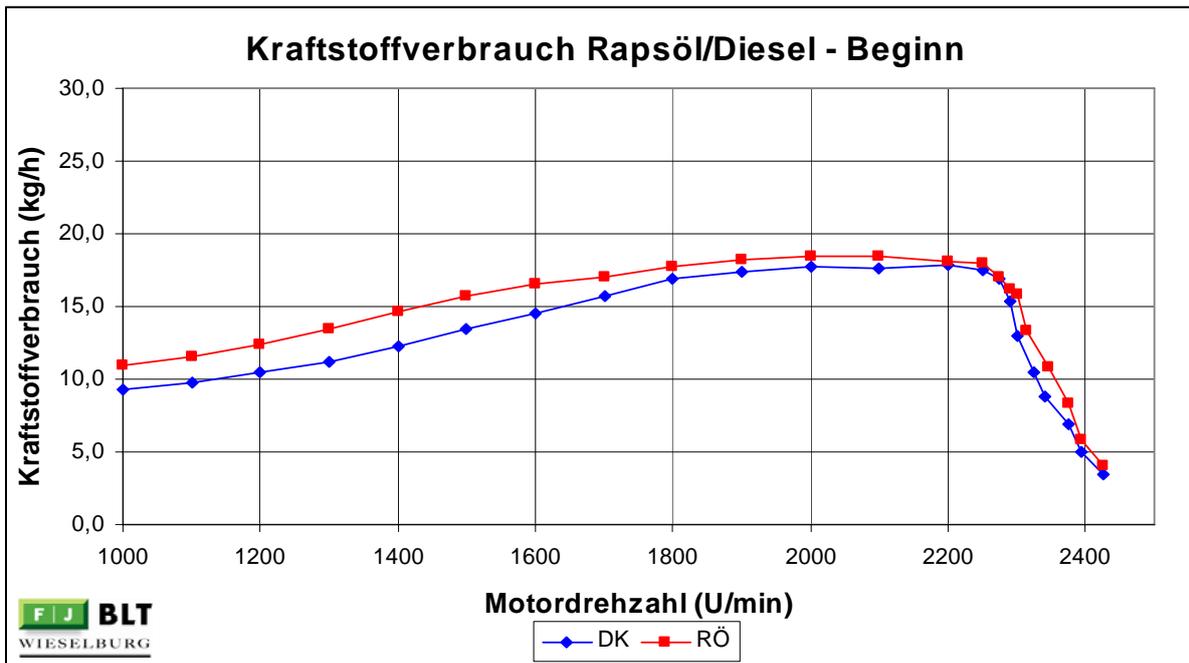


Abbildung 108: 20-NÖ Kraftstoffverbrauch Diesel und Rapsöl bei Beginn

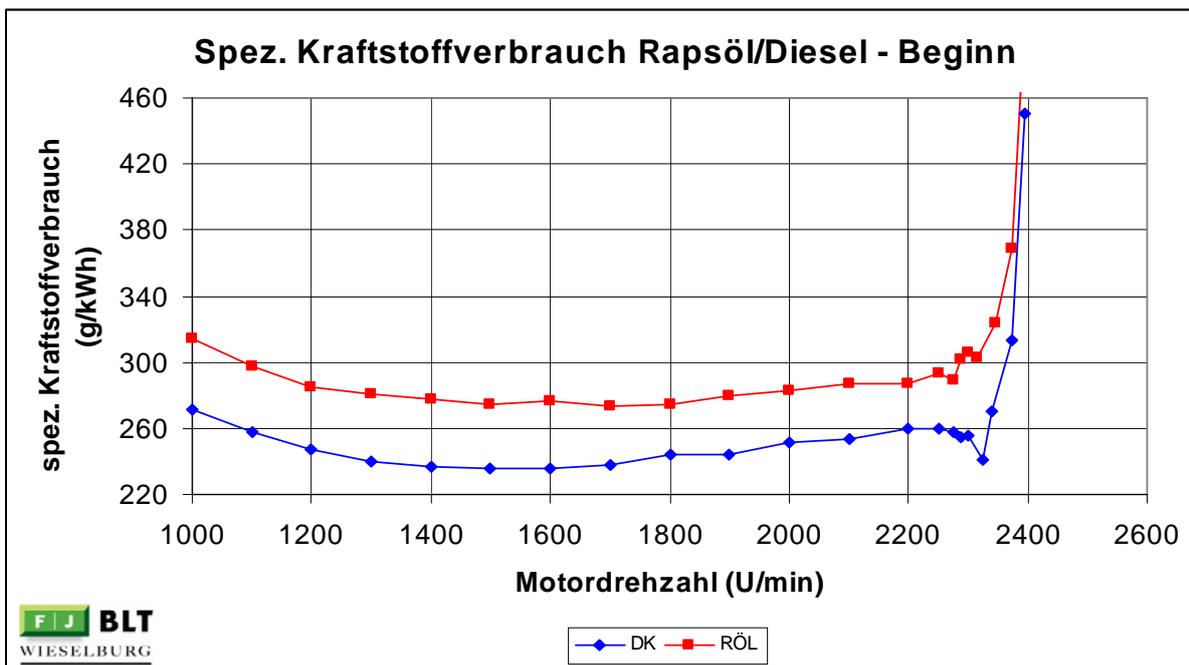


Abbildung 109: 20-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Diesel und Rapsöl bei Beginn



2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte wurden laut Empfehlung des Umrüsters auf 250 Stunden reduziert.

Während der Projektteilnahme wurden 12 Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 277 TMh untersucht. Von 81 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test angefertigt. Die alle 50 TMh geplanten Motorölproben wurden vom Betreiber sehr regelmäßig.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

Der Verlauf der Viskositätsergebnisse bei 40°C bewegte sich grundsätzlich innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte. Die größten Abnahmen konnten bei den Altölproben der Intervalle 4 und 5 mit rund 20 % festgestellt werden. Ansonsten wiesen die Altölproben im Schnitt eine Änderung von -10% im Vergleich zur 5-Minuten-Probe auf.

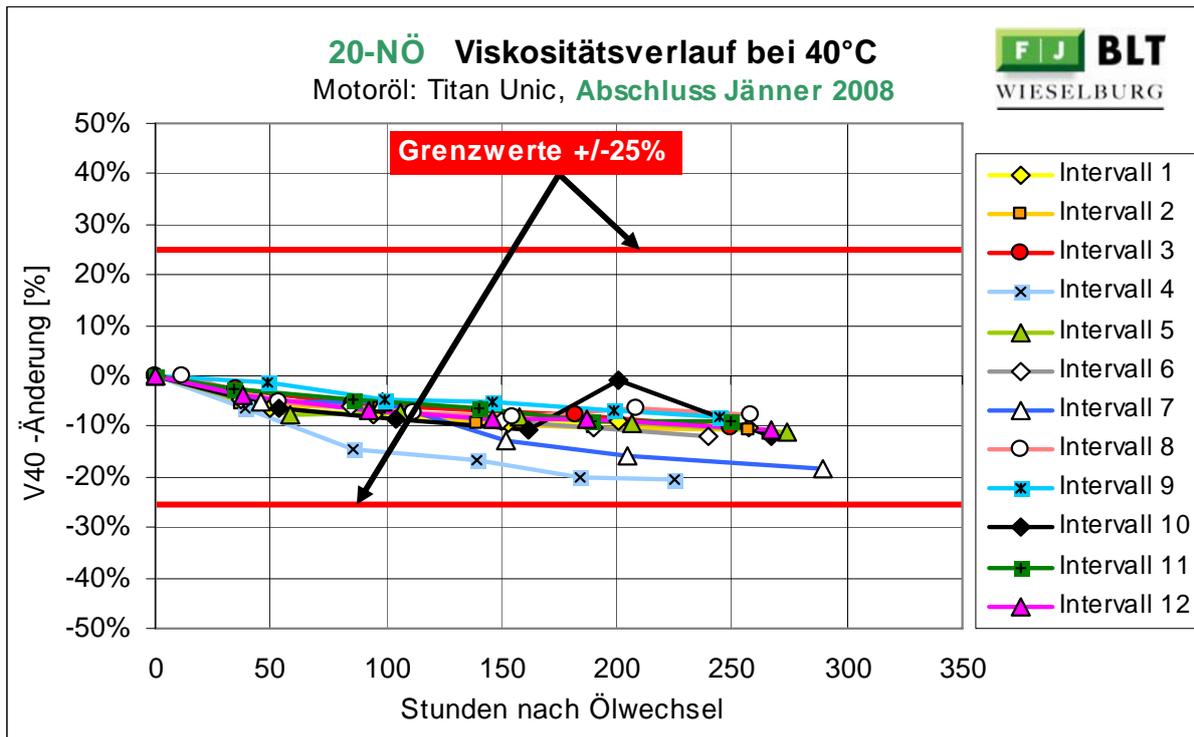


Abbildung 110: 20-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 100°C zeigten einen relativ gleichmäßigen Verlauf. Lediglich im Intervall 4 kam es zu einer fast 20 %-igen Abnahme der Viskosität.

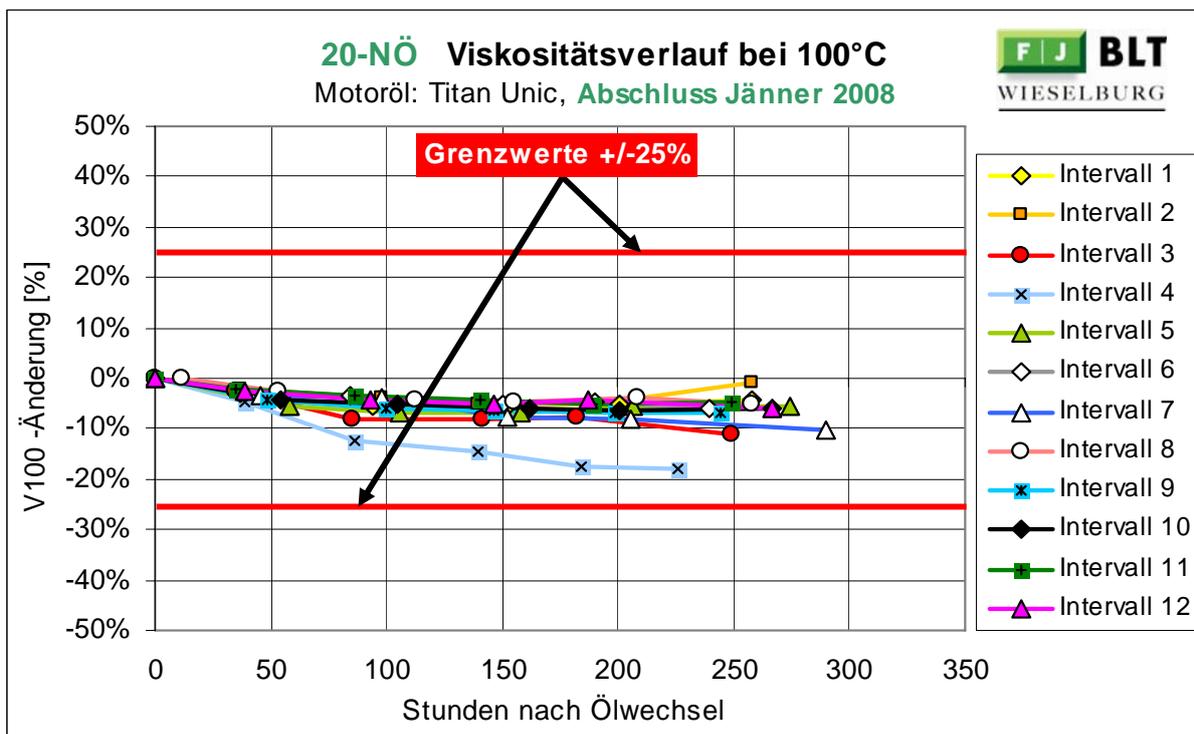


Abbildung 111: 20-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

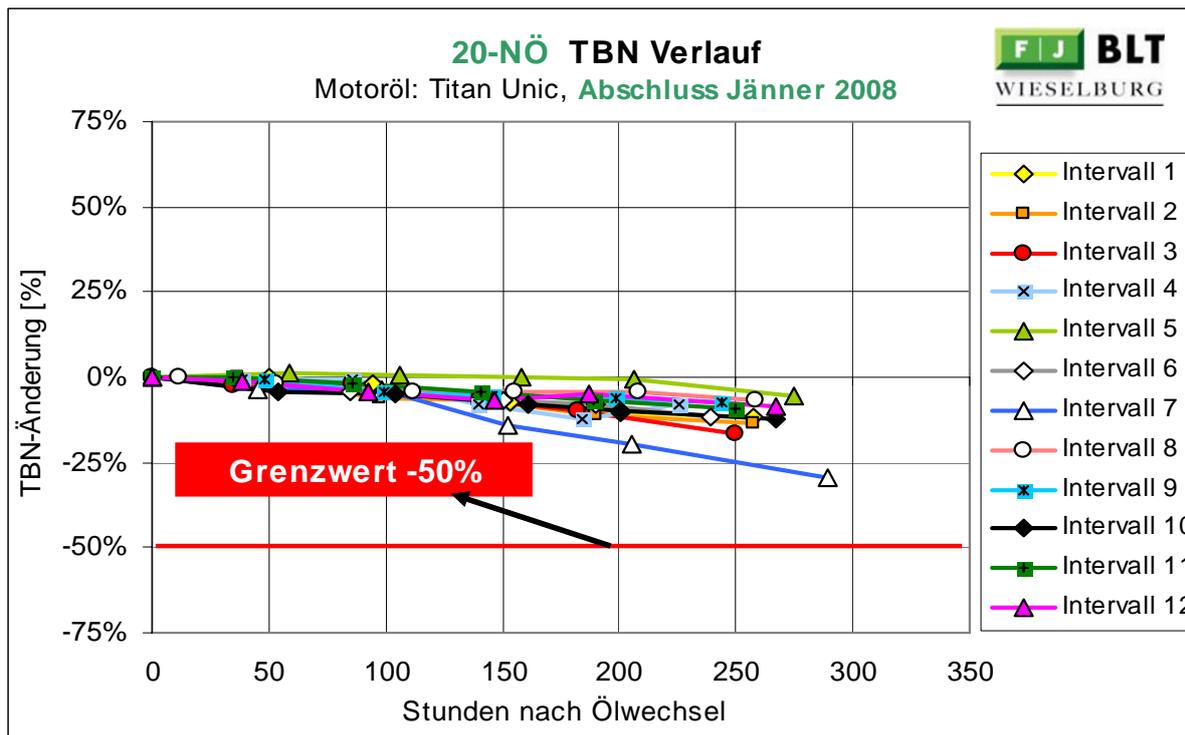


Abbildung 112: 20-NÖ Änderung der Total Base Number

Die Untersuchungsergebnisse der Total Base Number nehmen typischerweise mit steigender Laufzeit ab. Die Analysenergebnisse zeigten ein sehr einheitliches Bild. Die stärkste Abnahme wurde mit knapp 30 % im Intervall 7 festgestellt.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 25 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an ausgewählten Verschleißelementen untersucht wurden.

Es gab keine Auffälligkeiten hinsichtlich der analysierten Verschleißelemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom. Die Verschleißgeschwindigkeit war durchwegs deutlich unterhalb des vorgegebenen Grenzwertes von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde.

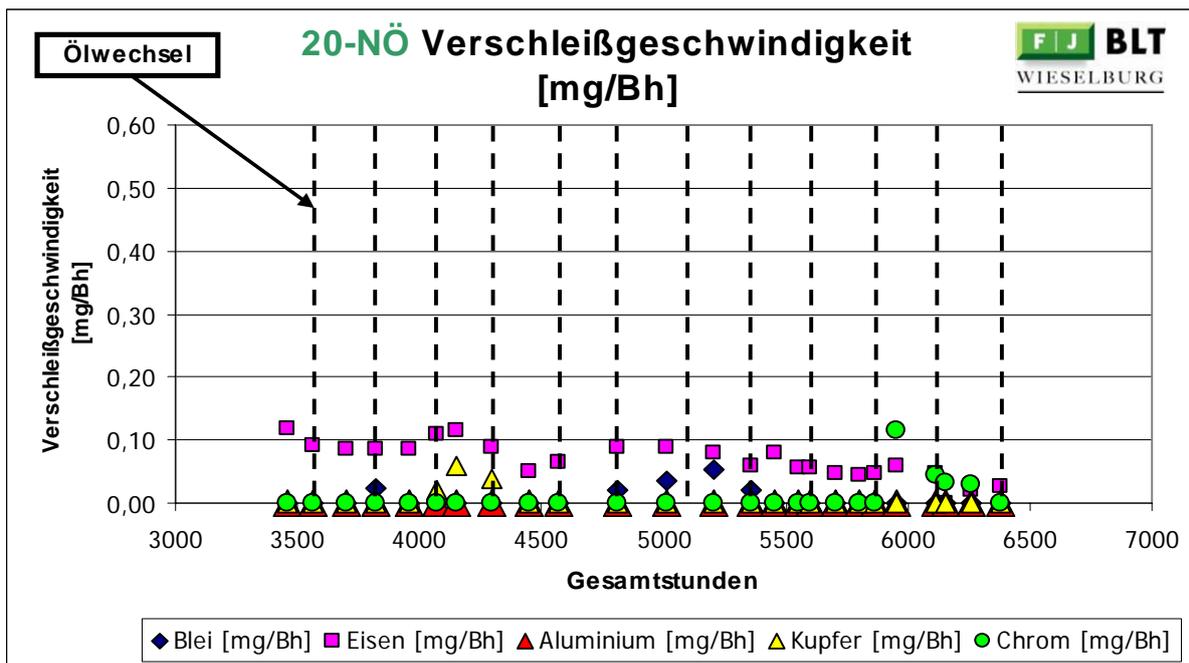


Abbildung 113: 20-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Die Analysenergebnisse des Russ- und Rapsölgehaltes blieben jeweils unterhalb der festgelegten 3% bzw. 15% Grenze.

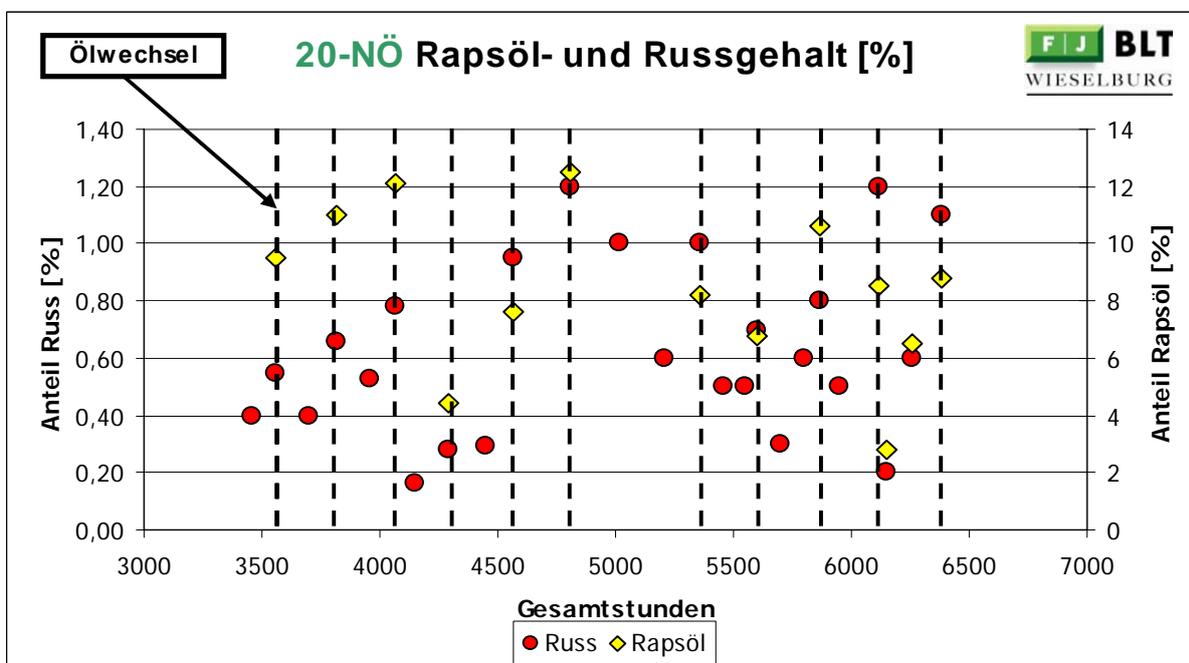


Abbildung 114: 20-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte überwiegend von der Ölmühle Winkler Mühle aus Marbach a. d. Donau in Niederösterreich.

Insgesamt wurden 18 Proben aus der Ölmühle, sowie jeweils sechs Proben aus dem Lagertank und dem Traktortank gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Nachfolgend sind die einzelnen Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht der geforderten Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den Proben aus dem Lagertank traten Grenzwertüber- bzw. unterschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Oxidationsstabilität, Wassergehalt und einmal beim Parameter Phosphorgehalt auf.

Tabelle 27: 20-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
31.08.2005	916	34,84	27,58	1,83	4,20	10,81	0,084
06.02.2006	920	34,82	13,80	0,97	2,88	3,73	0,063
24.05.2006	917	34,81	11,25	1,43	5,93	17,39	0,075
21.12.2006	921	35,17	n.f.	0,47		6,31	0,039
18.06.2007	920	35,40	20,68	0,78	8,42	8,07	0,061
02.08.2007	920	35,00	12,86	0,65	8,47		

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Tabelle 28: 20-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
31.08.2005	917	34,62	25,93	1,86	9,40	0,077	2
06.02.2006	894	14,47	11,43	0,67	2,59	0,048	34
24.05.2006	916	33,93	6,15	1,46	16,72	0,079	4
21.12.2006	904	18,45	n.f.	0,74	7,96	0,035	25
18.06.2007	920	35,30	10,46	0,84	3,92	0,060	0
02.08.2007	920	34,82		0,79			0

Allfällige Grenzwertüberschreitungen bei den Kraftstoffproben aus dem Traktortank korrespondierten mit den entsprechenden Lagertankproben.

Die Unterschreitung des Dichtegrenzwertes war auf einen höheren Dieselanteil während des Winterbetriebes zurückzuführen.



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zwei Jahren und 9 Monaten 3.053 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 14.819 Liter Rapsöl und 853 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 5,1 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 5%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im leichten Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 657 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 20 Fendt Farmer 309



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 11. Mär. 05 bei TMh: 3308,6
 Letzter Eintrag 27. Dez. 07 bei TMh: 6361,3 TMh lt. Traktortagebuch **3052,7**

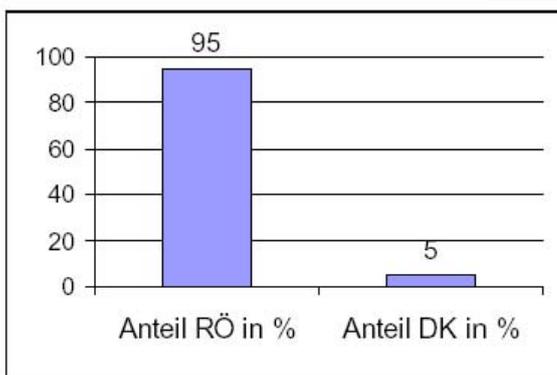
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 657

Tankmengen:

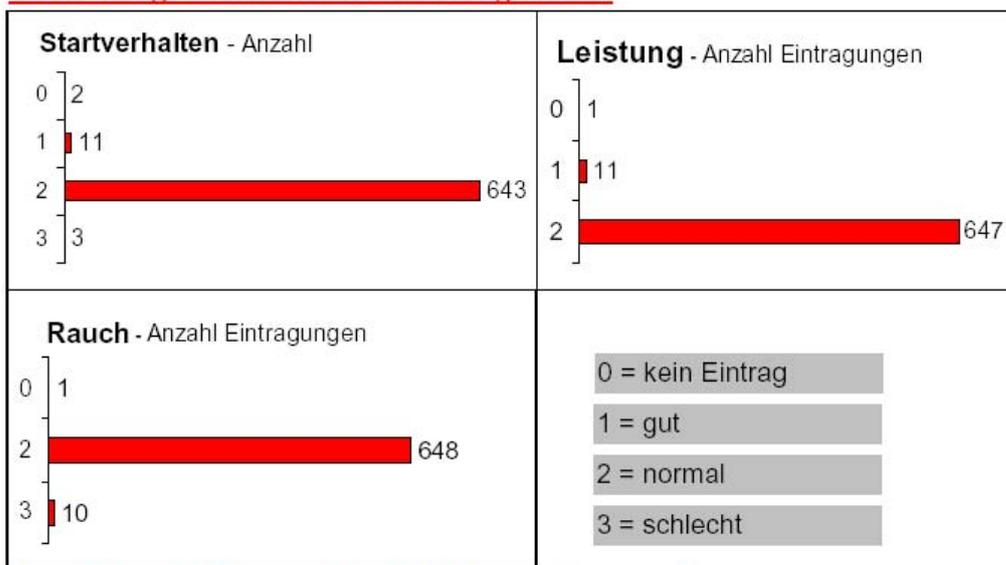
Diesel in l: 853
 Rapsöl in l: 14819

durchschnittlicher Verbrauch/h:

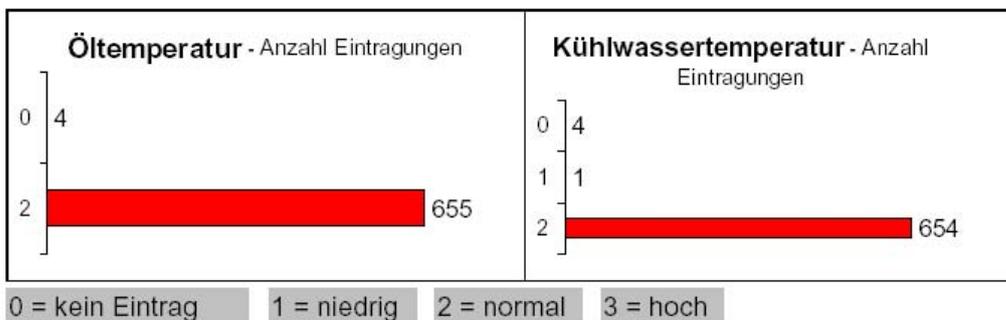
5,13



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



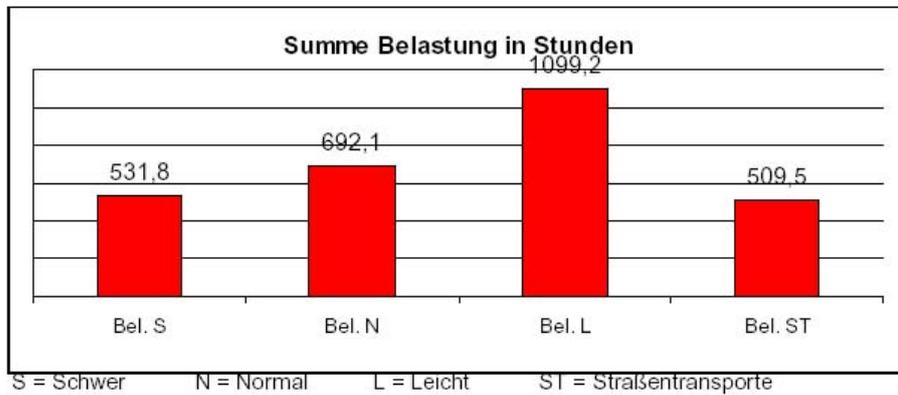


Traktortagebuch

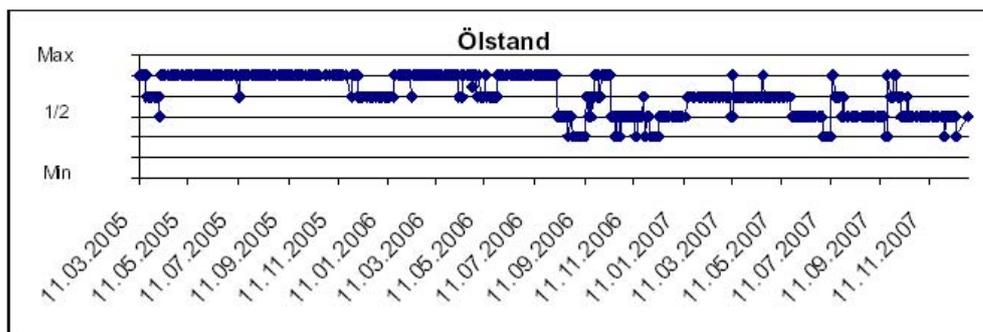
Fahrzeug: 20 Fendt Farmer 309



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf





5. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurde, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. untersucht. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Enduntersuchung zeigte normale Kompressionswerte und auch die Druckverlustmessung war unauffällig. Der Düsenöffnungsdruck hat sich gegenüber dem Anfangszustand um bis zu 30 bar verringert. Das Spritzbild der Düsen war in Ordnung.

Tabelle 29: 20-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	32	32	18	20	285	255	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	32	33	12	6	285	255	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	31	32	18	10	285	265	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	32	32	10	12	285	260	i.O.	i.O.	Düse 4

i.O.....in Ordnung

Der Schaftbereich der Düsen wies teilweise einen schwarzen, krustenartigen Belag auf. Die Düsenspitzen waren etwas stärker verkrustet, die Löcher allesamt frei.



Abbildung 115: 20-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

Die Kopfoberfläche war mit einem schwarzen Belag versehen, welcher in den Randbereichen und in der Mitte in eine geringe Verkrustung überging.

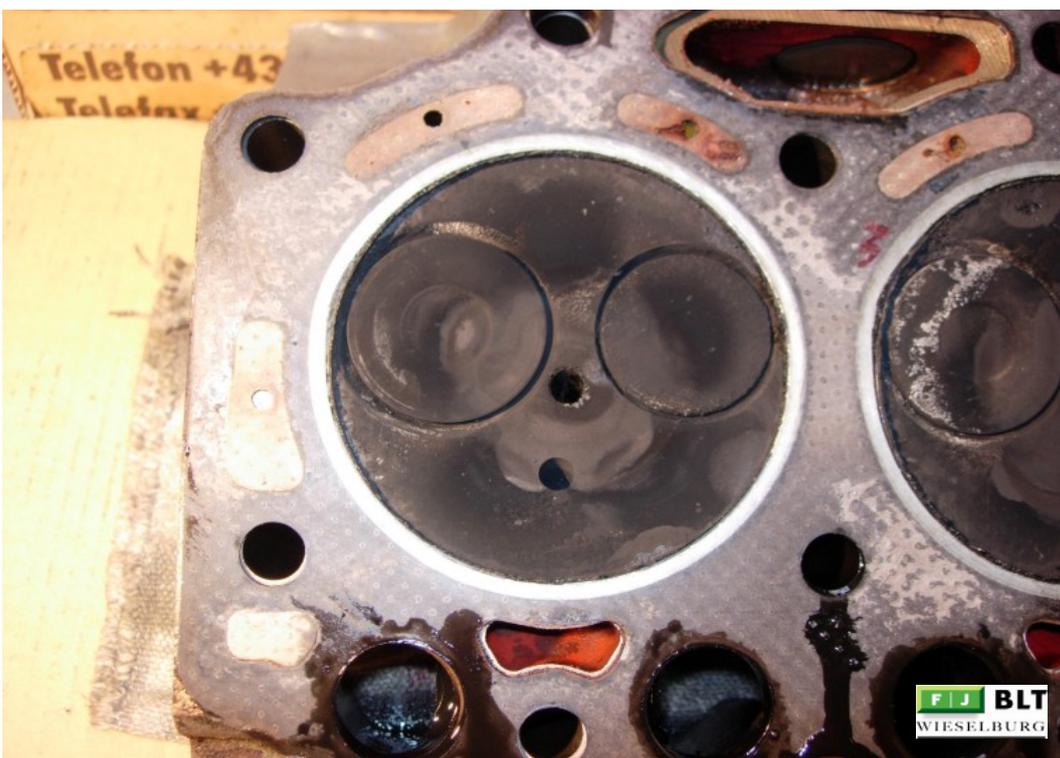


Abbildung 116: 20-NÖ Zylinderkopf

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich mit einer massiven Belagkruste versehen. Auch der Einlasskanal war verkrustet. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen, russartigen Belag überzogen. Der Auslasskanal wies ebenfalls eine Verkrustung auf.



Abbildung 117: 20-NÖ Einlass- und Auslassventile

Der Feuerstegbereich war klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagkruste versehen. Die Honspuren waren bei allen Zylindern deutlich sichtbar. Die Laufbüchsen waren in einem der Laufzeit entsprechenden guten Zustand.



Abbildung 118: 20-NÖ Zylinderlaufbüchse

Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen bis teilweise weiß-grauen Belag versehen, welcher sich teilweise in eine Kruste verstärkte. Das Spritzbild in der Kolbenmulde war deutlich sichtbar.



Abbildung 119: 20-NÖ Kolbenboden



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt 309 C wurde im März 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 3.303 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1- Tank System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 3.141 Traktormeterstunden mit dieser Umrüstung betrieben.

Während des Versuchszeitraumes wurden vom Betreiber keine nennenswerten Störungen gemeldet. Im Juni 2006 wurde die Kraftstoffförderpumpe erneuert.

Die Leistung bei Rapsölbetrieb war geringfügig niedriger als bei Betrieb mit Dieselmotorkraftstoff. Bei Versuchsende wurden keine Leistungsmessungen durchgeführt, da dieser Traktor mit einer Turbokupplung ausgestattet ist. Laut Bedienungsanleitung darf diese Turbokupplung unter 1500 U/min keiner Dauerbelastung ausgesetzt werden. Bei einem baugleichen Traktor der Versuchsflotte kam es während der Leistungsmessung zu einem Kupplungsschaden. Deshalb wurde bei derartigen Traktoren in der Folge auf Leistungs- und Emissionsmessungen verzichtet.

Hinsichtlich der Motorölanalysen wurden keine Überschreitungen der Grenzwerte bei den Parametern Viskosität und Total Base Number festgestellt. Die Verschleißgeschwindigkeit sowie die Russ- und Rapsölgehalte lagen ebenfalls unterhalb der vorgegebenen Grenzwerte.

Grenzwertüberschreitungen hinsichtlich der Rapsölqualität gab es bei den Proben aus der Ölmühle vor allem bei der Gesamtverschmutzung und dem Wassergehalt. Vereinzelt wurden ebenfalls die Neutralisationszahl sowie der Phosphorgehalt überschritten. Bis auf eine Ausnahme konnte der vorgegebene Mindestwert der Oxidationsstabilität von 5 Stunden deutlich eingehalten werden.

Die Lagertank- und Traktortankproben wiesen jeweils zwei Überschreitungen hinsichtlich der Gesamtverschmutzung und des Wassergehaltes bei den gezogenen Stichproben auf. Im Übrigen gab es kaum Grenzwertüberschreitungen.

Die Untersuchung des Motors bei Versuchsende zeigte normale Kompressionswerte und auch die Druckverlustmessung war unauffällig. Der Düsenöffnungsdruck hat sich



gegenüber dem Anfangszustand um bis zu 30 bar verringert. Das Spritzbild der Düsen war in Ordnung.

Der Schaftbereich der Düsen weist teilweise einen schwarzen, krustenartigen Belag auf. Die Düsenspitzen waren etwas stärker verkrustet, die Löcher allesamt frei.

Die Kopfoberfläche ist mit einem schwarzen Belag versehen, welcher in den Randbereichen und in der Mitte in eine regelrechte Verkrustung übergeht.

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich mit einer massiven Belagkruste versehen. Auch der Einlasskanal war verkrustet. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen, russartigen Belag überzogen. Der Auslasskanal wies ebenfalls eine Verkrustung auf.

Der Feuerstegbereich ist klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagkruste versehen. Die Honspuren waren bei allen Zylindern deutlich sichtbar. Die Laufbüchsen sind in einem der Laufzeit entsprechenden guten Zustand.

Die Kolbenböden sind mit einem schwarzen bis teilweise weiß-grauen Belag versehen, welcher sich teilweise in eine Kruste verstärkt. Das Spritzbild in der Kolbenmulde war deutlich sichtbar.





21-NÖ

21-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Deutz Agrotron TTV 1145
Umrüstung:	März 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	2.334 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Deutz Agrotor TTV 1145
Motortype	BF6M1013E
Erstmalige Zulassung	20.10.2004
Motorhersteller	Deutz
Motor Nr.	009 70292
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	21 Liter
Nennleistung	105 kW
Nenn Drehzahl	2200 U/min
Hubraum	7.146 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 130 mm
Verdichtungsverhältnis	
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	
Kraftstofftank	270 Liter
Eigengewicht	6.525 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	März 2005
bei TMh	556
Enduntersuchung	Februar 2008
bei TMh	2.890

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP



1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Vollastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Der Traktor wies schon bei der Messung zu Versuchsbeginn generell eine höhere Leistung als vergleichbare Serientraktoren auf, wobei die Leistung bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselmotorkraftstoff war.

Die Endvermessung zeigte einen eklatanten Leistungsanstieg bei beiden Kraftstoffen. Die Enddrehzahl hatte sich ebenfalls verschoben. Diese Leistungs- und Drehzahlsteigerung lässt sich allenfalls durch eine Änderung der Motoreinstellung erklären. Laut Auskunft des Betreibers erfolgte während des Versuchszeitraumes keine Veränderung der Motoreinstellung.

Nachfolgend sind die Leistungs- und Verbrauchsdiagramme dargestellt, wobei jeweils die Werte von Diesel- und von Rapsölbetrieb der Anfangsuntersuchung, jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt werden.

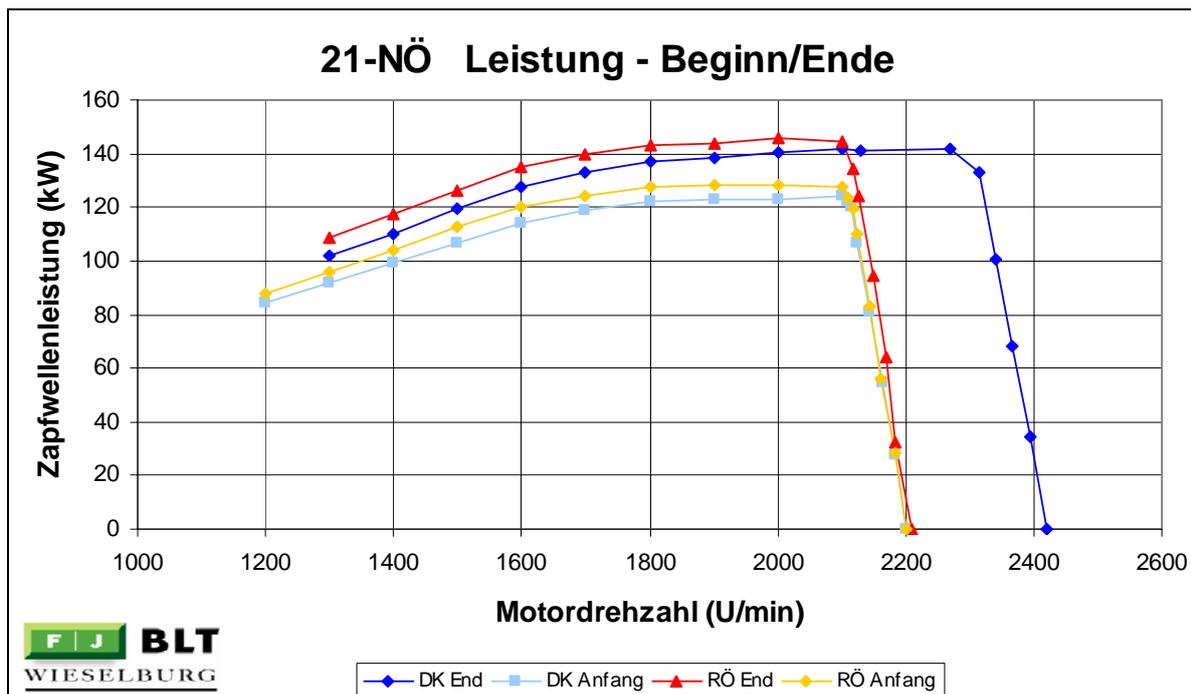


Abbildung 120: 21-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

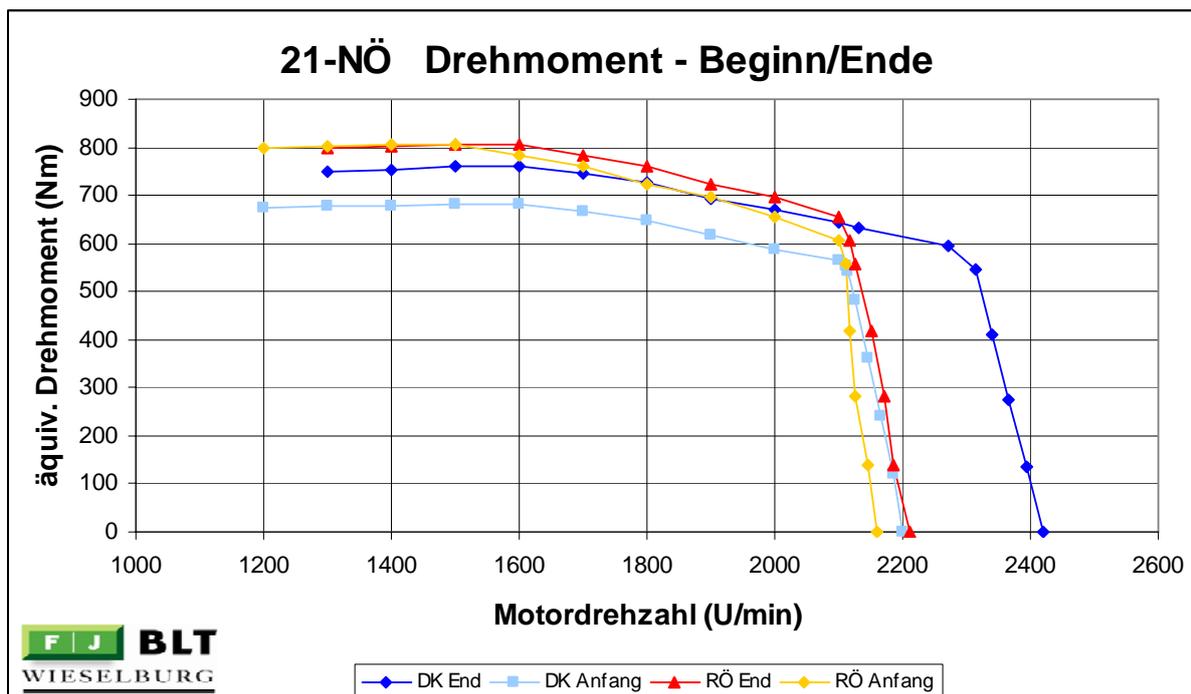


Abbildung 121: 21-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

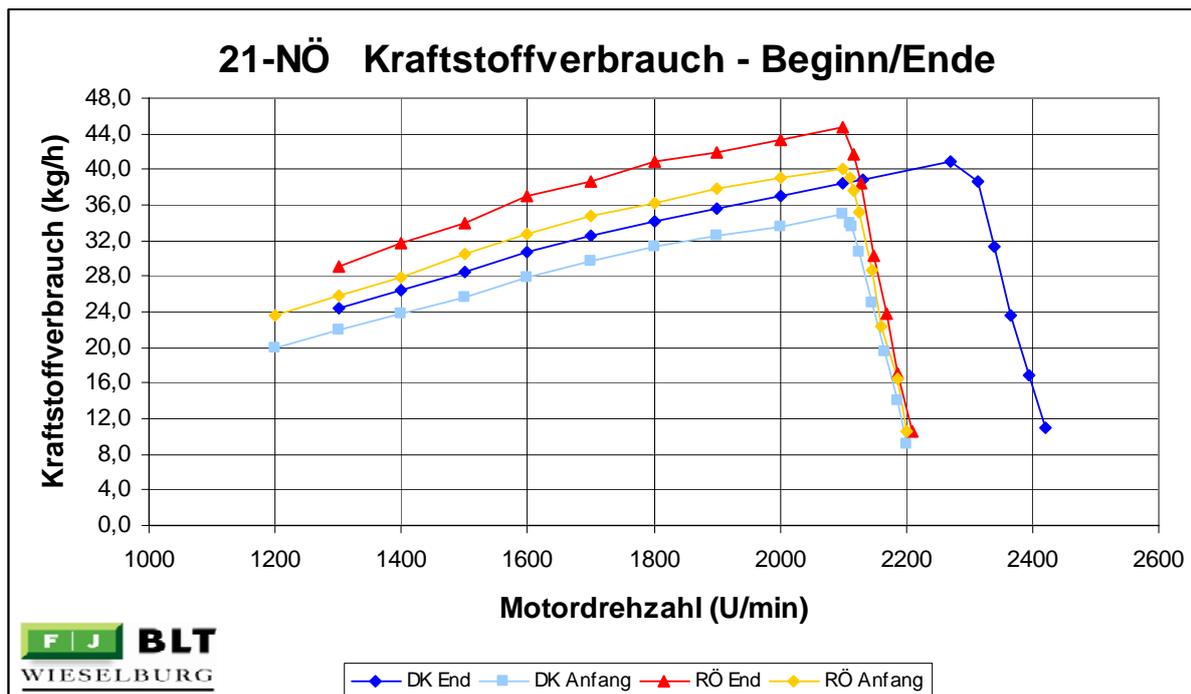


Abbildung 122: 21-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

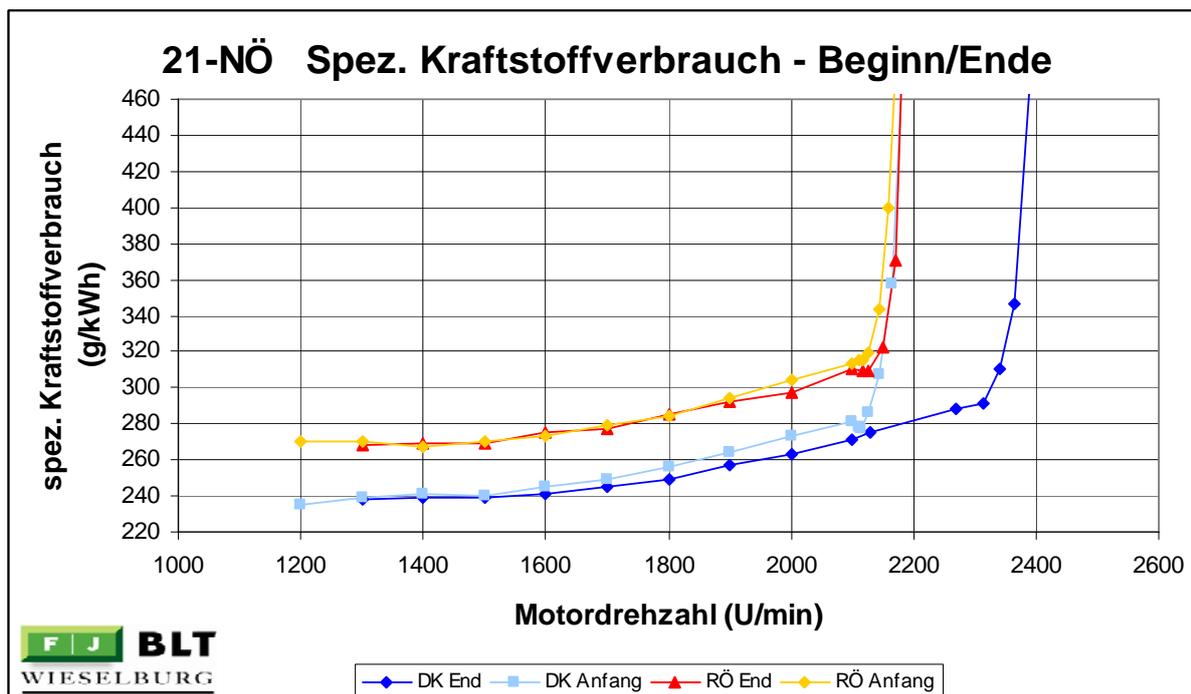


Abbildung 123: 21-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Bei der Endvermessung konnte ein deutlicher Anstieg der Blow-by Werte beobachtet werden.

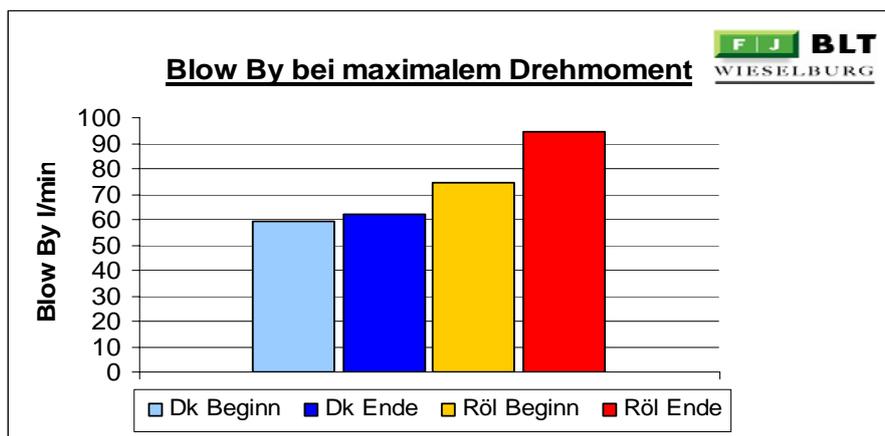


Abbildung 124: 21-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen waren bei Rapsölbetrieb deutlich geringer als bei Dieselbetrieb. Die Stickoxidemissionen lagen bei Rapsölbetrieb geringfügig über denen bei Dieselbetrieb. Über die Laufzeit konnte bei beiden Kraftstoffen eine Zunahme der spezifischen Kohlenmonoxidemission sowie eine Abnahme bei den Kohlenwasserstoff- und den Stickoxidemissionen beobachtet werden. Das Verhältnis der Emissionen der Kraftstoffe zueinander veränderte sich über die Laufzeit nicht. Verglichen mit den Emissionsmessungen der übrigen Traktoren wies dieser Traktor hinsichtlich der kohlenstoffhaltigen Emissionen bei Dieselbetrieb überdurchschnittliche, bei Rapsölbetrieb durchschnittliche Werte auf. Die Stickoxide waren bei beiden Kraftstoffen deutlich niedriger als der Durchschnitt aller Traktoren.

Tabelle 30: 21-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	BeginnDK	Ende DK
[g/kWh]	13.05.2005	04.10.2007	12.05.2005	04.10.2007
CO	1,23	1,30	1,72	2,17
HC	0,29	0,25	0,80	0,75
NO _x	7,73	7,17	7,01	6,42



2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte hat der Umrüster auf 250 Betriebsstunden eingeschränkt.

Während der Projektlaufzeit wurden acht Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 266 TMh sowie ein Intervall (letztes angefangenes Intervall) zu 175 TMh untersucht. Von 60 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test angefertigt. Lediglich 9% der geplanten alle 50 TMh zu ziehenden Motorölproben (davon 4 Frischölproben) wurden vom Betreiber nicht gezogen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

Die Analysenergebnisse der Viskosität bei 40°C waren mit zunehmender Ölalterung kontinuierlich abnehmend. Mit Ausnahme einer Unterschreitung bei einer Ölprobe im Intervall 6 konnten die vorgegebenen Grenzwerte durchgehend eingehalten werden.

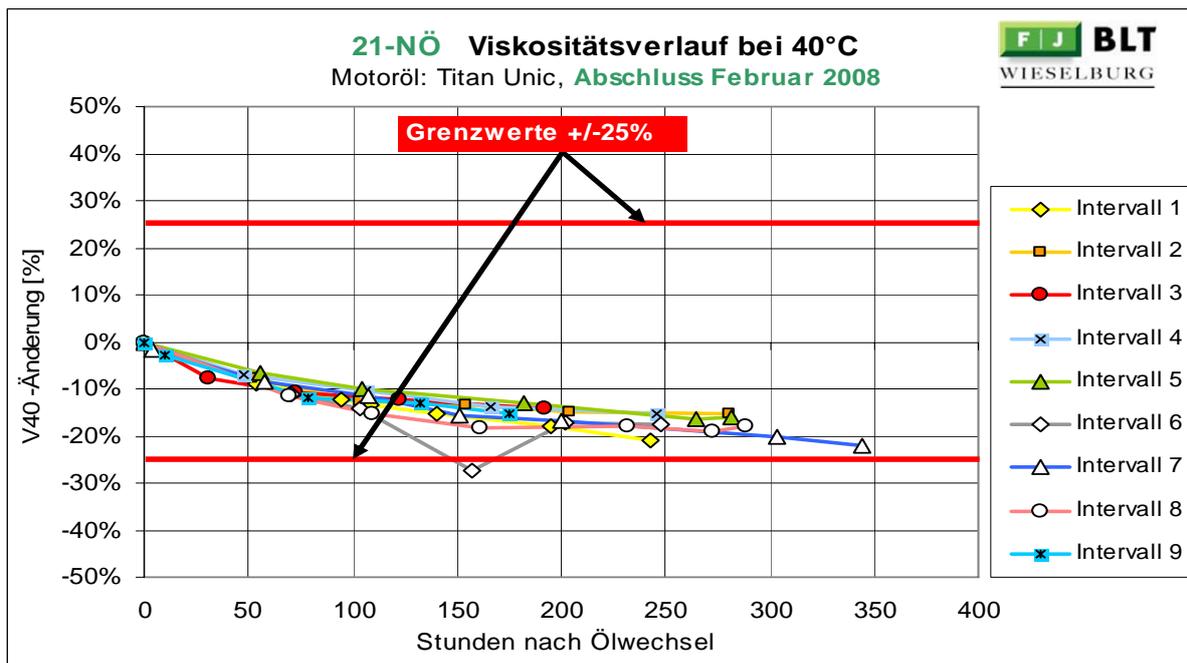


Abbildung 125: 21-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsverläufe bei 100°C waren sehr gleichmäßig. Im Durchschnitt lag die Abnahme der Viskosität mit zunehmender Alterung bei rund 10 % der Bezugsbasis.

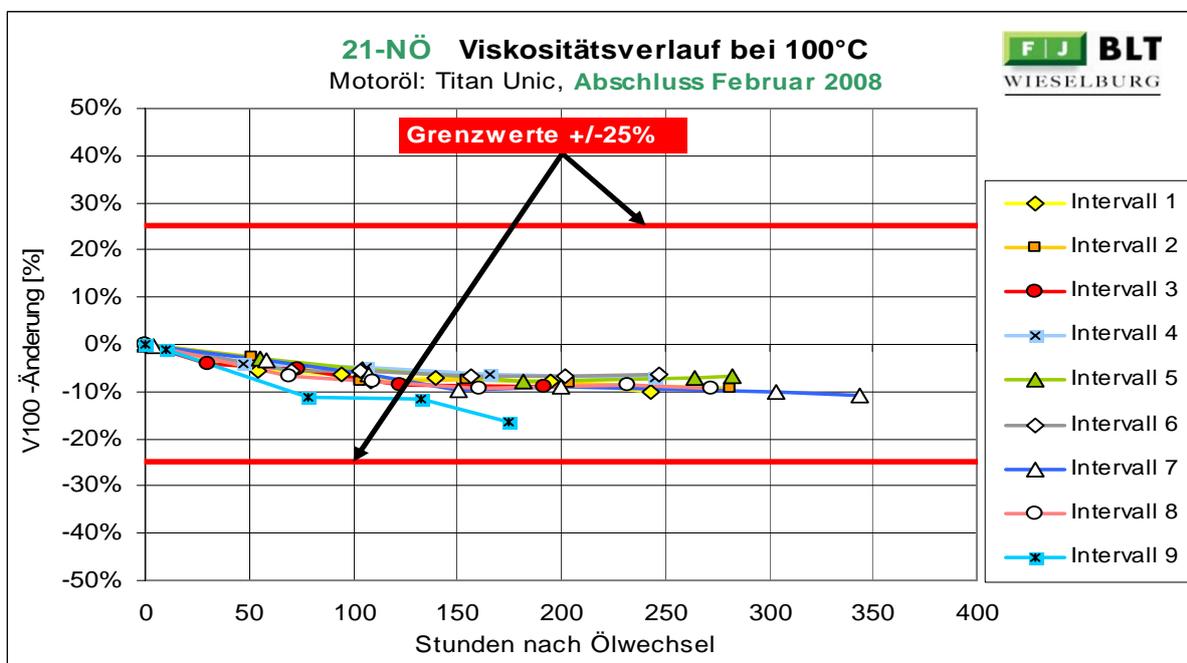


Abbildung 126: 21-NÖ Änderungen der Viskosität bei 100°C

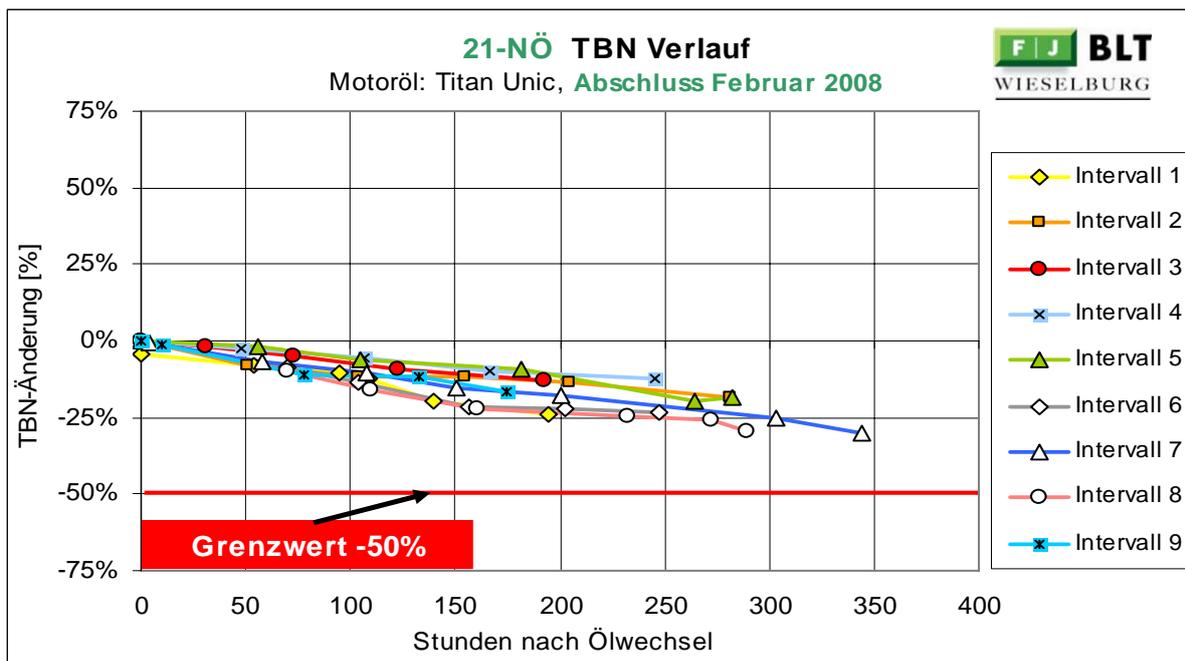


Abbildung 127: 21-NÖ Änderungen Total Base Number

Die maximalen Abnahmen beim Parameter Total Base Number waren in den Intervallen 7 und 8 mit 30% bzw. 29% festzustellen. Im Mittel wiesen die Intervalle eine Abnahme von 21% der Altölproben im Vergleich zur Frischölprobe auf. Sie lagen somit deutlich unter dem Grenzwert einer maximalen Abnahme von 50%.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors wurden 18 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Rapsöl-, Russgehalt und den Gehalt an Verschleißelementen untersucht wurden.

Die Verschleißgeschwindigkeit lag bei allen analysierten Elementen - Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom - unter der vorgegebenen Grenze von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde.

Vier von acht analysierten Motorölproben überschritten den zulässigen Gehalt von 15% Rapsöl. Die festgelegte Grenze von 3% für den Russgehalt wurde bei allen untersuchten Proben deutlich unterschritten.

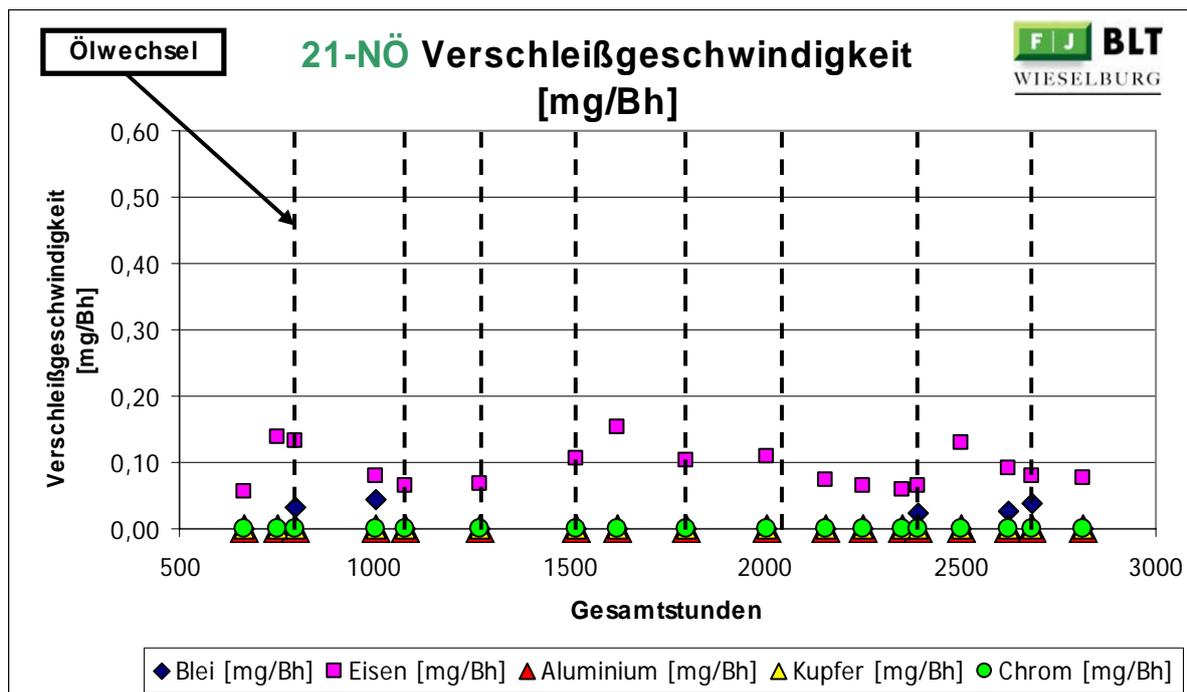


Abbildung 128: 21-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

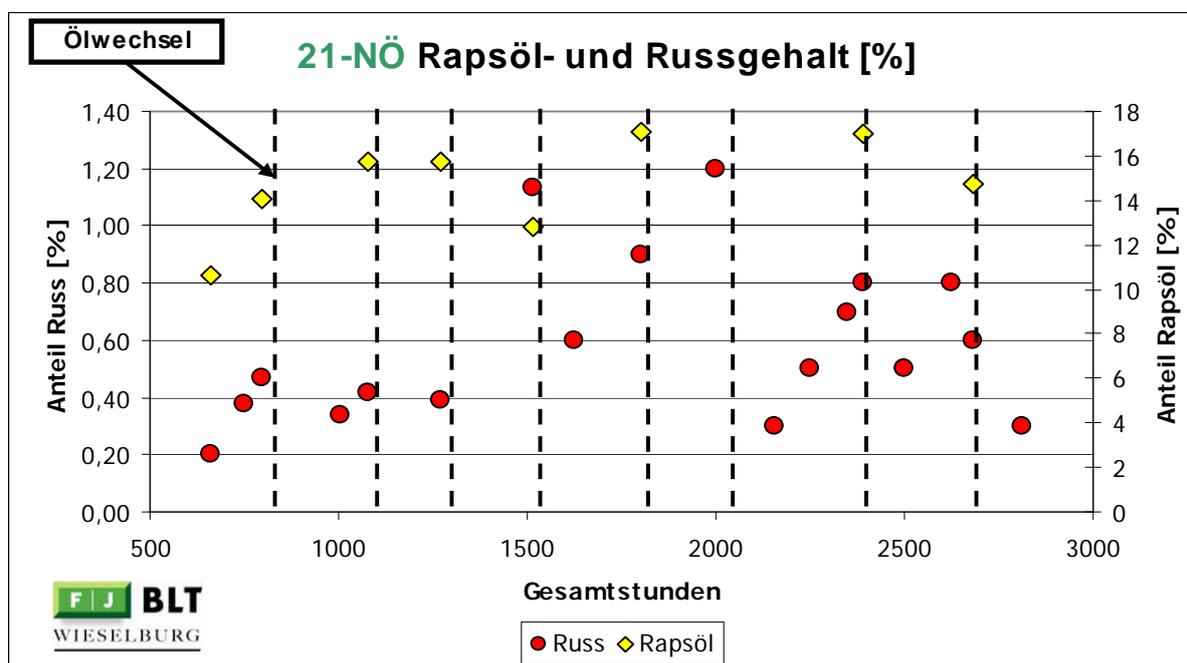


Abbildung 129: 21-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind bei den physikalisch-chemischen Parametern im Allgemeinen keine Auffälligkeiten festzustellen, der Trendverlauf ist typisch. Allerdings bewegt sich der Kraftstoffeintrag auf einem sehr hohen Niveau und übersteigt in einigen Fällen den festgelegten Grenzwert von 15%.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle, acht Proben aus dem Lagertank, sowie neun Proben aus dem Traktortank gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Nachfolgend sind die entsprechenden Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot hinterlegte Ergebnisse entsprechen nicht der in der österreichischen Kraftstoffverordnung geforderten Qualität.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den untersuchten Lagertankproben wurde eine einmalige, jedoch deutliche Überschreitung beim Parameter Gesamtverschmutzung festgestellt. Weiters kam es mehrmals zu Unterschreitungen des Grenzwertes für die Oxidationsstabilität.

Tabelle 31: 21-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
01.06.2005	919	34,71	17,02	0,53	1,62	4,56	0,064
02.11.2005	916	35,08	20,43	0,09	6,95	0,38	0,035
15.12.2005	917	33,94	11,72	1,15	5,85	8,59	0,058
11.05.2006	917	35,01	19,18	0,53	4,80	6,71	0,063
29.09.2006	921	34,79	18,50	0,69	6,20	5,91	0,070
21.12.2006	918	34,31	58,05	0,85		8,37	0,063
03.05.2007	920	35,34	19,20	1,03	3,02	5,51	0,063
06.07.2007	920	35,23	9,72	1,17	6,92	5,19	0,071

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Auch bei den Traktortankproben zeigte sich ein ähnlich positives Bild der Kraftstoffqualität. Zweimal wurde der Grenzwert beim Parameter Gesamtverschmutzung überschritten. Die gezogene Stichprobe vom 25.05.2007 wies neben einem erhöhten Ergebnis bei der Gesamtverschmutzung zusätzlich einen leicht erhöhten Wassergehalt auf.

Tabelle 32: 21-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
01.06.2005	919	34,70	4,23	0,53	4,20	0,064	0
02.11.2005	916	35,00	15,88	0,10	0,52	0,031	0
15.12.2005	887	13,12	15,93	0,72	5,51	0,037	38
11.05.2006	916	33,40		0,71	6,53	0,073	2
29.09.2006	921	34,89	17,08	0,70	5,42	0,069	0
21.12.2006	901	17,89	55,60	0,59	9,33	0,050	26
03.05.2007	920	34,97	18,04	1,03	4,55	0,068	0
25.05.2007	904	35,11	27,04	1,08	7,74	0,079	20
06.07.2007	920	35,26	13,52	1,17	6,41	0,074	0

4. Auswertungen Datenlogger

Während der Gesamtbetriebsdauer von 2.334 Stunden wurden 1.668 Betriebsstunden mit einem Datenlogger mitgemessen, um zusätzliche Aufzeichnungen über die Auslastung bzw. die Art der Tätigkeiten zu erhalten.

Über acht Kanäle wurden die Zündspannung, die Drehzahl, sowie die Temperaturen von Ansaugluft, Motoröl, Kühlflüssigkeit, Kraftstofffilter, Kraftstofftank und die Abgastemperatur in 2-Minuten-Intervallen gemessen. Hierbei wurden das Lauf- und das Startverhalten der einzelnen Traktoren, sowie die Temperaturverläufe der jeweiligen Kanäle aufgezeichnet und ausgewertet.

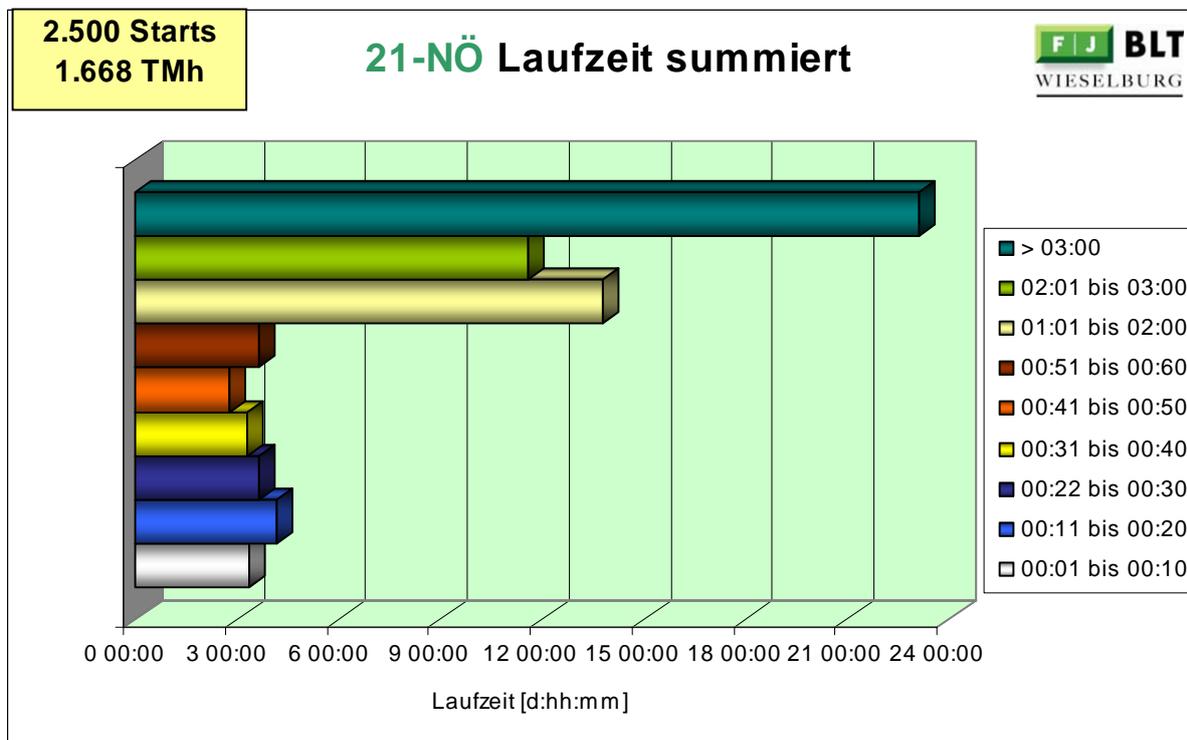


Abbildung 130: 21-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit

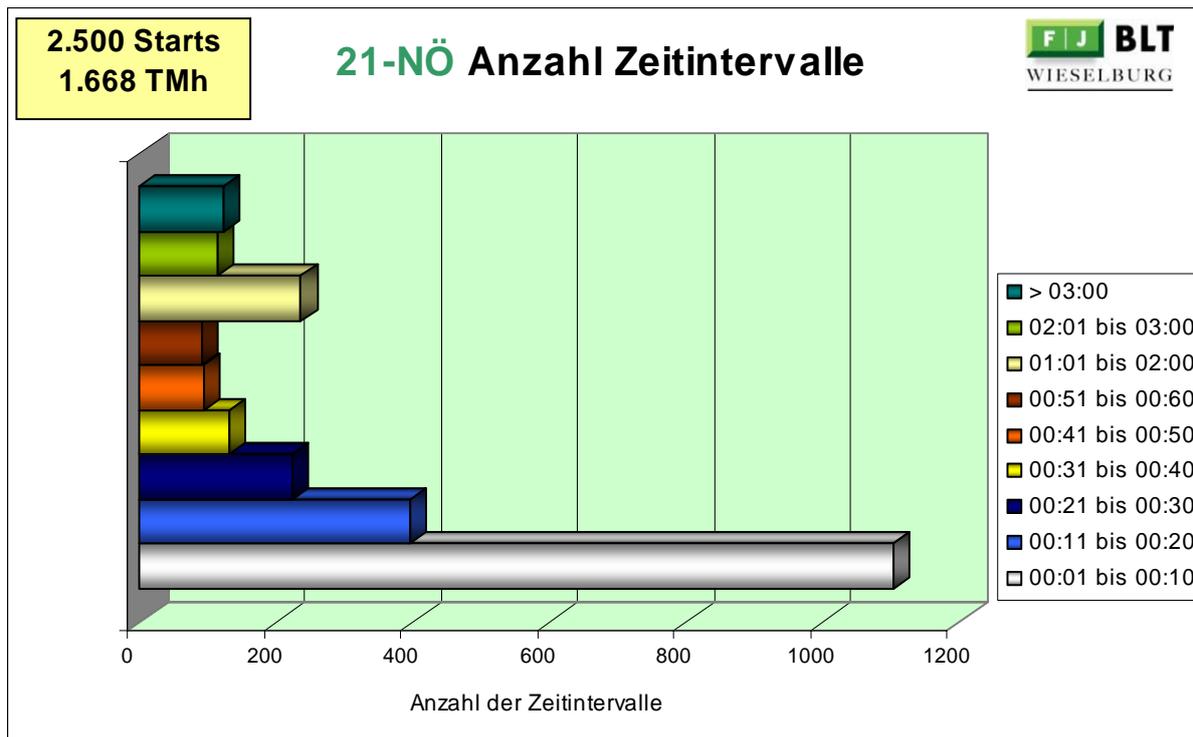


Abbildung 131: 21-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts

Die tatsächliche Laufzeit entspricht nicht zwangsläufig der Gesamtlaufzeit des Traktors, da die Messaufzeichnungen nicht lückenlos geführt werden konnten. Insgesamt wurden bei diesem Traktor 1.668 Betriebsstunden über den Logger aufgezeichnet.

Der Traktor war bei der aufsummierten Laufzeit am längsten in den Intervallen von „einer Stunde bis größer drei Stunden“ in Betrieb. Rund 44% aller mitdokumentierten Starts lagen im Intervall von „1 bis 10 Minuten“.

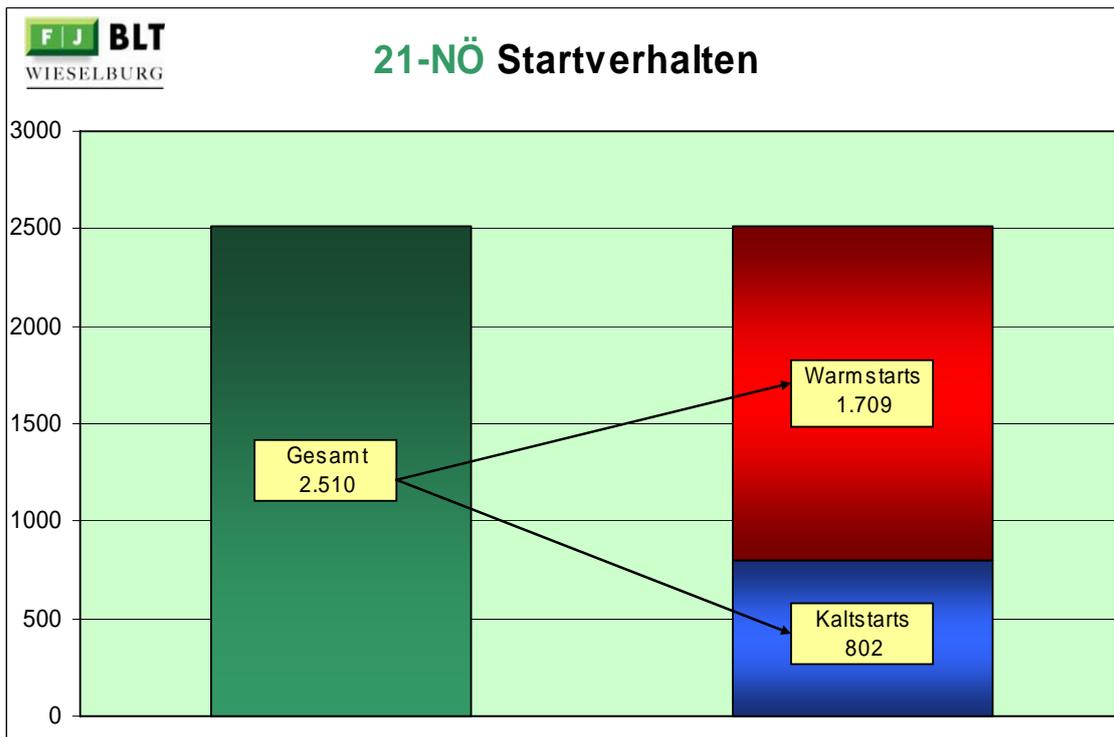


Abbildung 132: 21-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts

Um Aussagen über das Startverhalten zu erhalten, wurden jeweils Starts mit einer Temperatur der Kühlflüssigkeit bzw. des Motoröles von <math><50^{\circ}\text{C}</math> als Kaltstart klassifiziert. In diesem Fall sind von 2.510 aufgezeichneten Starts 33% Kaltstarts.

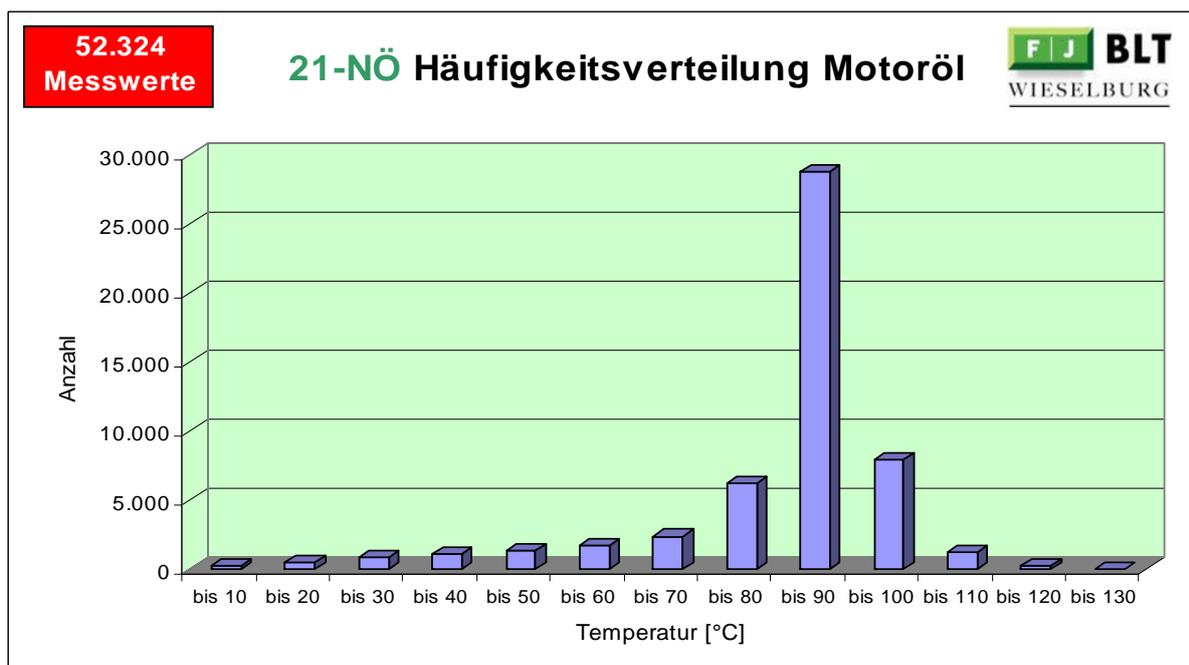


Abbildung 133: 21-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur

Das Histogramm der Motoröltemperaturwerte zeigt das typische Temperaturniveau. Das Maximum mit mehr als der Hälfte aller Messwerte lag in der Kategorie „80 – 90°C“.

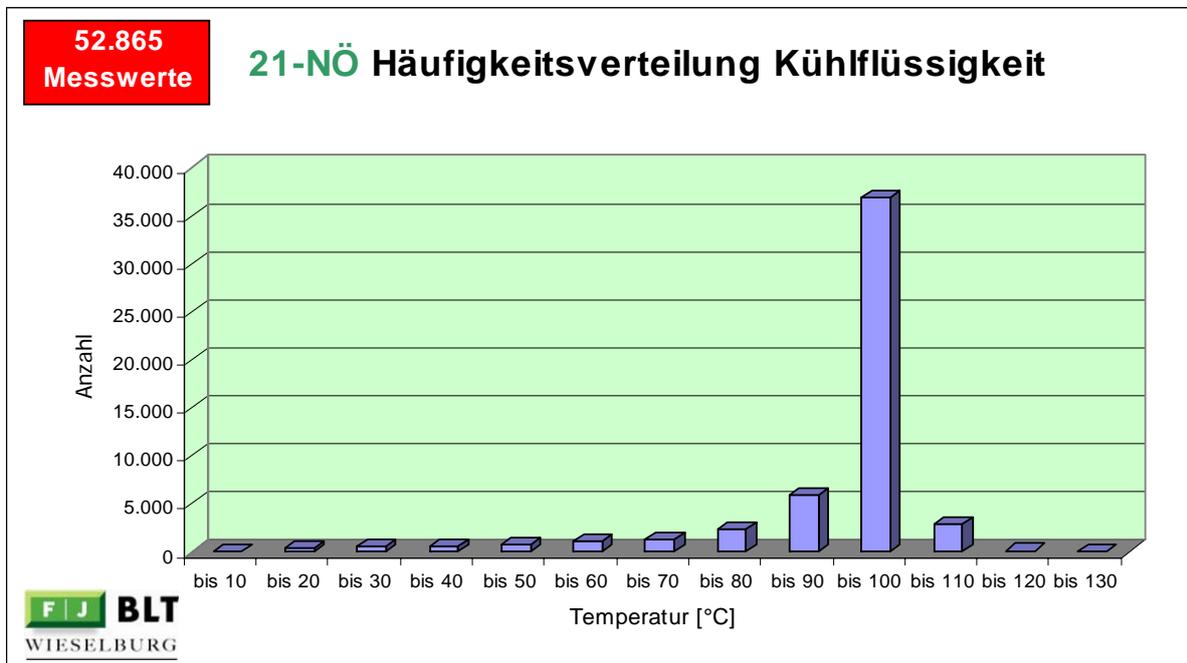


Abbildung 134: 21-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur

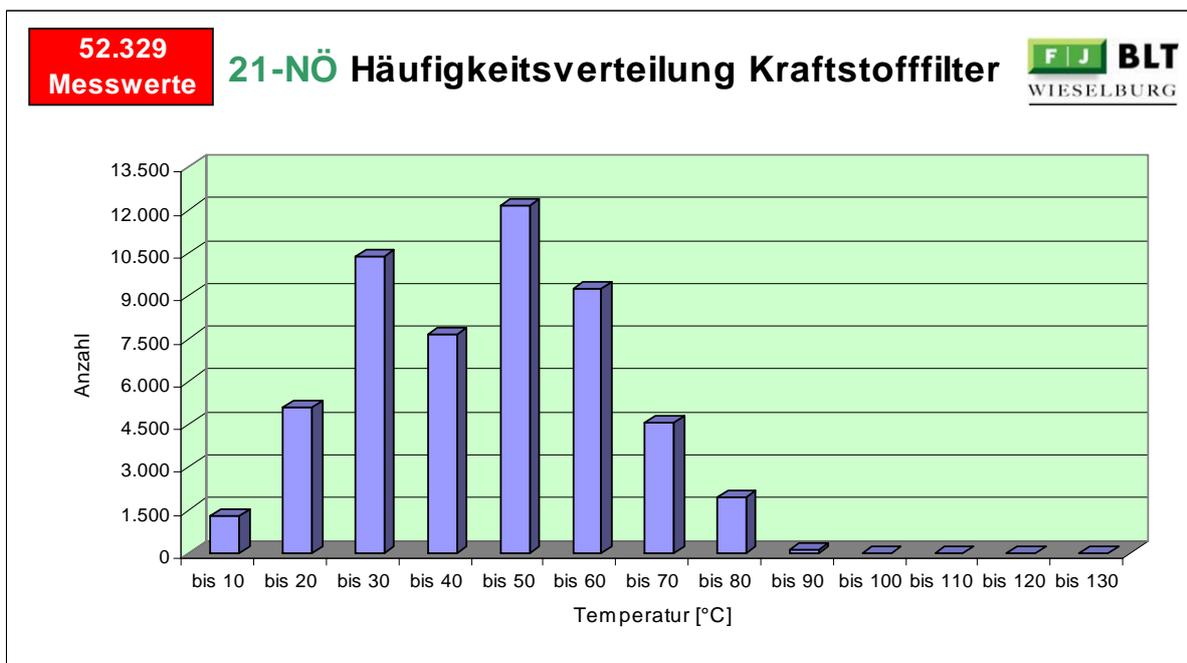


Abbildung 135: 21-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur



Bei den Kühlflüssigkeitstemperaturmesswerten lag das Maximum in der Kategorie „90-100°C“. Die Charakteristik der Häufigkeitsverteilung der Temperatur der Kühlflüssigkeit ergibt sich durch das Öffnen des Thermostates bei der vorgegebenen Temperatur.

Die Verteilung der Kraftstofffiltertemperaturmesswerte war breiter. In den vier Kategorien von 20 bis 60°C wurden jeweils zumindest 7500 Einzelwerte dokumentiert. Die Maximaltemperaturen lagen in der Kategorie „70 – 80°C“.



5. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren 2.330 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 28.377 Liter Rapsöl und 2.727 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 13,35 Liter/TMh. Der Dieselanteil betrug bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung 9%. Der Einsatzbereich war relativ gleichmäßig auf den schweren und normalen Lastbereich sowie auf den Transportbereich verteilt. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 518 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 21 Deutz Agrottron TTV 1145



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 30. Mär. 05 bei TMh: 558
 Letzter Eintrag 19. Feb. 08 bei TMh: 2887,6 TMh lt. Traktortagebuch **2329,6**

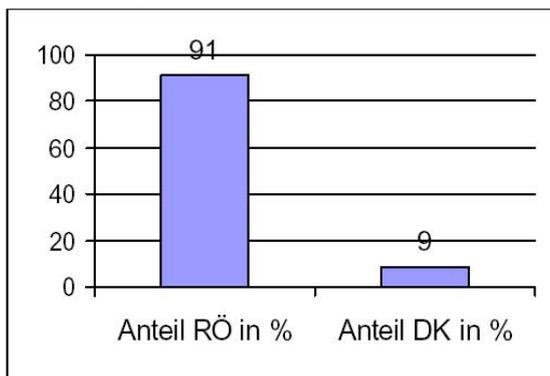
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 545

Tankmengen:

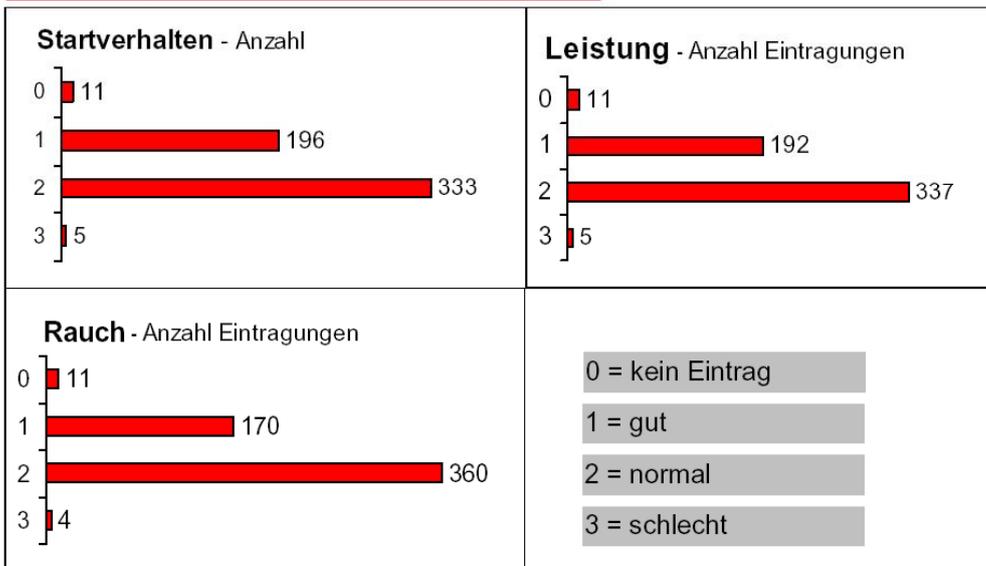
Diesel in l: 2727
 Rapsöl in l: 28377

durchschnittlicher Verbrauch/h:

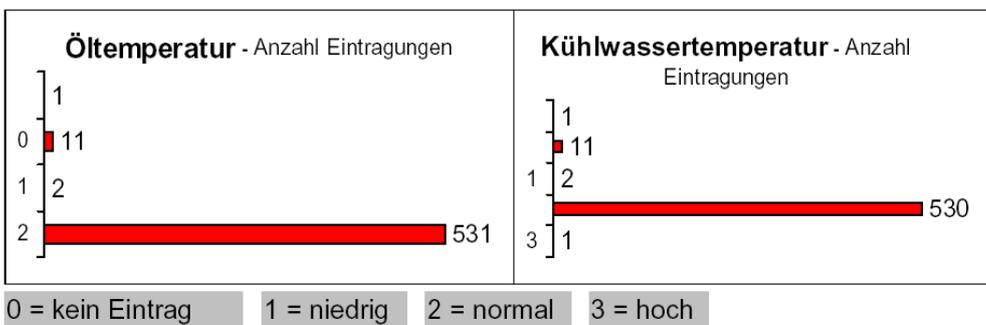
13,35



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



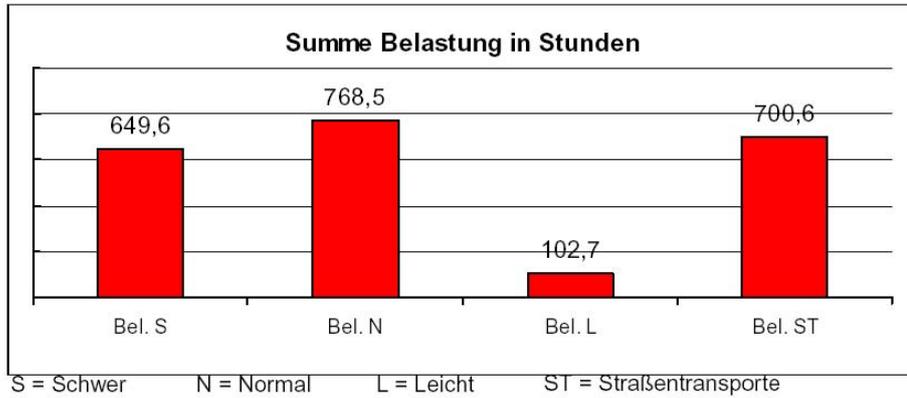


Traktortagebuch

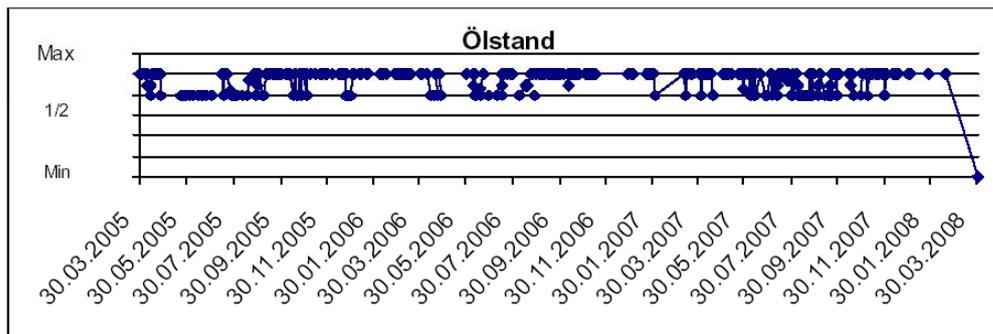
Fahrzeug: 21 Deutz Agrotron TTV 1145



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



6. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. untersucht. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurden der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Messung der Kompression bei Versuchsende zeigte eine Verbesserung im Vergleich zur Anfangsuntersuchung. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte ebenfalls verbesserte Ergebnisse.

Tabelle 33: 21-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	33	36	18	8	290	280	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	33	36	48	10	290	280	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	34	36	22	10	290	275	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	34	36	18	10	290	275	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	32	36	68	14	290	280	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	32	36	18	16	290	285	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Im Rahmen der Anfangsuntersuchung wurden die Einspritzdüsen vom Umrüster auf einen Öffnungsdruck von 290 bar eingestellt. Die Enduntersuchung zeigte ein Absinken des Öffnungsdruckes um bis zu 15 bar.

Der Schaffbereich der Düsen wies teilweise einen schwarzen Belag auf. Die Düsen spitzen waren massiv verkrustet, die Düsenlöcher jedoch allesamt frei.



Abbildung 136: 21-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

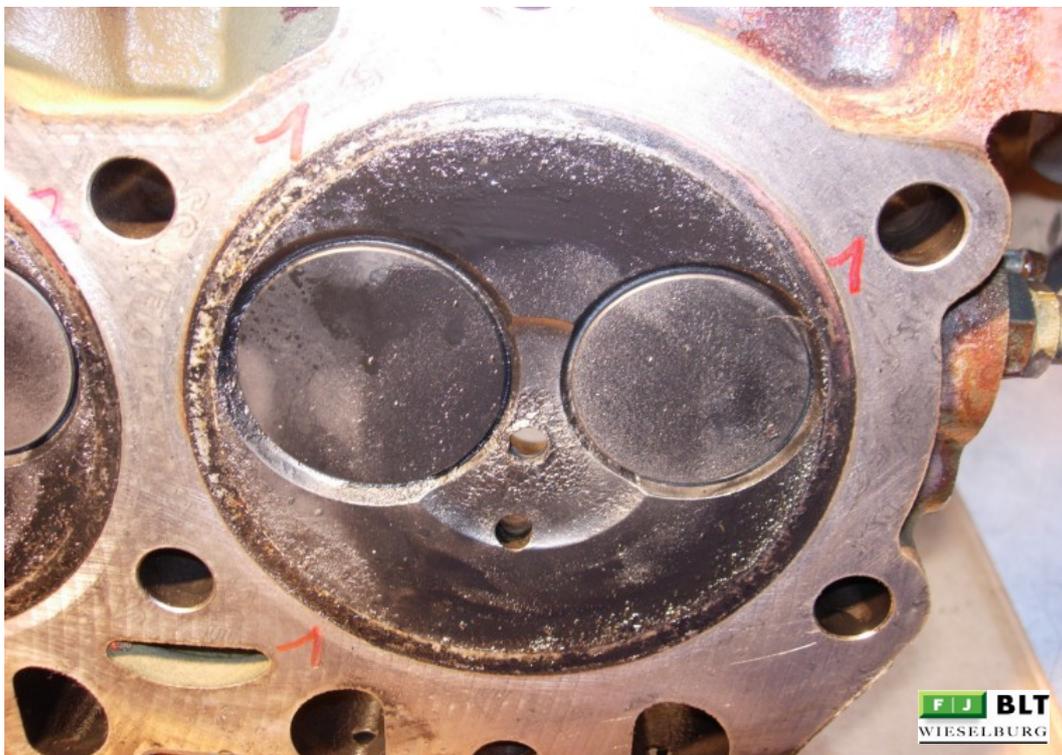


Abbildung 137: 21-NÖ Zylinderkopf

Die Zylinderkopfoberfläche war schwarz belegt. In den Randbereichen und in der Mitte, rund um die Düsendurchführung, war teilweise eine Belagskruste ersichtlich.



Abbildung 138: 21-NÖ Einlass- und Auslassventil

Die Einlassventile zeigten vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich eine geringfügige Verkrustung. Die Einlasskanäle waren nicht verkrustet. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen, russartigen Belag überzogen.

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren waren bei allen Zylindern deutlich sichtbar. Teilweise konnte eine leichte Spiegelbildung beobachtet werden. Im Zylinder 1 war eine geringfügige Riefe im unteren Hubbereich erkennbar.

Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belag versehen, welcher sich teilweise in den Randbereichen bis hin zu einer regelrechten Belagskruste verstärkte. In der Kolbenmulde war ebenfalls teilweise eine Belagskruste sichtbar.

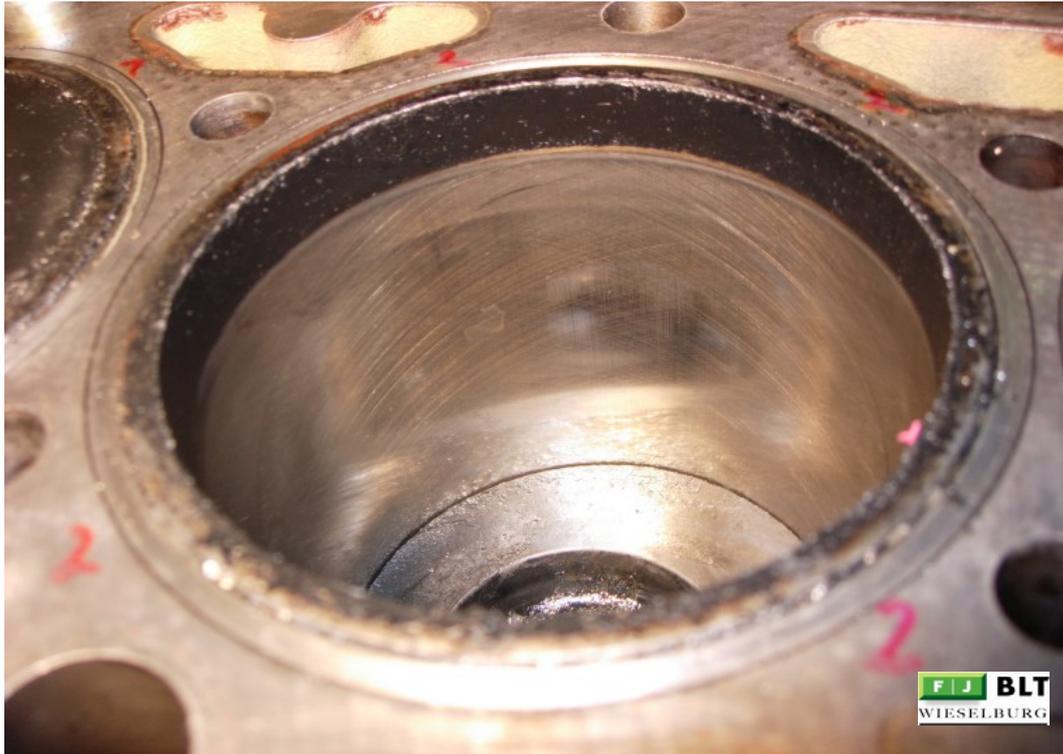


Abbildung 139: 21-NÖ Zylinderlaufbüchse

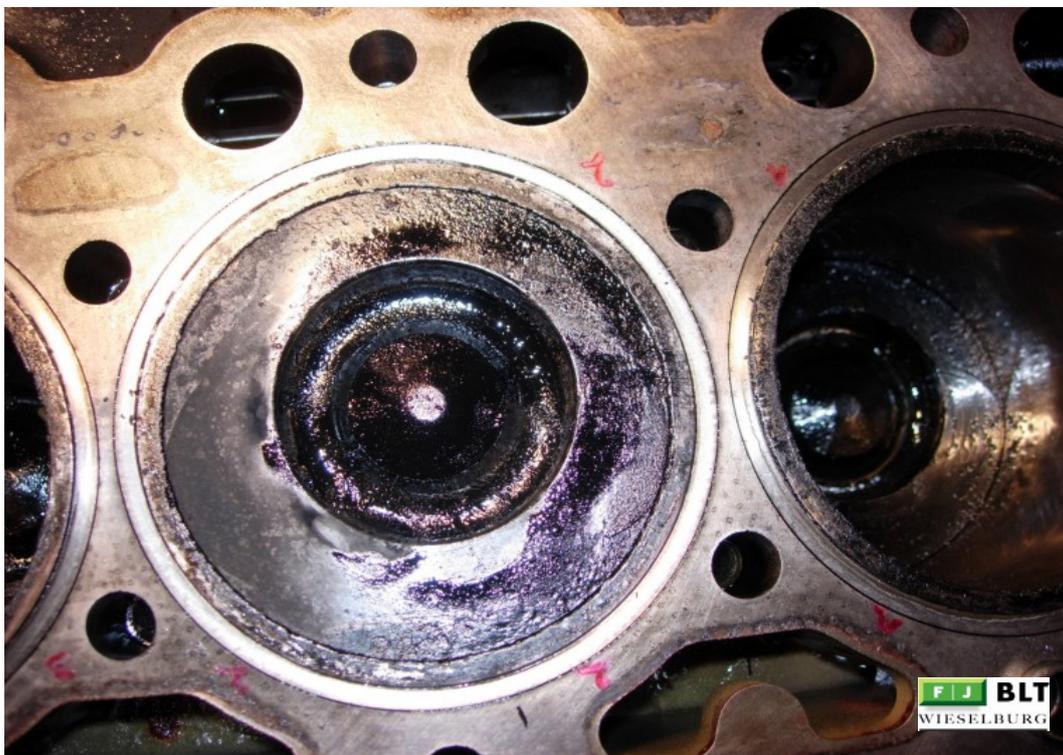


Abbildung 140: 21-NÖ Kolbenboden



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Deutz Agrottron TTV 1145 wurde im März 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 556 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1-Tanksystem für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 2.334 Traktormeterstunden mit dieser Umrüstung betrieben.

Während der Betriebsdauer wurde der Traktor aufgrund von Drehzahlschwankungen im Standlauf zweimal in die Werkstätte überstellt. Es wurde jeweils die Regeleinrichtung der Pumpenelemente gereinigt.

Der Traktor wies schon bei der Messung zu Versuchsbeginn generell eine höhere Leistung als vergleichbare Serientraktoren auf, wobei die Leistung bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselkraftstoff war.

Die Endvermessung zeigte einen eklatanten Leistungsanstieg bei beiden Kraftstoffen. Die Enddrehzahl hatte sich ebenfalls verschoben. Diese Leistungs- und Drehzahlsteigerung lässt sich allenfalls durch eine Änderung der Motoreinstellung erklären. Laut Auskunft des Betreibers erfolgte während des Versuchszeitraumes keine Veränderung der Motoreinstellung.

Die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen waren bei Rapsölbetrieb deutlich geringer als bei Dieselbetrieb. Die Stickoxidemissionen lagen bei Rapsölbetrieb geringfügig über denen bei Dieselbetrieb. Über die Laufzeit konnte bei beiden Kraftstoffen eine Zunahme der spezifischen Kohlenmonoxidemission sowie eine Abnahme bei den Kohlenwasserstoff- und den Stickoxidemissionen beobachtet werden. Das Verhältnis der Emissionen der Kraftstoffe zueinander veränderte sich über die Laufzeit nicht.

Die Analysen der Motorölproben zeigten bei der Viskosität bei 40°C einen mit zunehmender Ölalterung typischen abnehmenden Trend. Die Grenzwerte einer maximalen Zu- bzw. Abnahme der Altölprobe im Vergleich zur Frischölprobe von 25% konnten bis auf eine Unterschreitung eingehalten werden. Ein gleichmäßigeres Bild



wurde bei der Untersuchungswerten der Viskosität bei 100°C beobachtet. Die Total Base Number Verläufe waren unauffällig. Bei der Verschleißgeschwindigkeit und den Russgehalten gab es keine Grenzwertüberschreitungen. Die Hälfte aller untersuchten Proben überschritt jedoch den zulässigen Rapsölgehaltsgrenzwert von 15%.

Hinsichtlich der Rapsölqualität gab es bei den Proben aus der Ölmühle hauptsächlich zu Beginn des Projektes Grenzwertüberschreitungen bei der Gesamtverschmutzung. Ab 2005 konnte dieser Parameter bei den gezogenen Stichproben mit einer Ausnahme unterhalb des vorgegebenen Grenzwertes gehalten werden. Einzelne Überschreitungen gab es noch beim Wassergehalt.

Kaum Überschreitungen gab es bei den Lagertank- und Traktortankproben – hier konnte bis auf wenige Ausnahmen die von der österreichischen Kraftstoffverordnung geforderte Qualität eingehalten werden.

Die Auswertungen aus dem Datenlogger zeigten, dass der Traktor vor allem in längeren Betriebszeitkategorien (größer eine bis größer 3 Stunden) eingesetzt wurde. Rund ein Drittel aller Starts war als Kaltstarts zu werten.

Die Messung der Kompression bei Versuchsende zeigte eine Verbesserung des Kompressionsdruckes. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte ebenfalls verbesserte Ergebnisse. Im Rahmen der Anfangsuntersuchung wurden die Einspritzdüsen vom Umrüster auf einen Öffnungsdruck von 290 bar eingestellt. Die Enduntersuchung zeigte ein Absinken des Öffnungsdruckes um bis zu 15 bar.

Der Schaftbereich der Düsen wies teilweise einen schwarzen Belag auf. Die Düsen spitzen waren massiv verkrustet, die Düsenlöcher jedoch allesamt frei.

Die Zylinderkopfoberfläche war schwarz belegt. In den Randbereichen und in der Mitte, rund um die Düsendurchführung, war teilweise eine Belagskruste ersichtlich.

Die Einlassventile zeigten vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich eine geringfügige Verkrustung. Die Einlasskanäle waren nicht verkrustet. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen russartigen Belag überzogen.



Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren waren bei allen Zylindern deutlich sichtbar. Teilweise konnte eine leichte Spiegelbildung beobachtet werden. Im Zylinder 1 war eine geringfügige Riefe im unteren Hubbereich erkennbar.

Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belag versehen, welcher sich teilweise in den Randbereichen bis hin zu einer regelrechten Belagskruste verstärkte. In der Kolbenmulde war ebenfalls teilweise eine Belagskruste sichtbar.





22-NÖ

22-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt Vario 818
Umrüstung:	April 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	2.248 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt Vario 818
Motortype	BF6M2013C
Erstmalige Zulassung	04.05.2004
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	00936479
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	Turbo mit Ladeluftkühler & EMR
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	21 Liter
Nennleistung	123 kW
Nenn Drehzahl	2100min ⁻¹
Hubraum	5702 cm ³
Bohrung x Hub	98 x 126mm
Verdichtungsverhältnis	18 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	340 Liter
Eigengewicht	6.800 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	April 2005
bei TMh	899
Enduntersuchung	April 2008
bei TMh	3.147

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP



1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Bereits zu Beginn des Projektes wurde bei Rapsölbetrieb eine etwas höhere Leistung festgestellt. Über die Laufzeit nahm die Leistung bei beiden Kraftstoffen zu, so dass auch zu Versuchsende die Leistung bei Rapsölbetrieb höher war. Der Kraftstoffverbrauch nahm entsprechend der Leistungserhöhung zu.

Nachfolgend sind die Diagramme von Leistung und Kraftstoffverbrauch dargestellt, wobei jeweils die Werte von Diesel und von Rapsöl der Anfangsuntersuchung, jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt wurden.

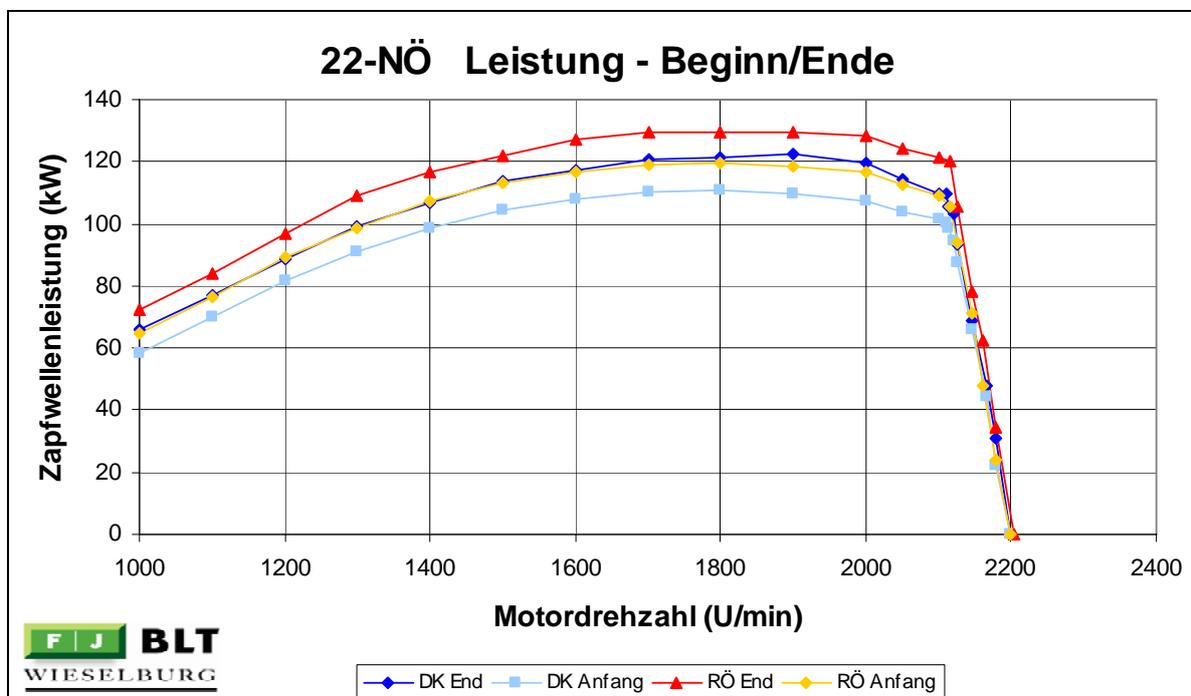


Abbildung 141: 22-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

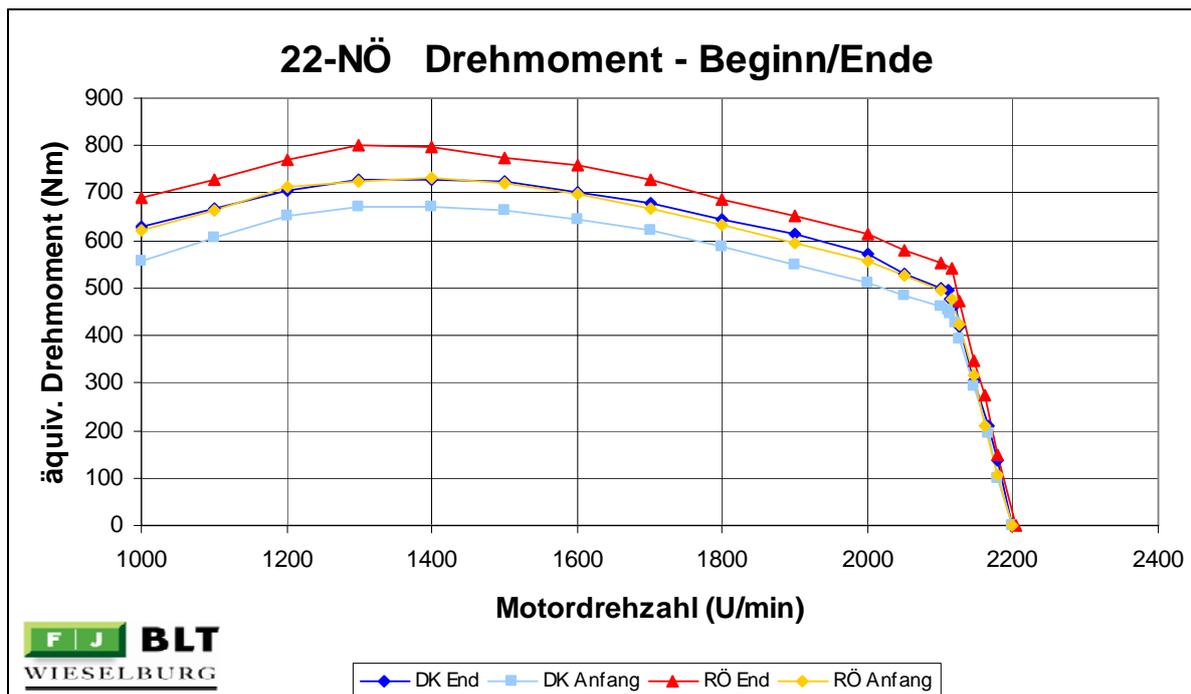


Abbildung 142: 22-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

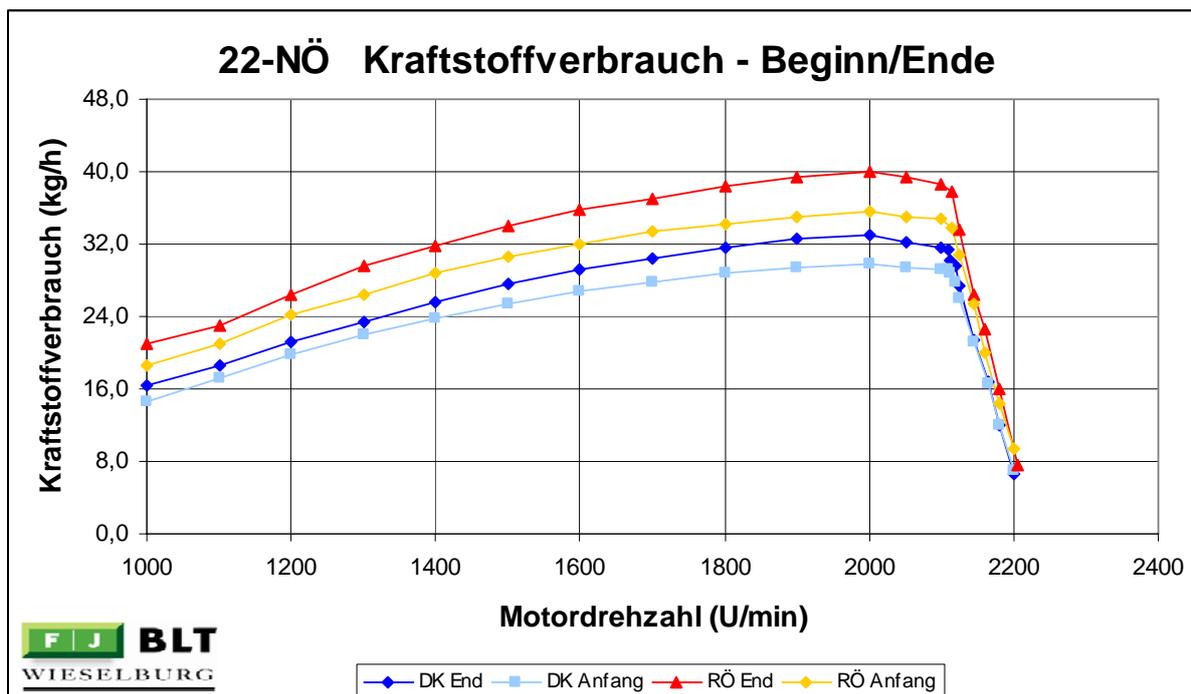


Abbildung 143: 22-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

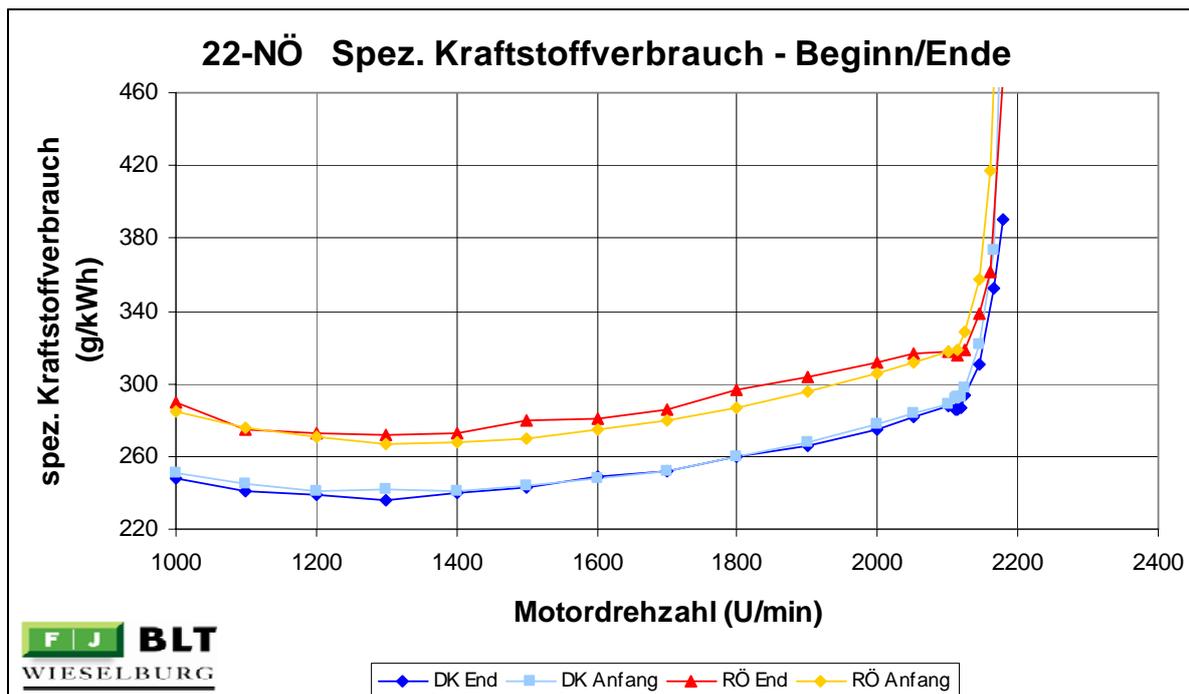


Abbildung 144: 22-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Bei der Messung zu Versuchsende wurde ein deutliches Absinken der Blow-by Werte bei beiden Kraftstoffen beobachtet.

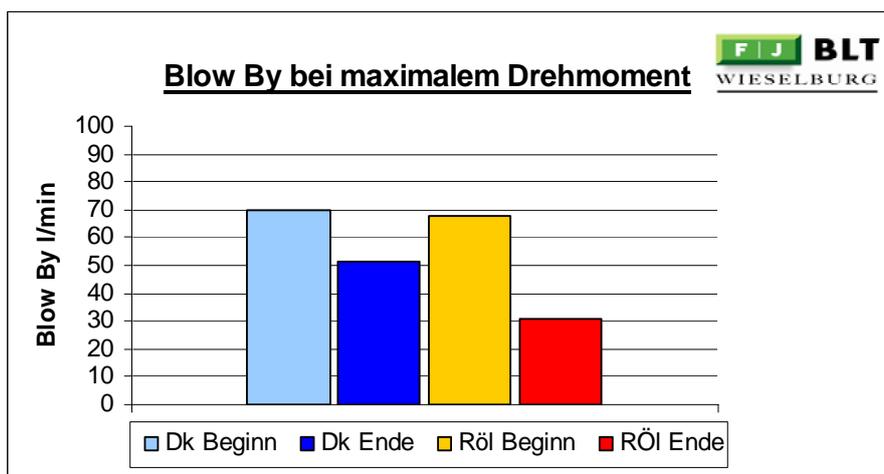


Abbildung 145: 22-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb deutlich niedriger als bei Dieselpetrieb. Die Stickoxidemissionen hingegen waren typischerweise bei Dieselpetrieb niedriger. Über die Laufzeit konnte bei beiden Kraftstoffen über alle gemessenen Emissionen Abnahmen verzeichnet werden. Die Unterschiede Das Verhältnis der Kraftstoffe zueinander blieb hinsichtlich des Emissionsverhaltens über die Versuchsdauer annähernd konstant. Insgesamt lagen die Emissionswerte dieses Traktors im Durchschnitt bzw. leicht unter den Werten der gesamten Flotte.

Tabelle 34: 22-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	17.06.2005	08.04.2008	14.06.2005	09.04.2008
CO	1,03	0,85	1,90	1,18
HC	0,15	0,11	0,53	0,49
NOx	8,90	8,10	6,30	6,00

Partikelmessung

Neben der Emissionsmessung wurde im Rahmen der Enduntersuchung auch Partikelmessungen mit dem „AVL Smart Sampler SPC 972“ durchgeführt, um zusätzlich Informationen über das Abgasverhalten zu erhalten. Es wurden jeweils zwei Messungen mit Diesel und Rapsöl durchgeführt. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Partikelmessung.

Tabelle 35: 22-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	2. Messung	Datum
RÖ	0,087	0,085	08.04.2008
DK	0,172	0,170	09.04.2008

Die Ergebnisse der Partikelmessung ergaben eine mehr als doppelt so hohe Beladung der Partikelfilter bei Dieselpetrieb als bei Rapsölbetrieb. Dieser Traktor wies im Vergleich zu den übrigen Partikelmessungen sowohl bei Rapsölbetrieb als auch bei Dieselpetrieb eine der geringsten Partikelmasseemissionen auf.

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte wurden für den Rapsölbetrieb beibehalten.

Während der Projektlaufzeit wurden vier Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 500 TMh sowie ein Intervall zu 219 TMh (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 52 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test durchgeführt. Lediglich 5% der alle 50 TMh geplanten Motorölproben wurden vom Betreiber nicht gezogen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung der Altölprobe von +/- 25% im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

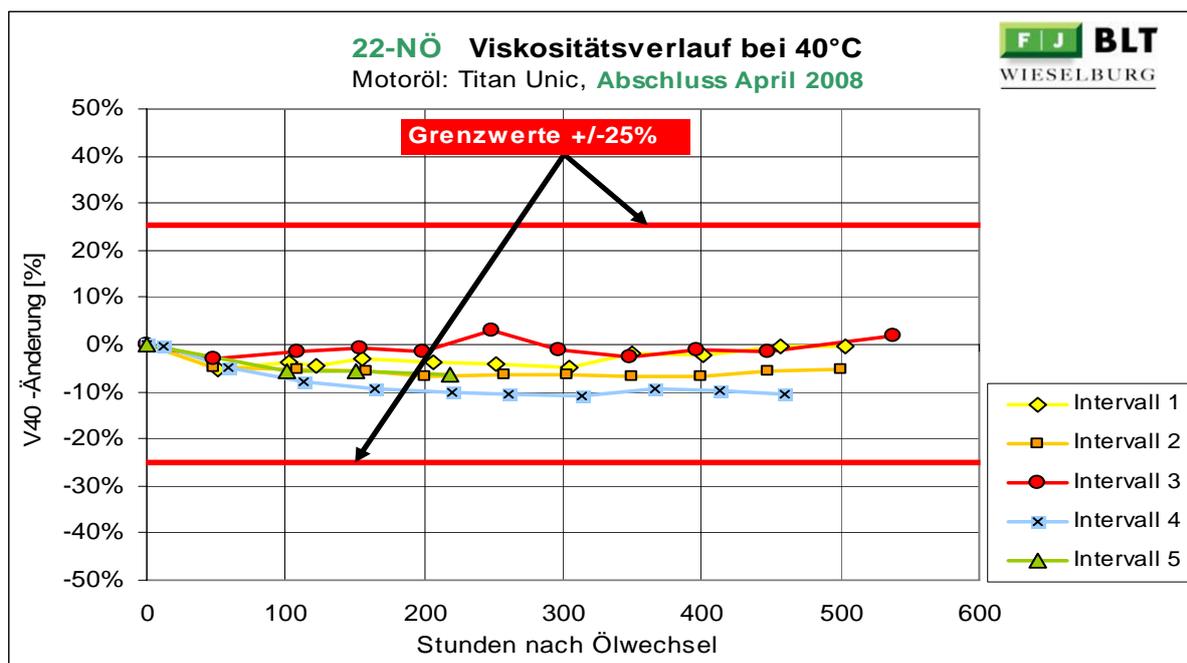


Abbildung 146: 22-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C



Die Analysenergebnisse waren bei der Viskosität sowohl bei 40°C als auch bei 100°C sehr gleichmäßig und ohne auffällige Schwankungen. Die größten Abweichungen lagen im Bereich von +/- 10% und somit deutlich innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte.

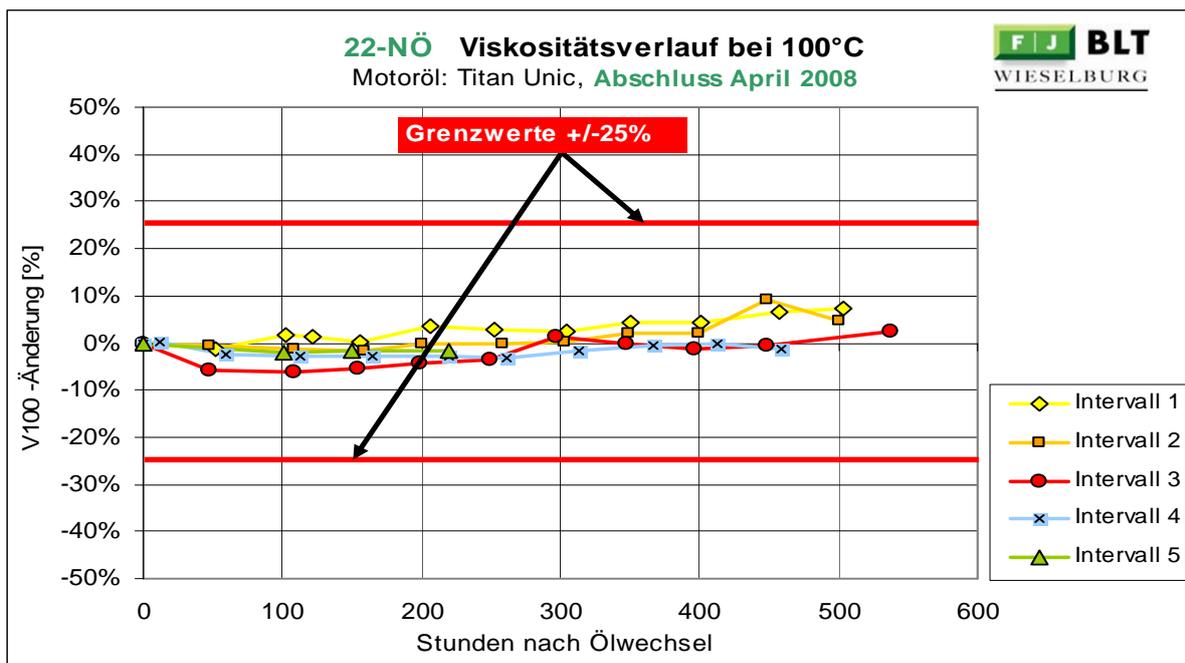


Abbildung 147: 22-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

Die Untersuchungsergebnisse der Total Base Number zeigten über die Laufzeit eine gleichmäßige starke Abnahme. Gegen Ende der 500 TMh dauernden Intervalle waren die Ergebnisse stets nahe dem gesetzten Grenzwert von 50% Reduktion im Vergleich zum Ausgangswert.

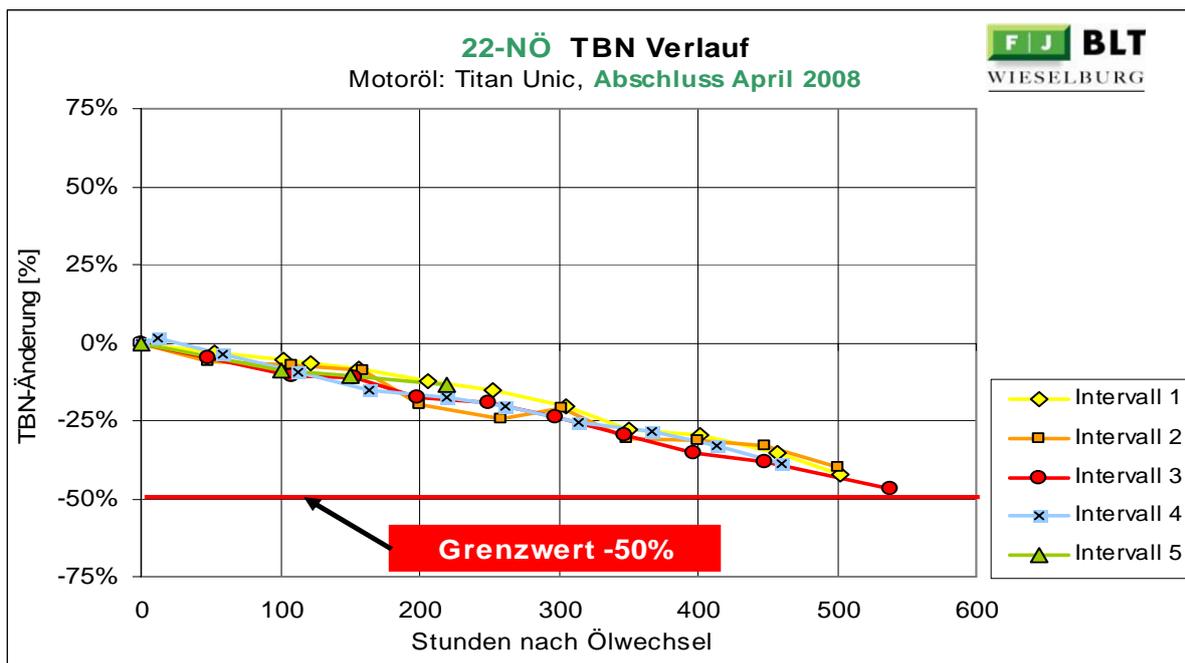


Abbildung 148: 22-NÖ Änderung der Total Base Number

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 17 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt, sowie den Gehalt an Verschleißelementen untersucht wurden.

Es gab keine Grenzwertüberschreitungen bei der Verschleißgeschwindigkeit bei den untersuchten Elementen Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom. Die festgelegten Grenzwerte – Russgehalt max. 3% und Rapsölgehalt max. 15% - wurden jeweils einmal überschritten.

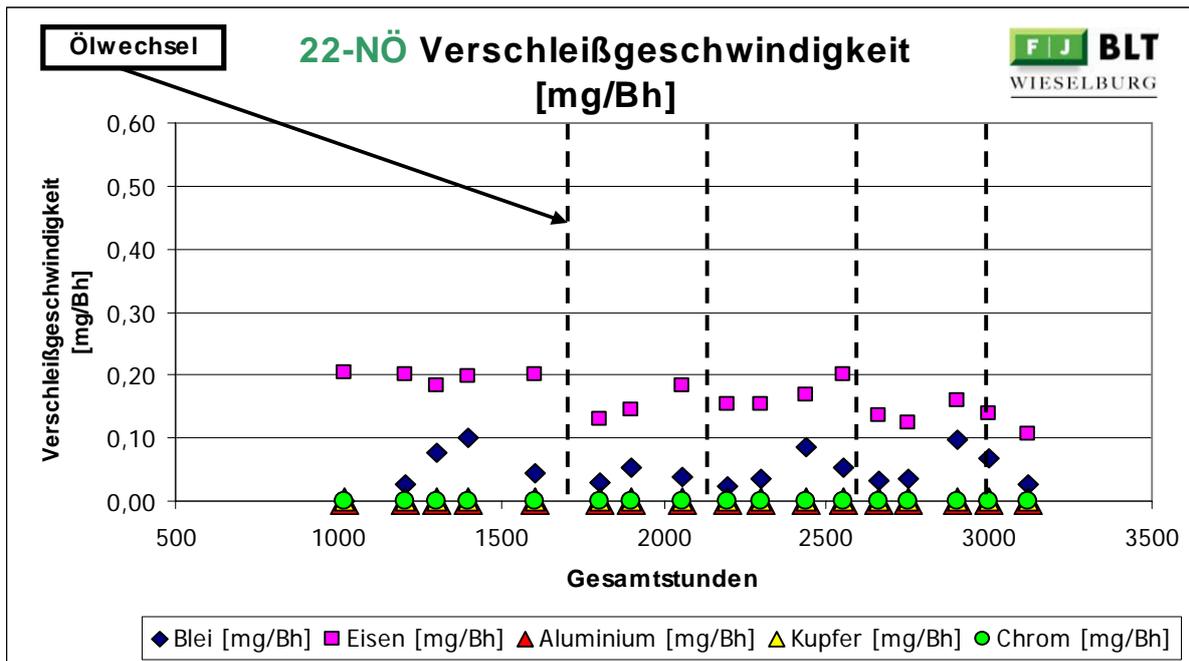


Abbildung 149: 22-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

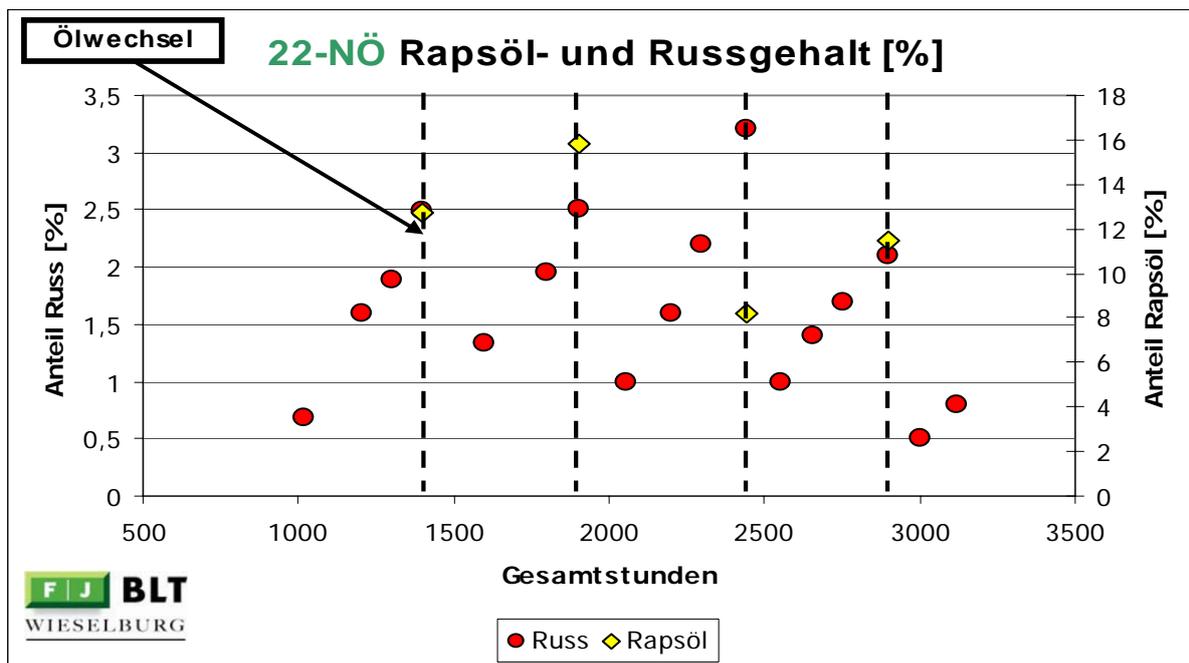


Abbildung 150: 22-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben



Kommentar Fa. Fuchs

Über die Intervalle hinweg sind bei fast allen physikalisch-chemischen Parametern Trendverläufe gut zu erkennen. Eisen, Russ und TBN erreichen bei einer Laufzeit von etwa 500 Betriebsstunden die festgelegten Grenzwerte. Der Kraftstoffeintrag bei den untersuchten Proben bewegt sich auf einem sehr hohen Niveau und übersteigt in einigen Fällen den festgelegten Grenzwert von 15%. Allerdings wurden nur Proben mit sehr hohen Laufzeiten auf Kraftstoffeintrag untersucht. Blei übersteigt ab einer Laufzeit von etwa 400 Betriebsstunden den festgelegten Grenzwert von 10 Milligramm je Kilogramm. Somit können die untersuchten Parameter für diesen Traktor bis etwa 400 Betriebsstunden als unkritisch angesehen werden.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle, vier Proben aus dem Lagertank, sowie sechs Proben aus dem Traktortank gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Anbei sind die entsprechenden Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprechen nicht der geforderten Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den vier gezogenen Lagertankstichproben wurde lediglich bei der letzten Probe eine Überschreitung des Grenzwertes bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt festgestellt.

Tabelle 36: 22-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
02.11.2005	916	35,17	12,18	0,10	6,60	0,37	0,047
11.05.2006	916	34,49	16,68	0,57	6,20	7,08	0,053
27.07.2006	921	34,79	9,80	0,57	6,35	6,07	0,070
29.09.2006	921	34,41	26,98	0,69	6,22	5,84	0,076

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Entsprechend der Lagertankprobe vom 29.09.2006 wies auch die Traktortankprobe in diesem Fall erhöhte Werte bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt auf. Die zweimalige Unterschreitung des Dichtegrenzwertes von 900 kg/m³ war auf den hohen Dieselanteil zurückzuführen.

Tabelle 37: 22-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
02.11.2005	886		6,83	0,13	0,44	0,028	45
11.05.2006	913	31,15	16,75	0,59	6,16	0,055	8
27.07.2006	918	31,55	12,85	0,68	6,84	0,085	2
29.09.2006	917	29,93	40,60	0,65	5,58	0,083	3
03.05.2007	917	31,95	12,28	1,10	2,95	0,067	3
23.07.2007	872	8,26	6,10	0,60	3,48	0,043	55



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geschrieben. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von knapp drei Jahren 2.143 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 21.695 Liter Rapsöl und 902 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 10,86 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 7%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich eingesetzt. Das Traktortagebuch wurde nicht vollständig geführt, die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 234 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 22 Fendt Vario 818



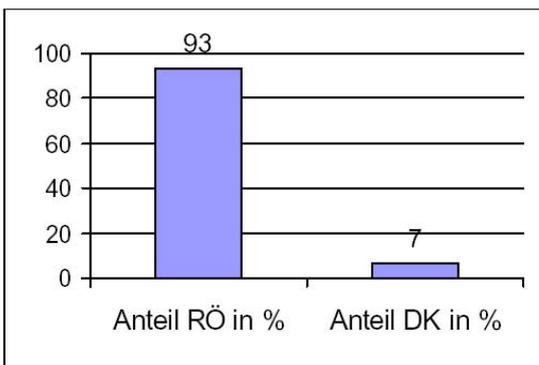
Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 25. Apr. 05 bei TMh: 902
 Letzter Eintrag 01. Jän. 08 bei TMh: 3045,0 TMh lt. Traktortagebuch **2143,0**

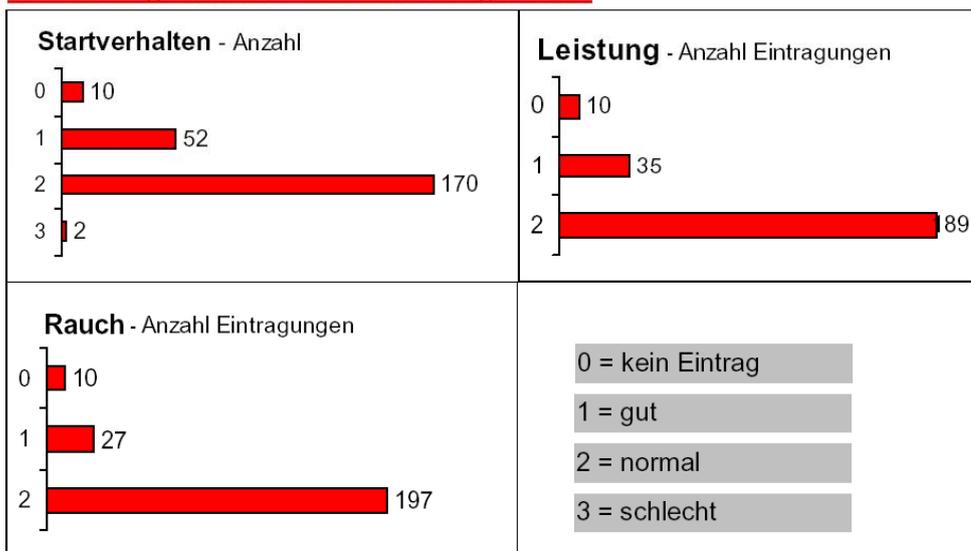
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 234

Tankmengen:

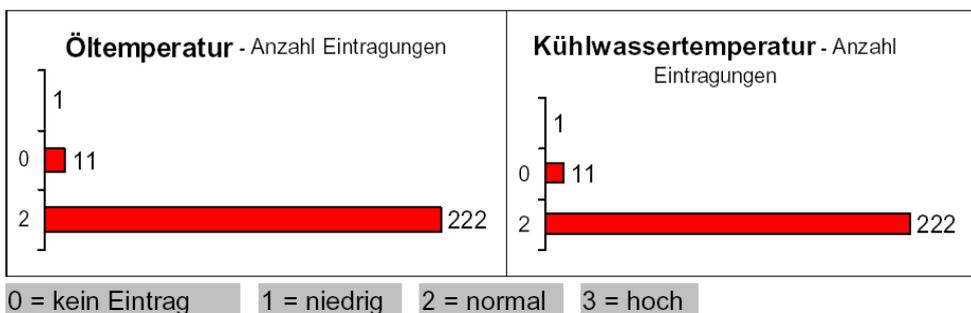
Diesel in l: 1588
 Rapsöl in l: 21695
 durchschnittlicher Verbrauch/h:
10,86



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



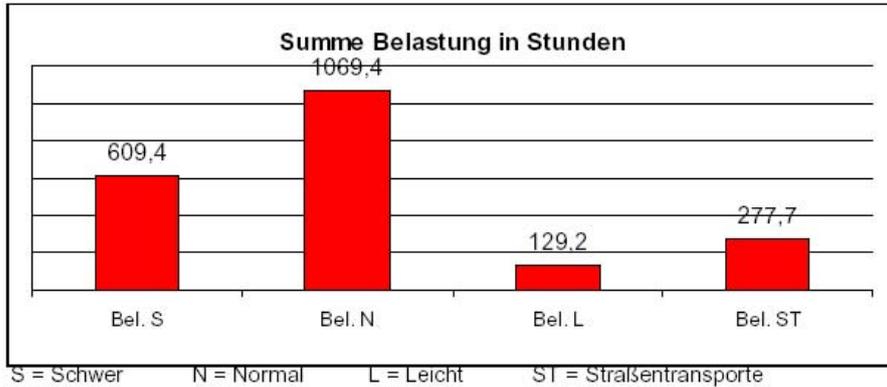


Traktortagebuch

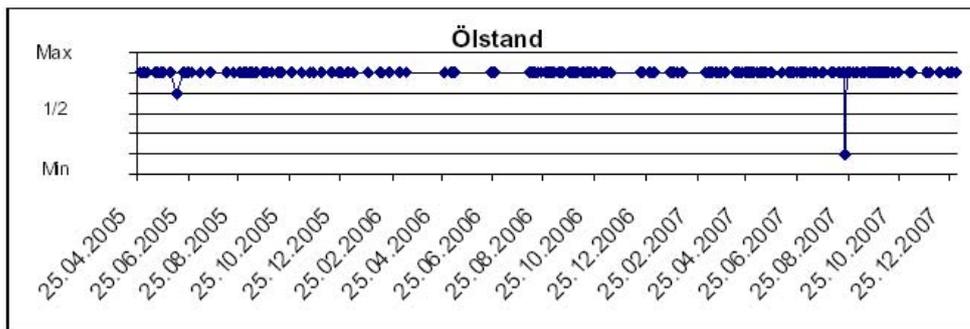
Fahrzeug: 22 Fendt Vario 818



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. durchgeführt. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Enduntersuchung des Motors ergab einen nahezu unveränderten Zustand hinsichtlich der Einspritzdüsen und der Kompression. Die Druckverlustmessung im Brennraum zeigte verbesserte Werte.

Tabelle 38: 22-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	27	27	22	10	290	290	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	28	28	18	7	290	285	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	27	26	13	4	290	280	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	27	26	32	7	295	290	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	28	26	10	8	290	285	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	27	27	28	2	290	285	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Der Schaftbereich der Einspritzdüsen wies einen dicken, schwarzen, krustenartigen Belag auf, welcher stellenweise abgelöst war. Die Düsenspitzen waren ebenfalls stark verkrustet, die Düsenlöcher waren allesamt noch frei.



Abbildung 151: 22-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

Die Zylinderkopfoberfläche war schwarz belegt. In den Randbereichen konnte teilweise eine geringe Belagskruste festgestellt werden.

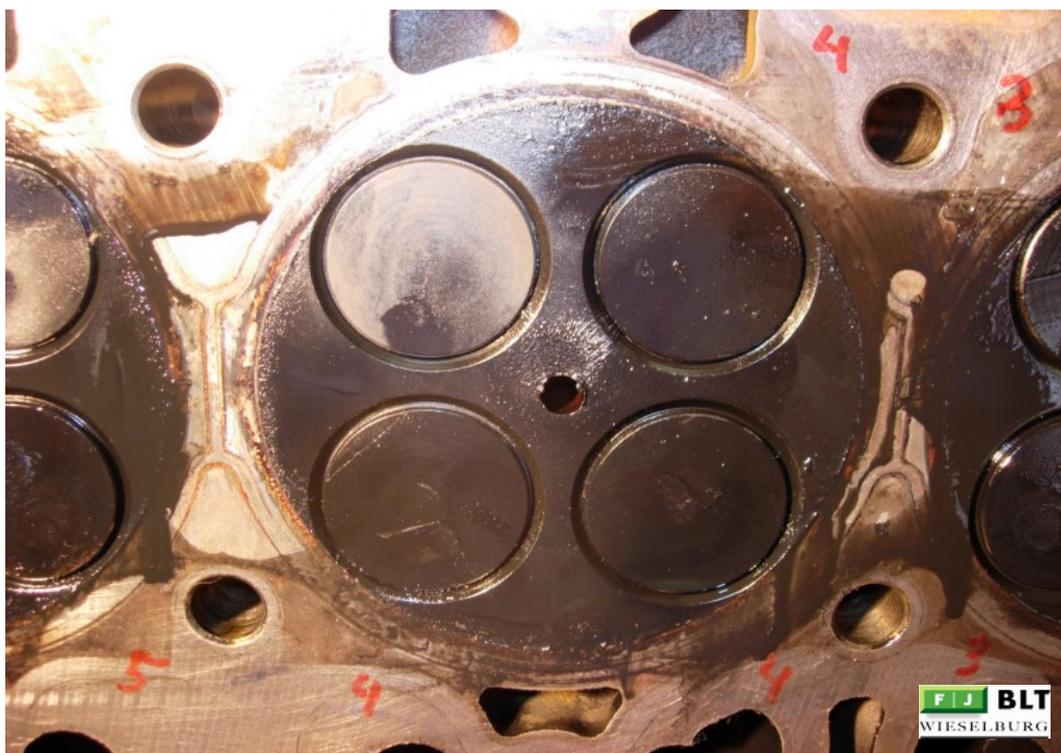


Abbildung 152: 22-NÖ Zylinderkopf



Abbildung 153: 22-NÖ Einlassventile

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer teilweise massiven Belagskruste versehen. Der Einlasskanal war geringfügig verkrustet. Die Auslassventile waren lediglich mit einem schwarzen, russartigen Film überzogen.

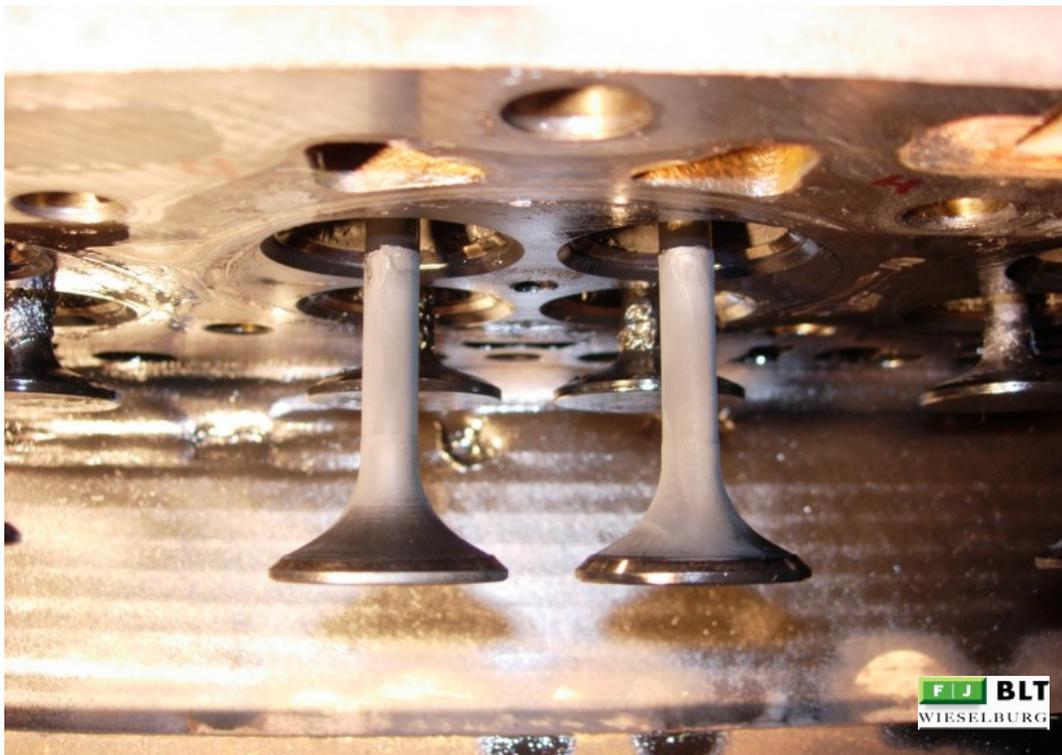


Abbildung 154: 22-NÖ Auslassventile



Abbildung 155: 22-NÖ Zylinderlaufbüchse

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Teilweise konnte eine leichte Spiegelbildung sowie eine Marke des zweiten Kolbenringes festgestellt werden. Die Kolbenböden waren mit einem feuchten schwarzen Belag versehen.



Abbildung 156: 22-NÖ Kolbenboden



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt Vario 818 wurde im April 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 899 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein 1-Tank-System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 2.248 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Es wurden während des Versuchszeitraumes keine nennenswerten Störungen des Systems vom Betreiber gemeldet.

Bereits zu Beginn des Projektes wurde eine etwas höhere Leistung bei Rapsölbetrieb festgestellt. Über die Laufzeit nahm die Leistung bei beiden Kraftstoffen zu, sodass auch zu Versuchsende die Leistung bei Rapsölbetrieb höher war. Der Kraftstoffverbrauch nahm entsprechend der Leistungserhöhung zu.

Sowohl zu Versuchsbeginn als auch zu Versuchsende konnten hinsichtlich der gasförmigen Emissionen bei Rapsölbetrieb niedrigere Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen als bei Dieselbetrieb festgestellt werden. Die Stickoxidemissionen waren typischerweise bei Dieselbetrieb geringer. Die Ergebnisse der Partikelmessung lieferten bei beiden Kraftstoffen geringe Werte. Die entsprechenden Ergebnisse lagen bei Rapsölbetrieb nur bei rund 50% der Werte bei Dieselbetrieb.

Ein sehr homogener Verlauf war bei den Viskositätswerten der Motorölanalysen feststellbar. Die maximalen Schwankungen lagen bei +/- 10% der Ausgangsölprobe und somit deutlich innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte einer maximalen Zu- bzw. Abnahme von 25%. Die Untersuchungsergebnisse der Total Base Number zeigten mit zunehmender Ölalterung eine massive Abnahme. Die TBN-Werte der Ölwechselprobe lagen jeweils nahe der definierten zulässigen maximalen Abnahme von 50%.



Bei den Rapsölproben aus dem Lagertank- und dem Traktortank gab es vereinzelt Überschreitungen der Grenzwerte bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt.

Die Enduntersuchung des Motors ergab einen nahezu unveränderten Zustand hinsichtlich der Einspritzdüsen und der Kompression. Die Druckverlustmessung im Brennraum zeigte bessere Werte als bei der Anfangsuntersuchung.

Der Schaftbereich der Einspritzdüsen wies einen dicken, schwarzen, krustenartigen Belag auf, welcher stellenweise abgelöst war. Die Düsenspitzen waren ebenfalls stark verkrustet, die Düsenlöcher waren allesamt noch frei.

Die Zylinderkopfoberfläche war schwarz belegt. In den Randbereichen konnte teilweise eine geringe Belagskruste festgestellt werden.

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich mit einer teilweise massiven Belagskruste versehen. Der Einlasskanal war geringfügig verkrustet. Die Auslassventile waren lediglich mit einem schwarzen, russartigen Film überzogen.

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honung war bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Teilweise konnte eine leichte Spiegelbildung sowie eine Marke des zweiten Kolbenringes festgestellt werden. Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belag versehen.





23-NÖ

23-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Steyr 9125
Umrüstung:	Mai 2005
Umrüttlösung:	Elsbett 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	965 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Steyr 9125
Motortype	620.82
Erstmalige Zulassung	20.07.1999
Motorhersteller	SISU Diesel
Motor Nr.	J 09633
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	20 Liter
Nennleistung	92 kW
Nenn Drehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	6596 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 120mm
Verdichtungsverhältnis	16,5:1
Einspritzpumpe	Bosch A-PES Reiheneinspritzpumpe
Einspritzdruck	230 ± 10 bar
Kraftstofftank	220 Liter plus 80 Liter Zusatztank
Eigengewicht	5.400 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Mai 2005
bei TMh	2112
Enduntersuchung	22.6.07
bei TMh	3077

Umrüstung

Umrüstsystem	Elsbett Zweitanksystem
Umrüster	Lagerhaus Hollabrunn

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangsuntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Vollastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt. Auf Wunsch des Traktorbesitzers wurde keine abschließende Leistungsmessung durchgeführt. Die Leistungsmessung zu Versuchsbeginn zeigte eine geringfügig höhere Leistung bei Dieselbetrieb. Nachfolgend sind die Diagramme hinsichtlich Leistung und Kraftstoffverbrauch im Vergleich dargestellt.

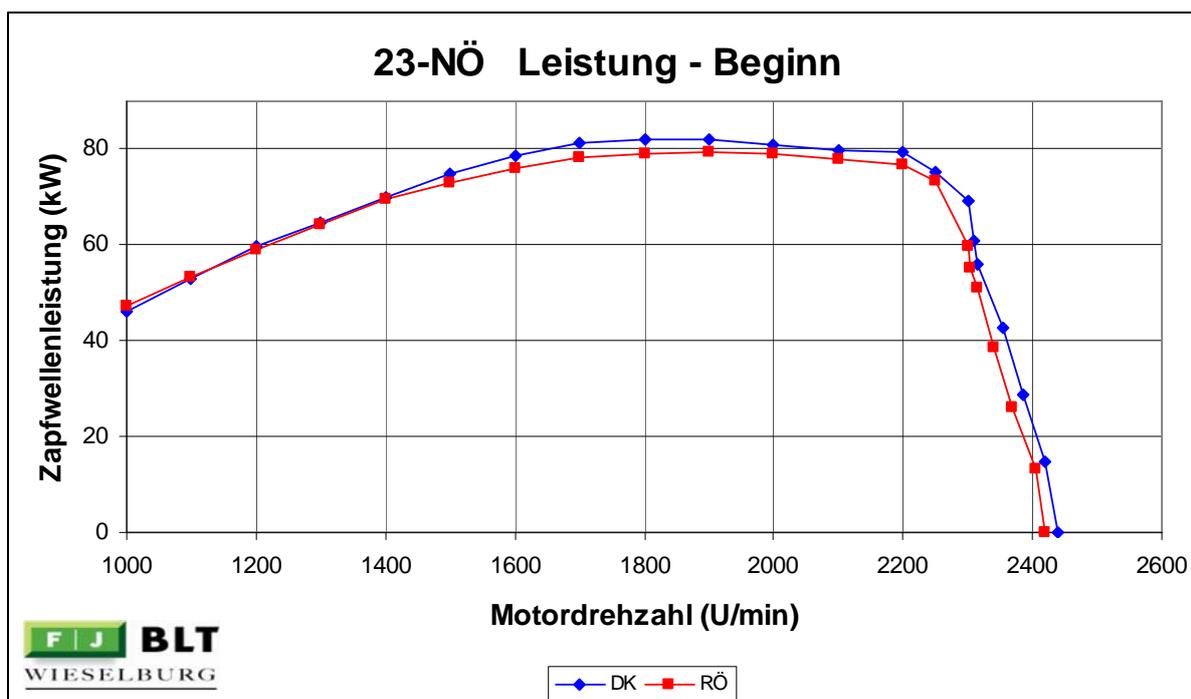


Abbildung 157: 23-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

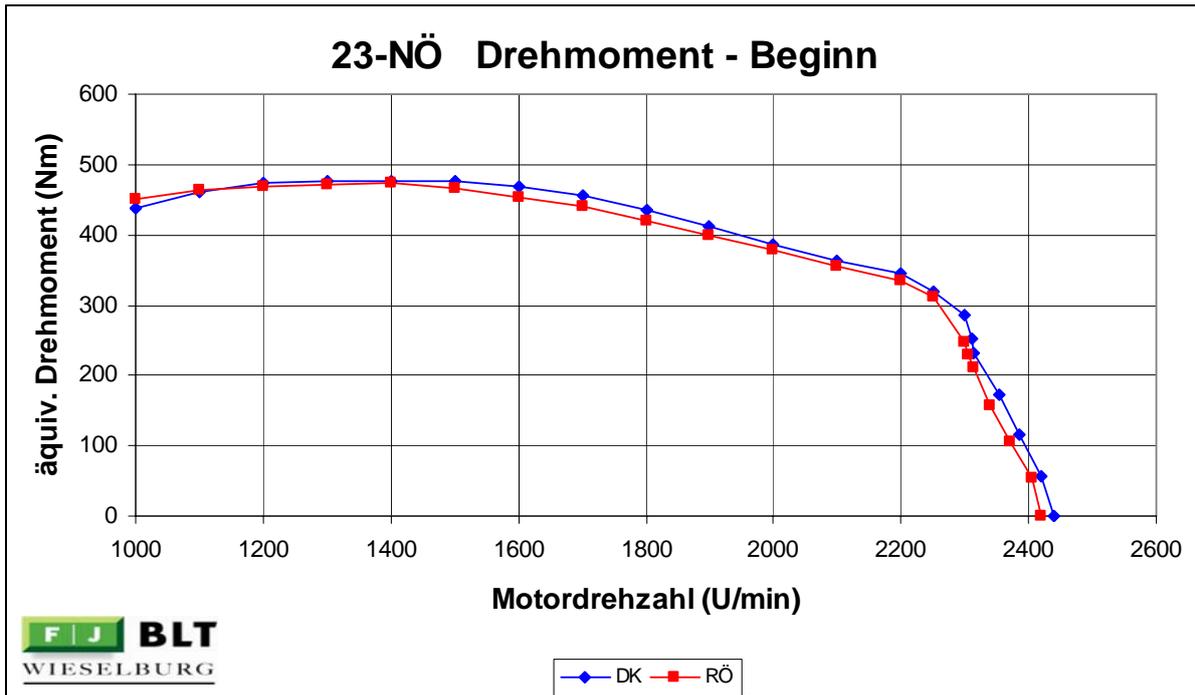


Abbildung 158: 23-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

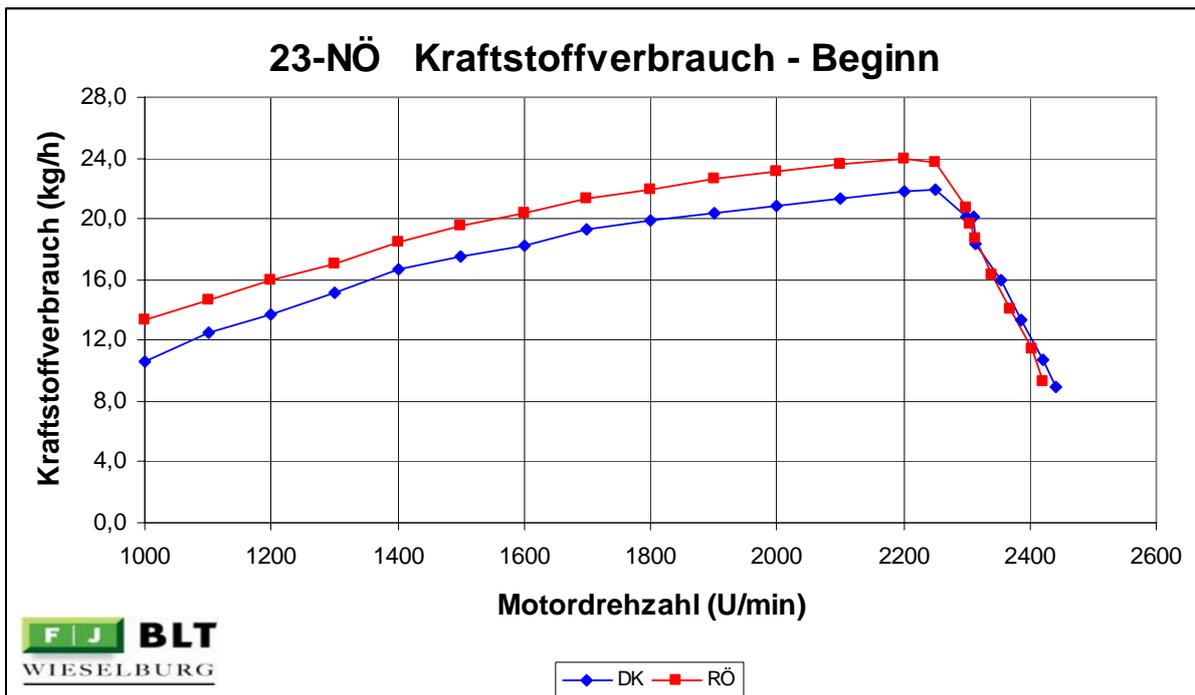


Abbildung 159: 23-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

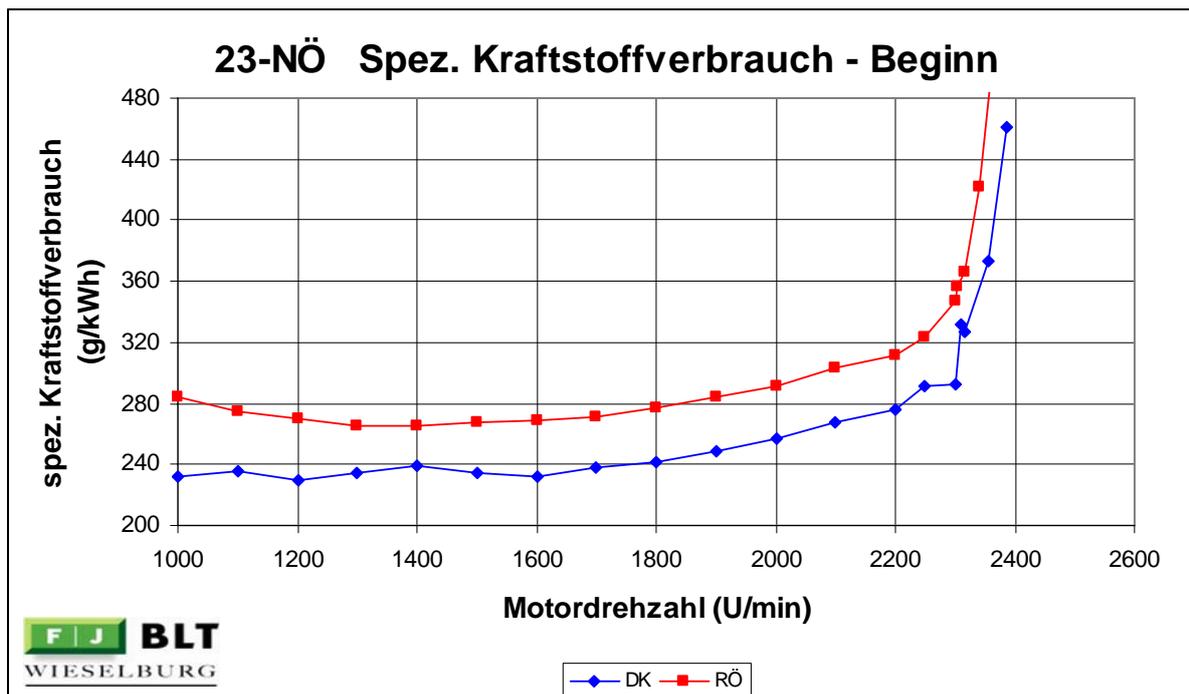


Abbildung 160: 23-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxid- und die Kohlenwasserstoffemissionen waren bei Rapsölbetrieb deutlich geringer als bei Dieselbetrieb. Die Stickoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb erwartungsgemäß höher als bei Dieselbetrieb.

Auffallend waren die im Vergleich zu den übrigen Traktoren der Flotte relativ hohen Kohlenwasserstoffemissionen bei Dieselbetrieb und die hohen NO_x-Emissionen bei beiden Kraftstoffen.

Tabelle 39: 23-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn

	Beginn RÖ	Beginn DK
[g/kWh]	28.06.2005	27.06.2005
CO	1,21	1,60
HC	0,42	1,50
NO _x	16,96	14,81

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 250 Betriebsstunden, diese Werte wurden auf Empfehlung des Umrüsters beibehalten.

Während der Projektlaufzeit wurden zwei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 315 TMh sowie ein Intervall zu 249 TMh (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 18 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test angefertigt. Von den geplanten alle 50 TMh zu ziehenden Motorölproben wurden vom Betreiber 22% nicht entnommen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind die jeweiligen prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Bezugsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

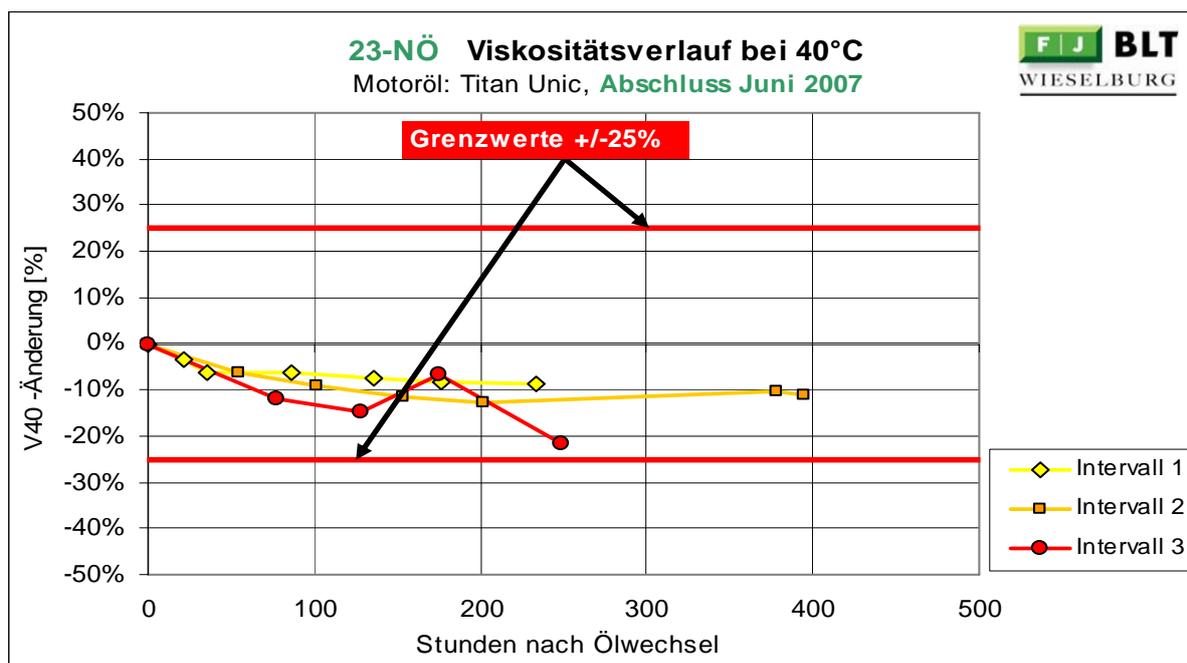


Abbildung 161: 23-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Der Viskositätsverlauf war während der ersten beiden Intervalle sowohl bei 40°C als auch bei 100°C relativ gleichmäßig. Die Viskositätsabnahme lag im Bereich von rund 10%. Im dritten Intervall waren im Viskositätsverlauf ein Ausreißer (Probe 4) nach oben sowie eine im Vergleich zu den vorherigen Intervallen generell stärkere Abnahme feststellbar.

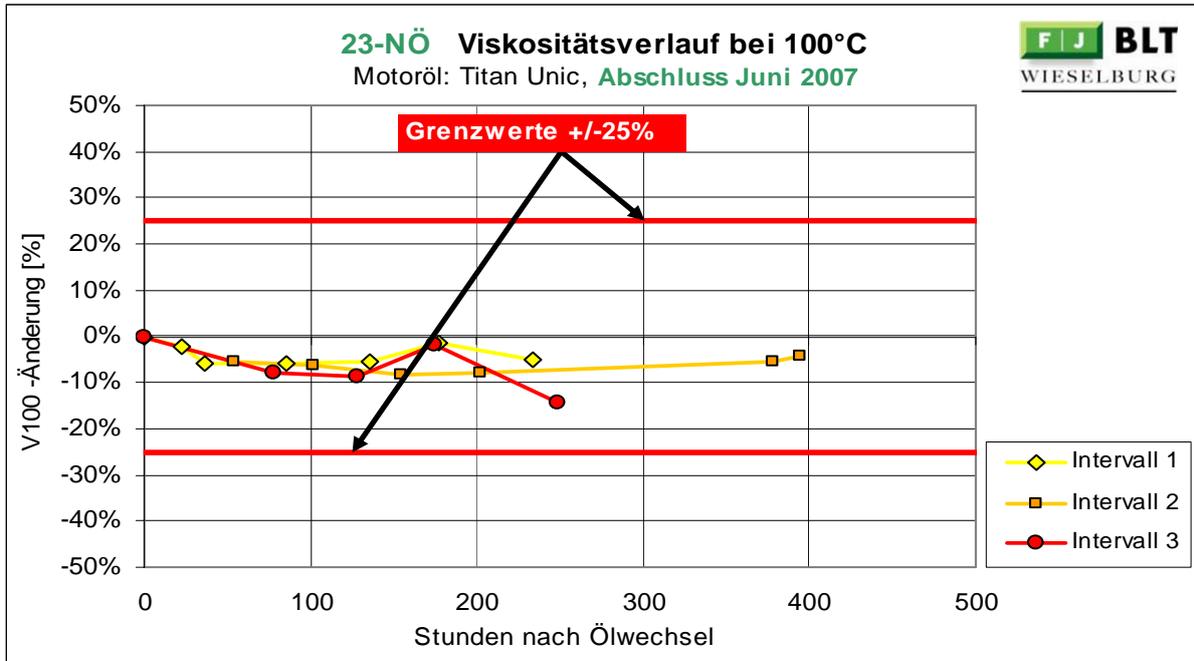


Abbildung 162: 23-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

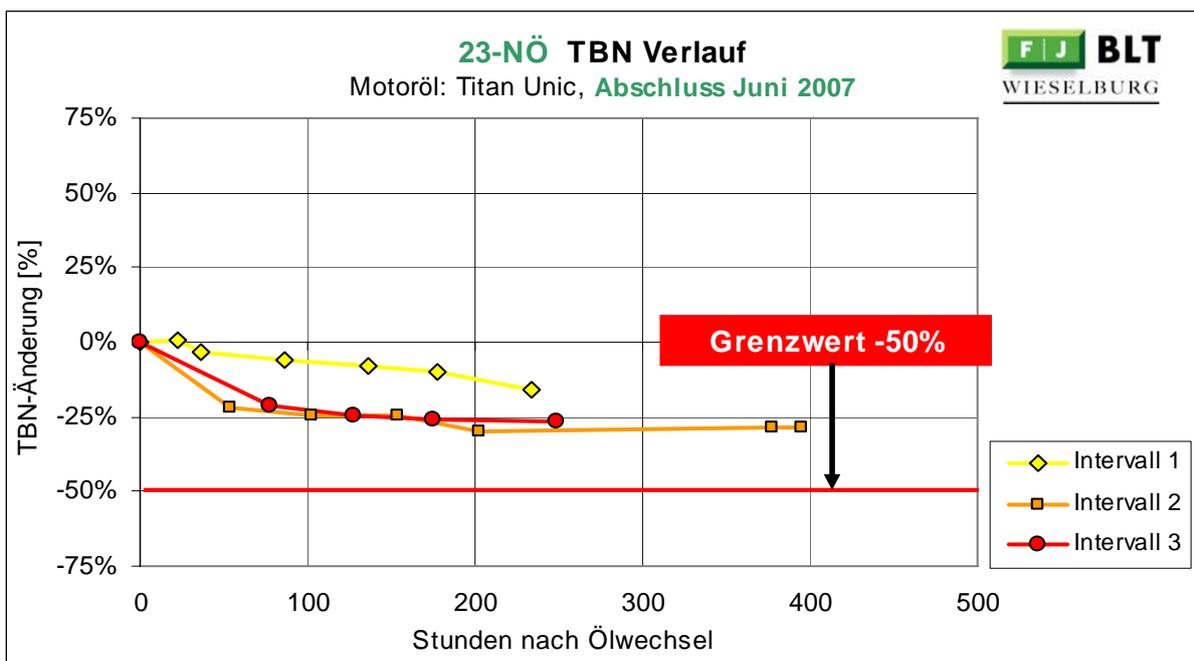


Abbildung 163: 23-NÖ Änderung der Total Base Number

Bei den Intervallen 2 und 3 wurden keine Frischöl- sowie 5-min-Ölprobe entnommen. Als Ausgangsbasis wurde daher die Frischölprobe des Intervalls 1 herangezogen. Insgesamt lagen die Änderungen der TBN innerhalb des Grenzwertes einer maximalen Abnahme von 50%.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 7 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden.

Die Verschleißgeschwindigkeit der untersuchten Elemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer sowie Chrom lag deutlich unter dem festgelegten Grenzwert von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde.

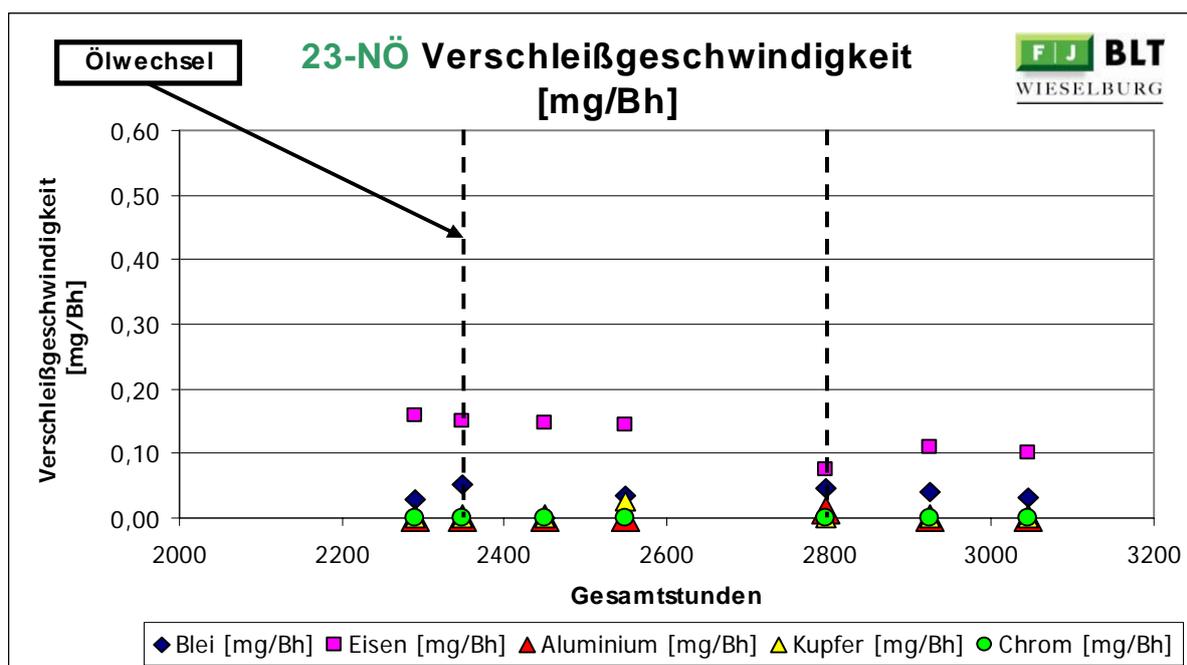


Abbildung 164: 23-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Der Rapsöleintrag betrug im Durchschnitt 13% und lag somit knapp unterhalb des maximal zulässigen Wertes von 15%. Die Analysenergebnisse des Russgehaltes waren durchwegs unter 1% und somit deutlich unter der geforderten 3% Grenze.

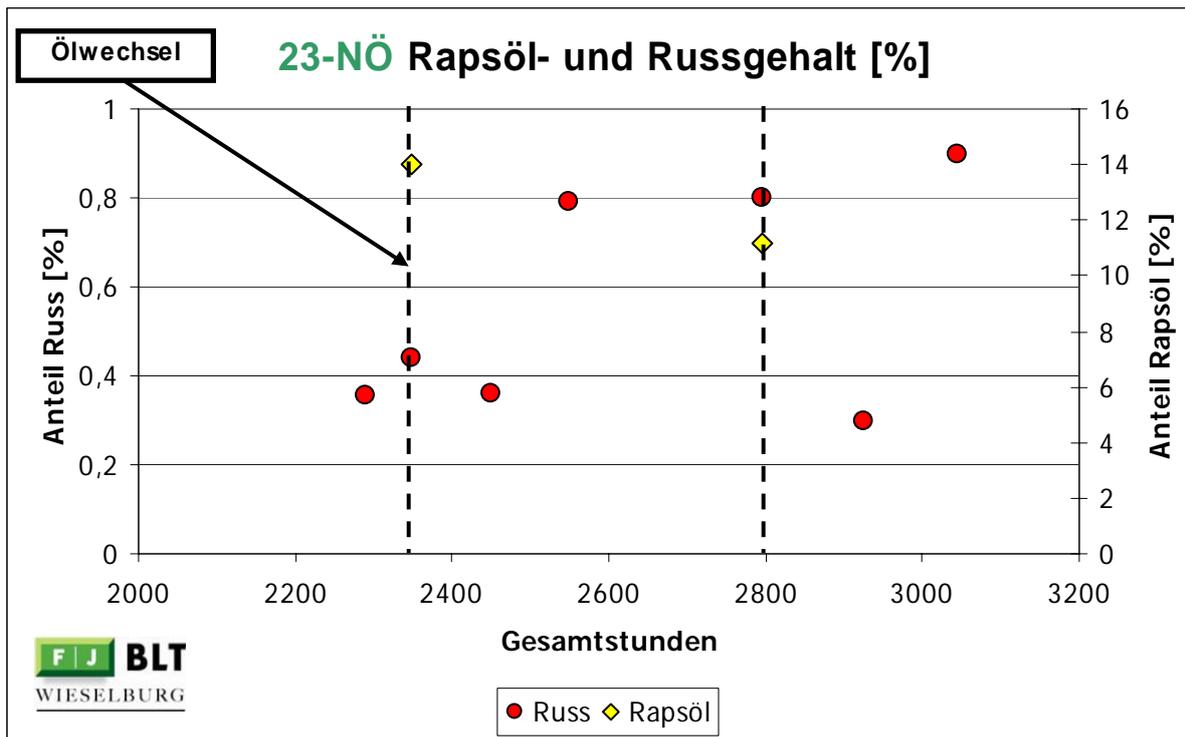


Abbildung 165: 23-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Die physikalisch-chemischen Parameter der untersuchten Proben sind als unauffällig einzustufen. Lediglich der Kraftstoffeintrag bewegt sich bei den untersuchten Proben auf einem sehr hohen Niveau, bleibt aber unterhalb des festgelegten Grenzwertes von 15%.

3. Kraftstoffanalysen

Insgesamt wurden jeweils 6 Kraftstoffproben aus dem Lagertank und dem Traktortank gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT Wieselburg untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Anbei sind die einzelnen Analyseergebnisse dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprechen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Die Kraftstoffproben aus dem Lagertank wiesen generell einen hohen Dieselanteil auf. Der Lagertank ist in mehrere Kammern unterteilt und wurde für Diesel und Rapsöl gleichermaßen verwendet. Bei der Probenahme aus dem Zapfhahn war deshalb ein Vorlauf von einigen Litern Kraftstoff zu berücksichtigen, um die Kraftstoffleitung mit dem jeweils gewünschten Kraftstoff zu füllen. Der hohe Dieselanteil der Lagertankproben kann eventuell auf diesen Umstand zurückgeführt werden. Die Grenzwerte der Oxidationsstabilität und des Wassergehaltes wurden mehrmals über- bzw. unterschritten. Jeweils einmal lagen Untersuchungswerte der Neutralisationszahl bzw. des Phosphorgehaltes über dem zulässigen Grenzwert.

Tabelle 40: 23-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
05.09.2005	904	23,25	13,58	0,62	6,05	2,10	0,064
13.12.2005	832	2,67					0,007
27.03.2006	902	21,61	12,63	0,56	0,57	5,95	0,050
22.05.2006	919	31,79	14,35	4,20	2,58	12,08	0,090
11.10.2006	918	32,58	18,20	0,97	2,10	17,15	0,079
03.05.2007	894			0,68	1,78	3,00	0,052

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei den Traktortankproben gab es vereinzelte Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Neutralisationszahl und Wassergehalt.

Die Unterschreitung des Dichtegrenzwertes war bei dem 2-Tank System auf einen höheren Dieselanteil in den Traktortankproben zurückzuführen, welcher durch Spülvorgänge und als Lecköl systembedingt in den Rapsöltank gelangte. Die Dieselanteile wurden aufgrund der Untersuchungsergebnisse der Dichte geschätzt.

Tabelle 41: 23-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
05.09.2005	911	28,67	17,93	0,69	3,71	0,068	8
13.12.2005	877	10,58	12,50	0,40	2,82	0,037	46
22.05.2006	905	22,78	14,58	0,83	6,13	0,070	17
19.07.2006	902	23,85	32,65	2,06	8,20	0,069	15
11.10.2006	914	24,98	10,40	2,75	14,08	0,088	13
03.05.2007	913	23,66	7,50	1,37	0,78	0,056	15

4. Auswertungen Datenlogger

Während einer Gesamtbetriebsdauer von 965 Betriebsstunden wurden 211 Betriebsstunden mit einem Datenlogger mitgemessen um zusätzliche Aufzeichnungen über den Einsatz zu erhalten. Über acht Kanäle wurden die Zündspannung, die Drehzahl, sowie die Temperaturen von Ansaugluft, Motoröl, Kühlflüssigkeit, Kraftstofffilter, Kraftstofftank, sowie die Abgastemperatur in 2-Minuten-Intervallen gemessen. Hierbei wurden das Lauf- und das Startverhalten des Traktors sowie die Temperaturverläufe der jeweiligen Kanäle aufgezeichnet und ausgewertet.

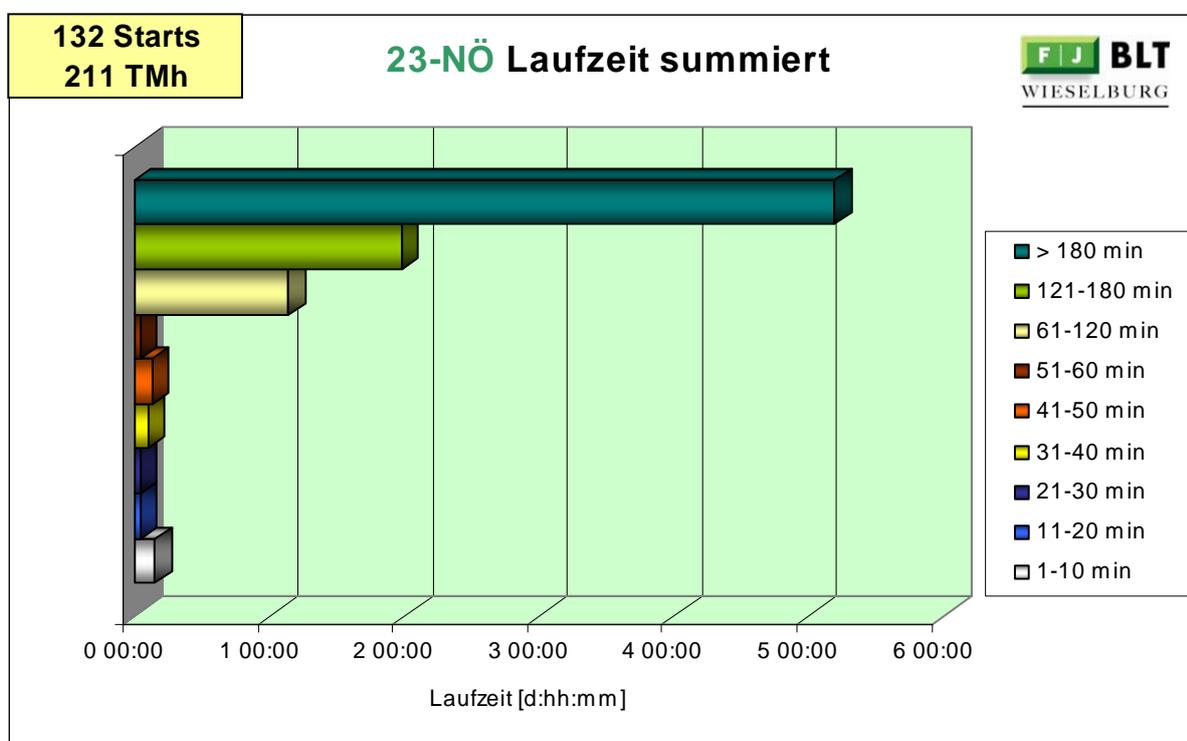


Abbildung 166: 23-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit

Die Auswertungen wiesen das Einsatzmaximum in der Kategorie „größer als 3 Stunden“ aus. Während der Dokumentationsphase mit dem Datenlogger wurden nur sehr wenige Starts durchgeführt.

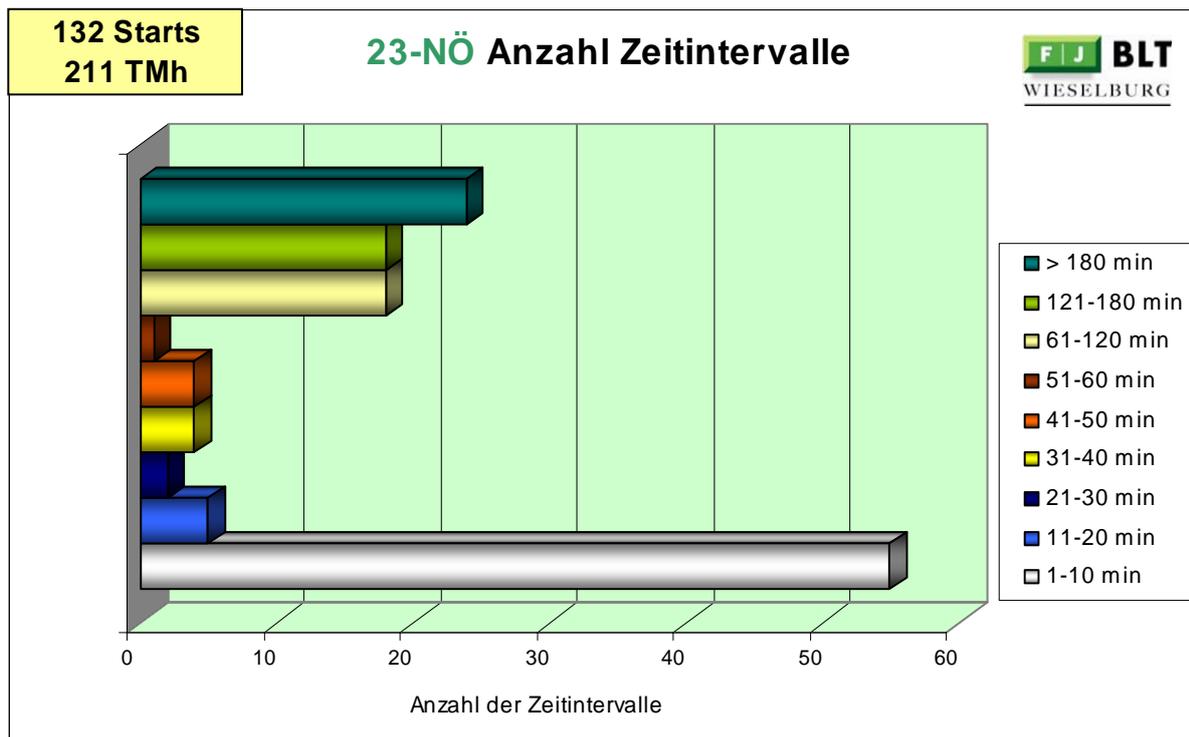


Abbildung 167: 23-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts

Etwas mehr als 40% der Starts fiel in die Kategorie „1 – 10 Minuten“. Bedingt durch das Einsatzprofil war auch der Anteil von mehr als 60% Kaltstarts plausibel.

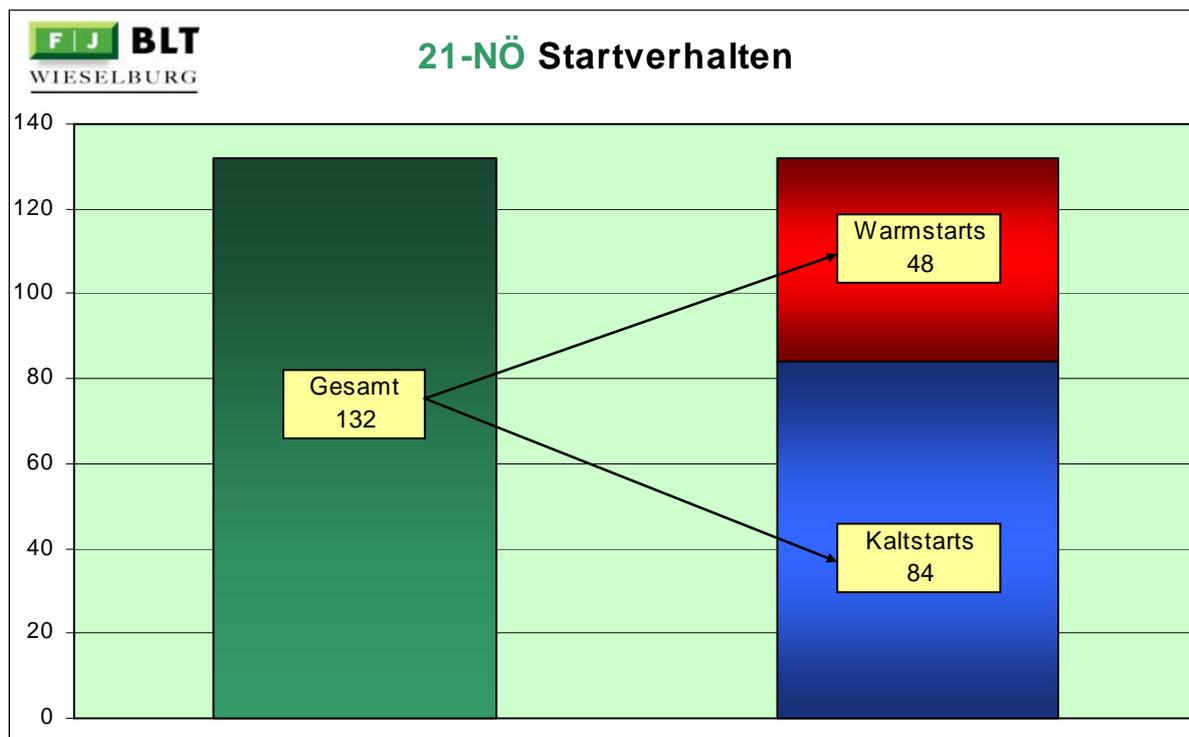


Abbildung 168: 23-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts

Nachfolgend sind Histogramme der Kanäle Motoröl-, Kühlflüssigkeit-, sowie Kraftstofffiltertemperatur dargestellt. Die Auswertungen basieren auf jeweils über 6.700 Einzelmesswerten.

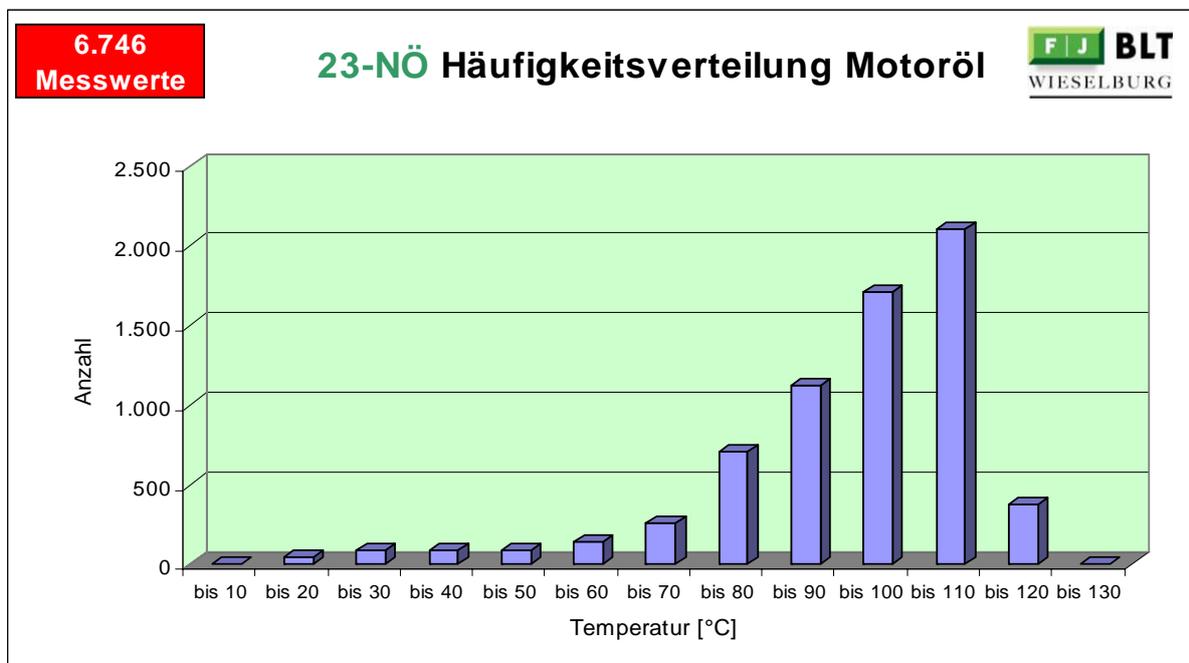


Abbildung 169: 23-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur

Bei der Motoröltemperatur wurden die meisten Messwerte im Temperaturbereich von 80 bis 110°C verzeichnet. Die Kühlflüssigkeitstemperaturmesswerte lagen mit einem hohen Anteil an Messwerten im Bereich von 100 – 110°C bereits im kritischen Bereich. Die Charakteristik der Häufigkeitsverteilung der Temperatur der Kühlflüssigkeit ergibt sich durch das Öffnen des Thermostates bei der vorgegebenen Temperatur.

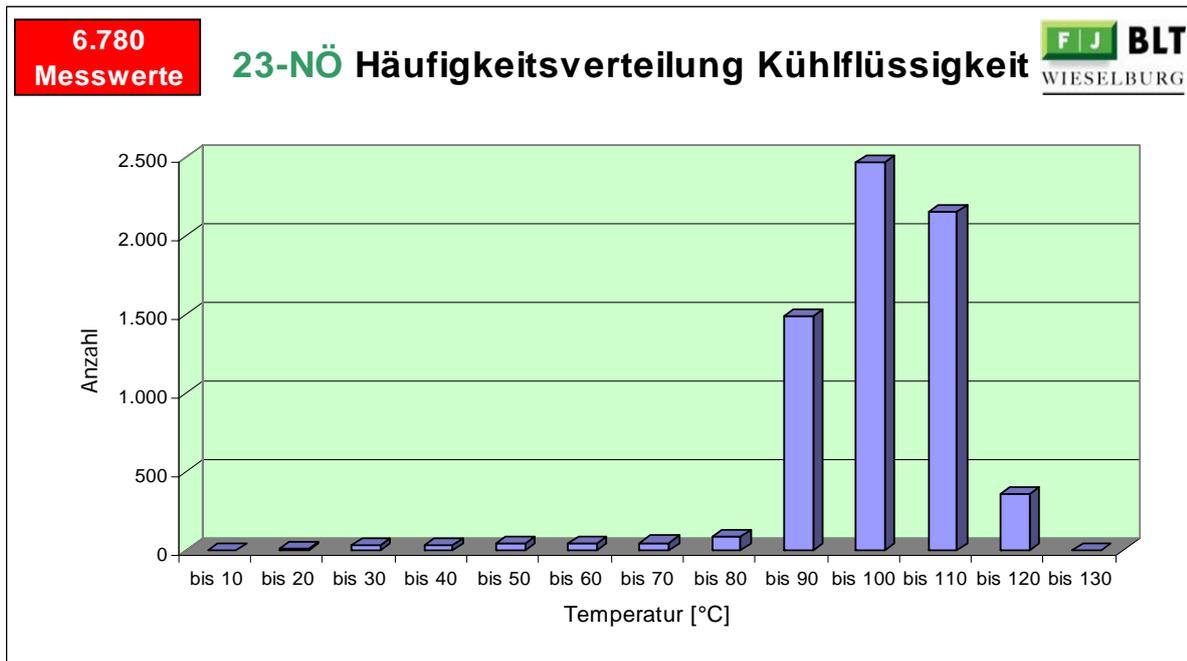


Abbildung 170: 23-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur

Die Kraftstofffiltertemperaturen lagen bei diesem Traktor mit dem Schwerpunkt zwischen 70 und 100°C deutlich über den Messwerten anderer Traktoren.

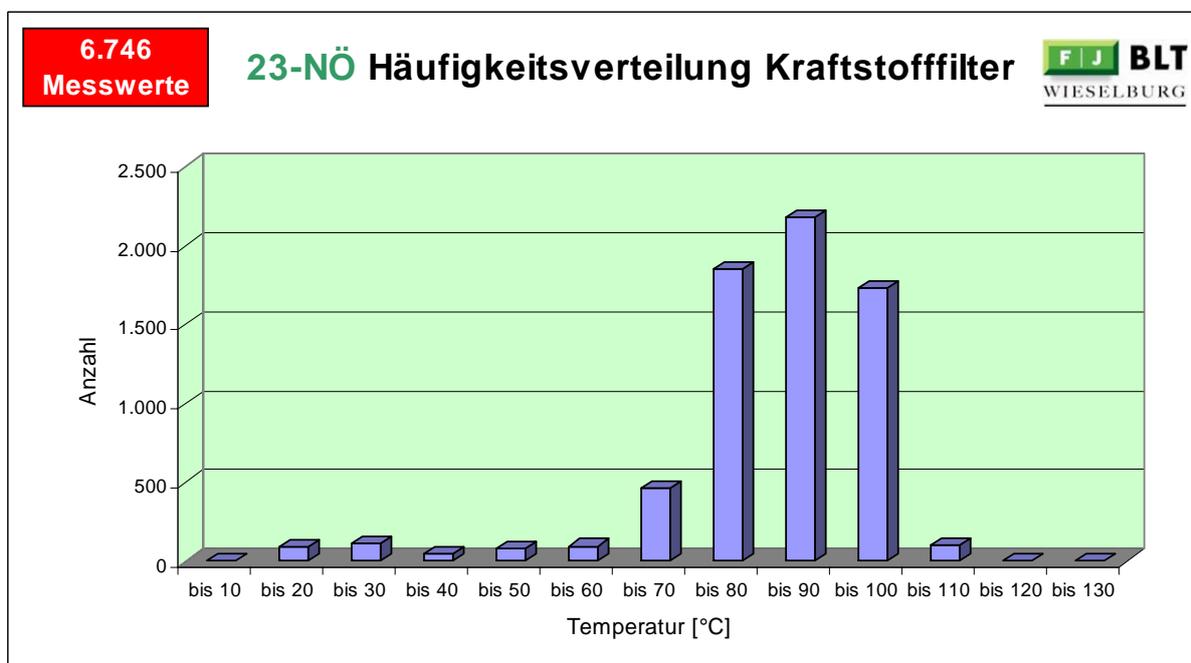


Abbildung 171: 23-NÖ Häufigkeitstemperatur Kraftstofffilter



5. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geschrieben. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zwei Jahren 936 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 11.108 Liter Rapsöl und 1.050 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 12,99 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 9%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 143 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

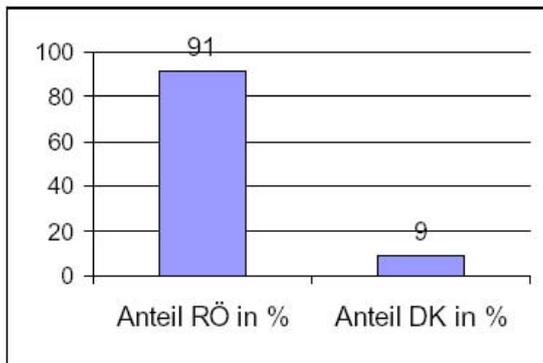
Fahrzeug: 23 Steyr 9125



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 17. Jun. 05 bei TMh: 2120
 Letzter Eintrag: 27. Apr. 07 bei TMh: 3056,0 TMh lt. Traktortagebuch: **936,0**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 143



Tankmengen:

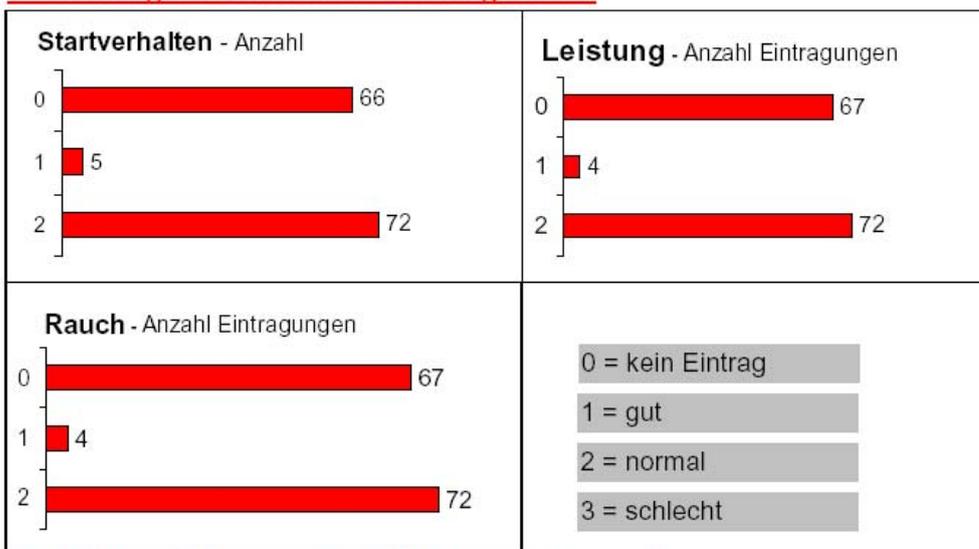
Diesel in l: 1050

Rapsöl in l: 11108

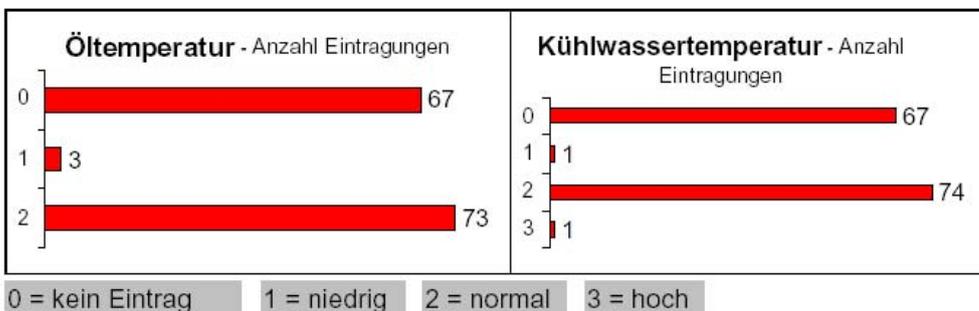
duchschnittlicher Verbrauch/h:

12,99

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



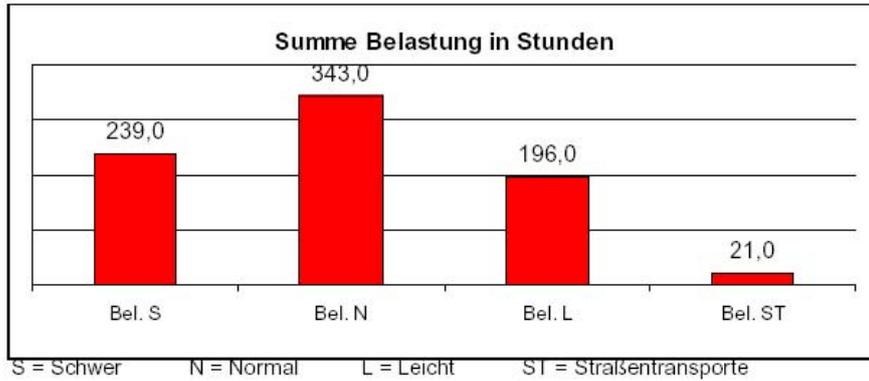


Traktortagebuch

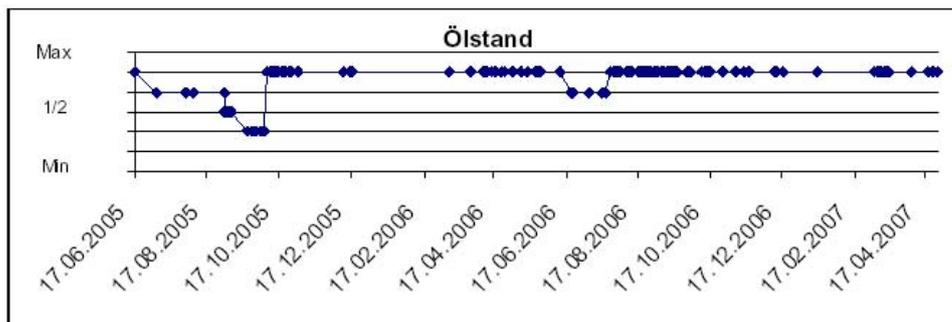
Fahrzeug: 23 Steyr 9125



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



6. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangsuntersuchung des Traktors wurden die Kompression und der Druckverlust im Brennraum, sowie der Düsenöffnungsdruck gemessen.

Tabelle 42: 23-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation Beginn

	Kompression [bar]	Druckverlust [%]	Düsenöffnungsdruck [bar]	Spritzbild	
	Beginn	Beginn	Beginn	Beginn	
Zylinder 1	26	16	245	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	24	16	240	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	26	15	235	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	26	17	235	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	26	18	235	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	26	18	235	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Messwerte von Kompression und Druckverlust im Brennraum zu Versuchsbeginn zeigten einen normalen der Laufzeit entsprechenden Zustand.

Eine Enduntersuchung wurde nicht durchgeführt, da der Traktor gegen Projektende bereits mit Sonnenblumenöl betrieben wurde.



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Steyr 9125 wurde im Mai 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 2.112 Traktormeterstunden im Lagerhaus Hollabrunn auf ein Elsbett 2-Tank System, umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 965 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Die Leistungsmessung zu Versuchsbeginn ergab eine nahezu identische Kurve bei beiden Kraftstoffen.

Die Emissionen von Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoff waren bei Rapsölbetrieb deutlich geringer als bei Dieselbetrieb. Die Stickoxidemissionen waren generell sehr hoch und bei Rapsöl typischerweise etwas höher als bei Dieselbetrieb.

Die Motorölanalysen ergaben hinsichtlich der Änderung der Viskosität ein relativ homogenes Bild, wobei jene des Intervalls 3 etwas stärker schwankten. Die Abnahme der TBN lag innerhalb eines zulässigen Abfalls von 50%. Bei der Verschleißgeschwindigkeit und beim Russgehalt wurden keine Auffälligkeiten festgestellt. Der Rapsöleintrag lag mit im Mittel 13% auf einem relativ hohen Niveau.

Die Kraftstoffproben aus dem Lagertank wiesen generell einen hohen Dieselanteil auf. Der Lagertank ist in mehrere Kammern unterteilt und wurde für Diesel und Rapsöl gleichermaßen verwendet. Bei der Probenahme aus dem Zapfhahn war deshalb ein Vorlauf von einigen Litern Kraftstoff zu berücksichtigen, um die Kraftstoffleitung mit dem jeweils gewünschten Kraftstoff zu füllen. Die Grenzwerte der Oxidationsstabilität und des Wassergehaltes wurden mehrmals überschritten. Bei den Traktortankproben gab es vereinzelte Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Neutralisationszahl und Wassergehalt.

Die Auswertungen des Datenloggers zeigten, dass der Traktor vor allem in längeren durchgehenden Betriebszeiten eingesetzt wird. Die Temperaturspitzen, die bei der Kühlflüssigkeit zu einem beträchtlichen Anteil über 100°C lagen, sind als kritisch



einzustufen. Die Kraftstofffiltertemperaturen waren mit dem Schwerpunkt von 70 bis 100°C ebenfalls auf einem ungewöhnlich hohen Niveau.

Auf Wunsch des Traktorbesitzers wurde keine abschließende Leistungsmessung durchgeführt. Eine Enduntersuchung des Motors wurde ebenfalls nicht durchgeführt, da der Traktor gegen Versuchsende bereits mit Sonnenblumenöl betrieben wurde.





24-Bgld

24-Bgld



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Schäffer Hoftrac
Umrüstung:	Juni 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.051 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Hoftrac
Fahrzeugmarke	Schäffer Hoftrac 3045
Motortype	V 1505 T
Erstmalige Zulassung	06.03.2001
Motorhersteller	Kubota
Motor Nr.	YC 2482
Anzahl Zylinder	4
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	7 Liter
Nennleistung	32 kW
Nenn Drehzahl	2800 min ⁻¹
Hubraum	1498 cm ³
Bohrung x Hub	78 x 78,4 mm
Verdichtungsverhältnis	22,5:1
Einspritzpumpe	Nippon Denso
Einspritzdruck	13,73 – 14,71 MPa
Kraftstofftank	58 Liter
Eigengewicht	2.400 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Juni 2005
bei TMh	1.464
Enduntersuchung	Juni 2008
bei TMh	2.515

Umrüstung

Umrüstsystem	VWP Eintanksystem
Umrüster	VWP Waldland

1. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Universal HD SAE 15W – 40 der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 250 Betriebsstunden, diese Werte konnten laut Empfehlung des Umrüsters beibehalten werden.

Während der Projektlaufzeit wurden 3 Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 252 und ein Intervall bis 149 TMh gefahren. Von 26 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test angefertigt. Es wurden alle je 50 TMh geplanten Motorölproben gezogen.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

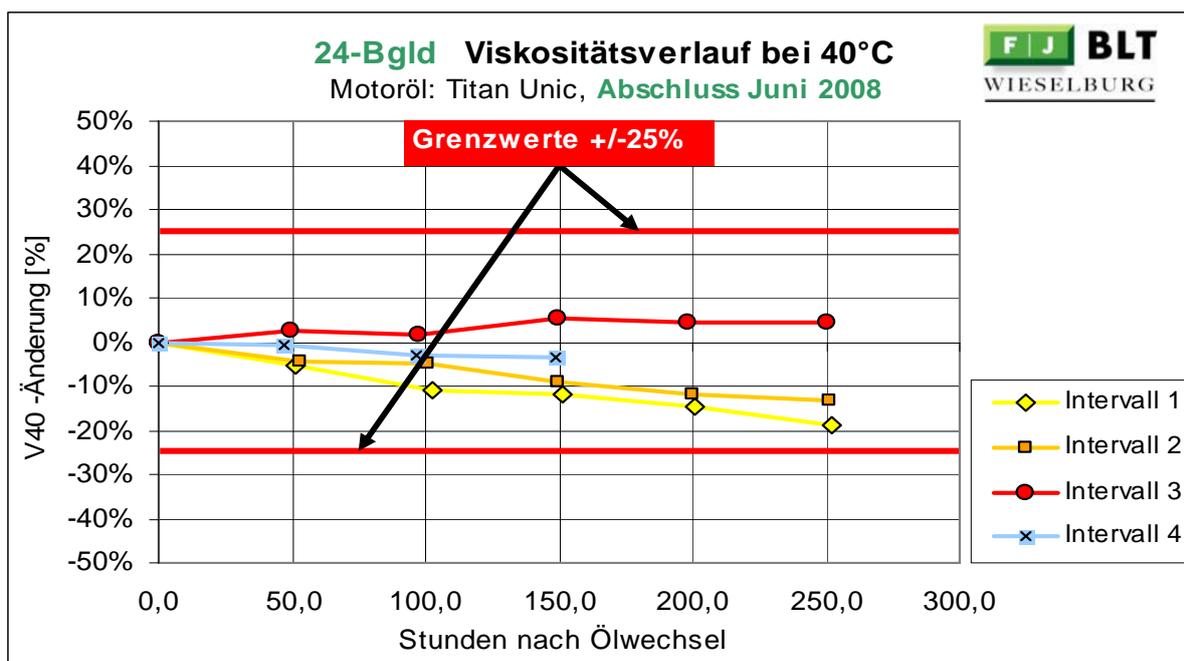


Abbildung 172: 24-Bgld Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 40°C und bei 100°C lagen innerhalb der festgelegten Grenzwerte. Die maximalen Abweichungen lagen bei den Viskositätswerten bei 40°C bei annähernd -20%, bei 100°C im Bereich von -10%.

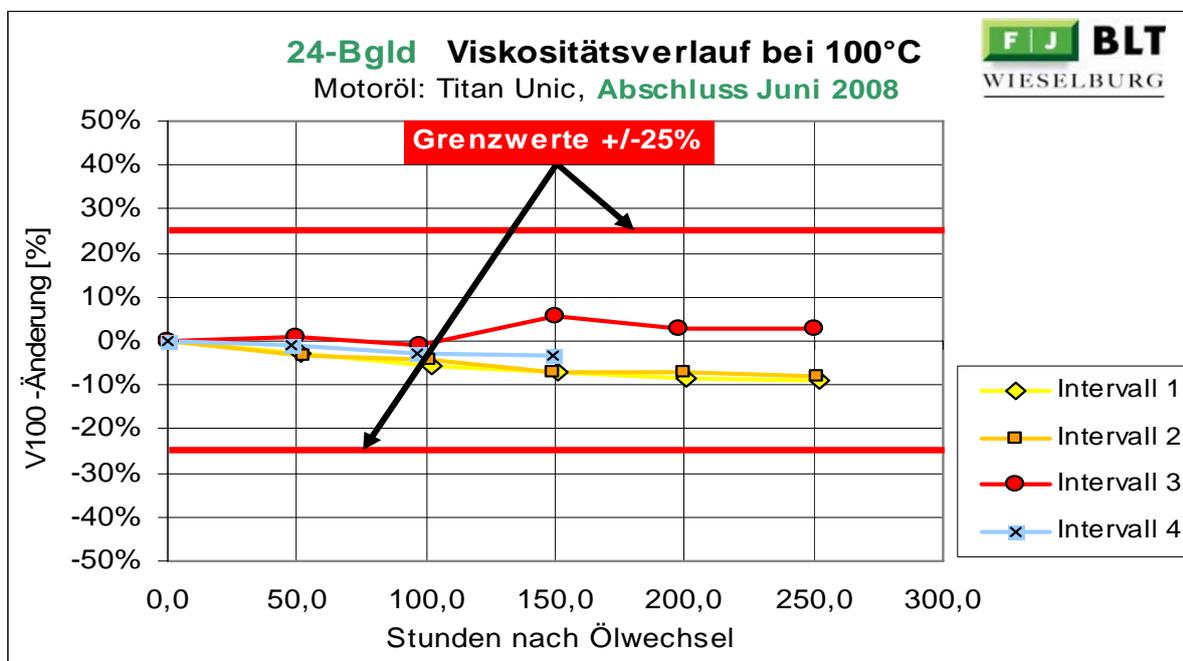


Abbildung 173: 24-Bgld Änderung der Viskosität bei 100°C

Die Verläufe der Analyseergebnisse der TBN waren sehr gleichmäßig. Die maximale Abnahme der TBN war mit -6% als sehr gering einzustufen.

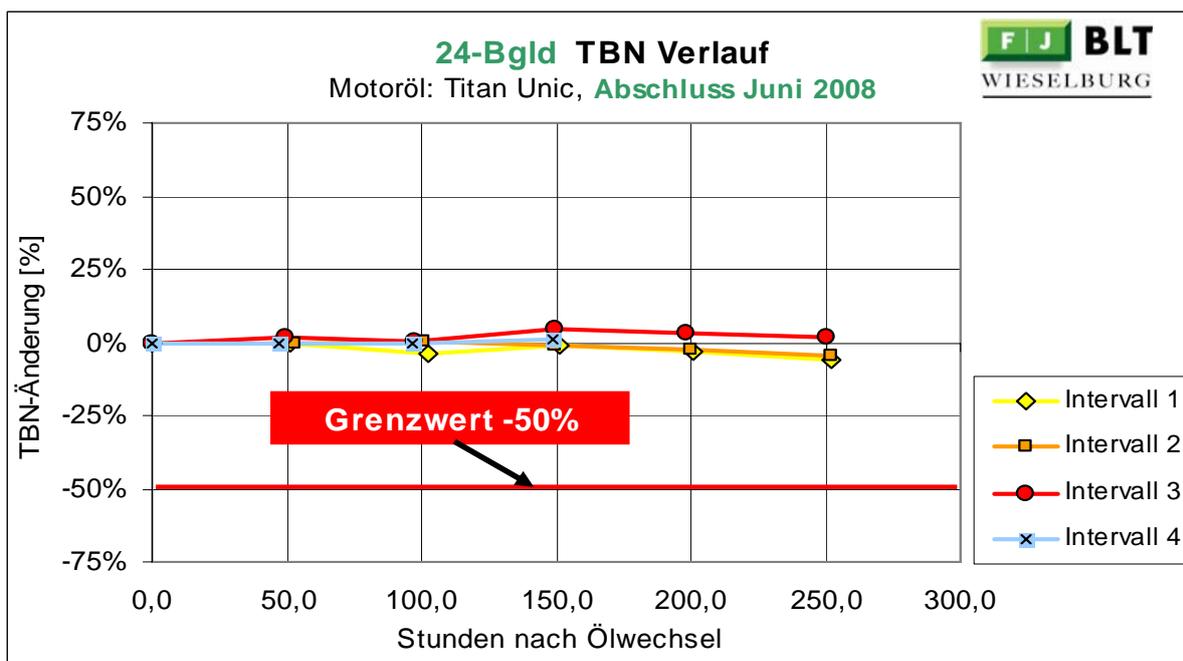


Abbildung 174: 24-Bgld Änderung der Total Base Number



Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 9 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden.

Die Analyse der Verschleißelemente war unauffällig. Der vorgegebene Grenzwert von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde für die Verschleißgeschwindigkeit wurde durchwegs eingehalten.

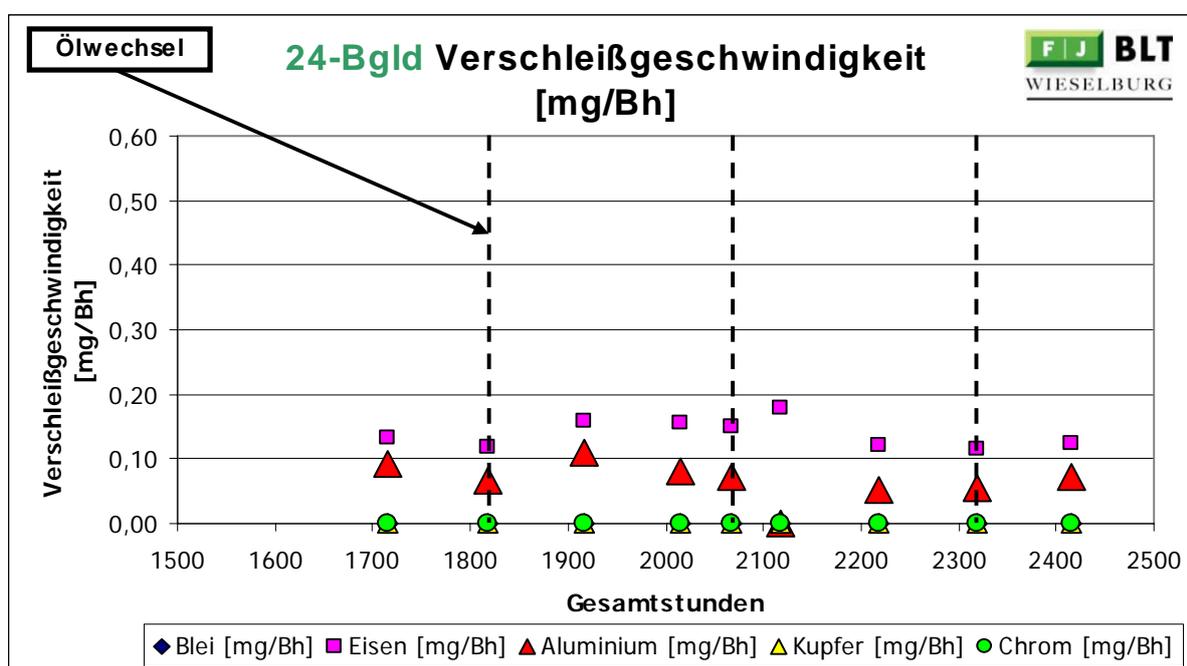


Abbildung 175: 24-Bgld Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Die durchwegs unter 0,5% liegenden Russgehalte sind als sehr gering einzustufen. Die Analysenwerte für den Rapsölgehalt lagen zwischen 6 und 11%. Sie hatten somit eine gewisse Reserve bis zum 15%-igen Grenzwert.

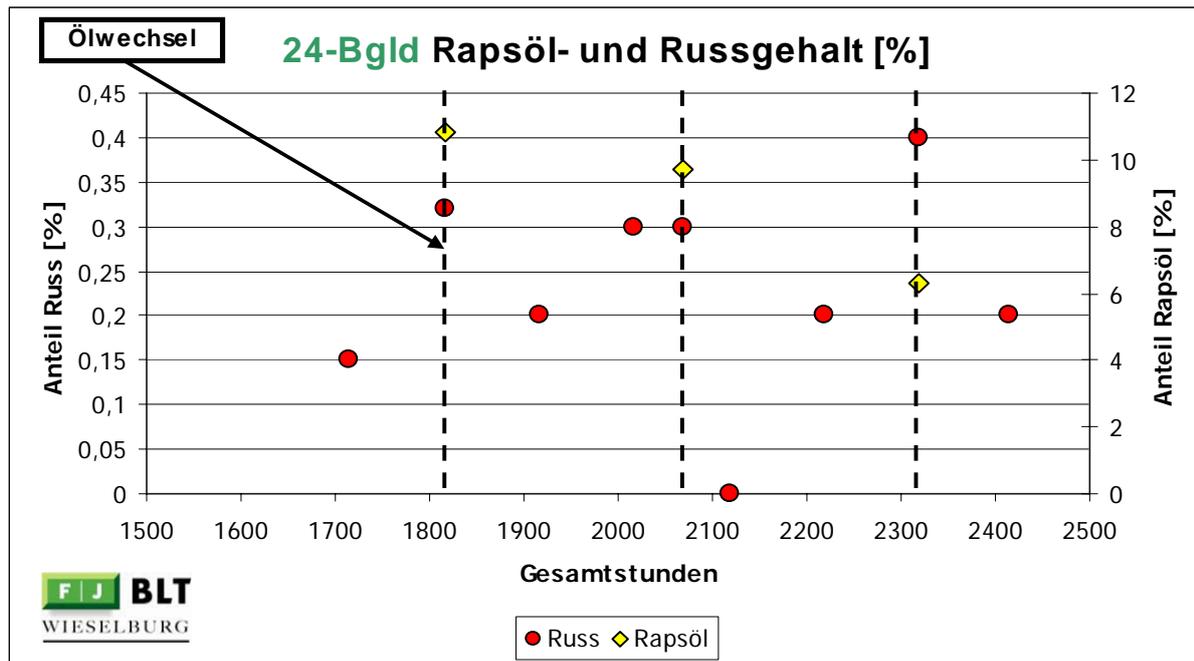


Abbildung 176: 24-Bgld Rapsölgehalt und Russgehalt in Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Die physikalisch-chemischen Parameter der untersuchten Proben sind als unauffällig einzustufen. Lediglich das Verschleißelement Aluminium übersteigt bei fast allen untersuchten Proben in geringem Maße den festgelegten Grenzwert von 10 Milligramm je Kilogramm.

2. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle BAG Ölmühle Betriebs GmbH in Güssing.

Insgesamt wurden zwei Kraftstoffproben aus dem Traktortank, sowie 11 Proben aus der dazugehörigen Ölmühle gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Anbei sind die einzelnen Analysenergebnisse der Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung. Da der Hoftrac direkt bei der örtlichen Ölmühle betankt wurde, gibt es keine gesonderten Analysewerte für „Lagertankproben“.

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei beiden Stichproben wurde die Gesamtverschmutzung deutlich überschritten bzw. war die Probe nicht mehr filtrierbar. Dies kann auf die entsprechende Ausgangsqualität des Kraftstoffes aus der Ölmühle zurückgeführt werden.

Zusätzlich wurden je einmal die Grenzwerte des Phosphorgehaltes und des Wassergehaltes überschritten.

Tabelle 43: 24-Bgld Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m³]	V40 [mm²/s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
21.07.2006	911	33,50	51,85	1,98	15,97	0,069	9
24.07.2007	920	35,08	n.f.	1,14	12,67	0,088	0



3. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geschrieben. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren 934 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 2.672 Liter Rapsöl und 80 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 2,95 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 3%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich. Das Traktortagebuch wurde nicht vollständig geführt, die Auswertungen des Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 856 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

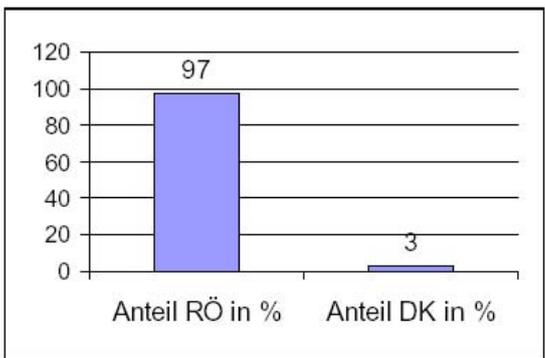
Fahrzeug: 24 Schäffer 3045



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 22. Jun. 05 bei TMh: 1465,2
 Letzter Eintrag 24. Jän. 08 bei TMh: 2399,4 TMh lt. Traktortagebuch **934,2**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 856

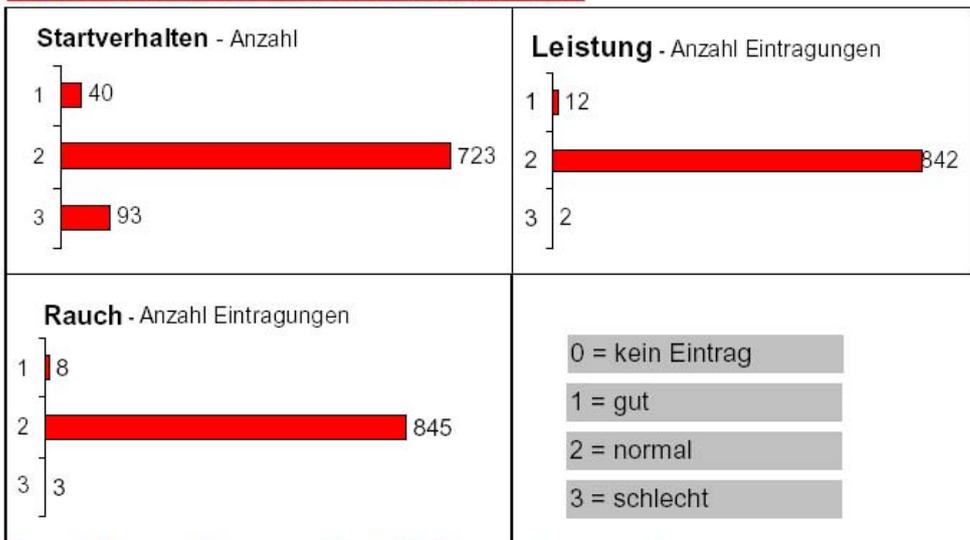


Tankmengen:

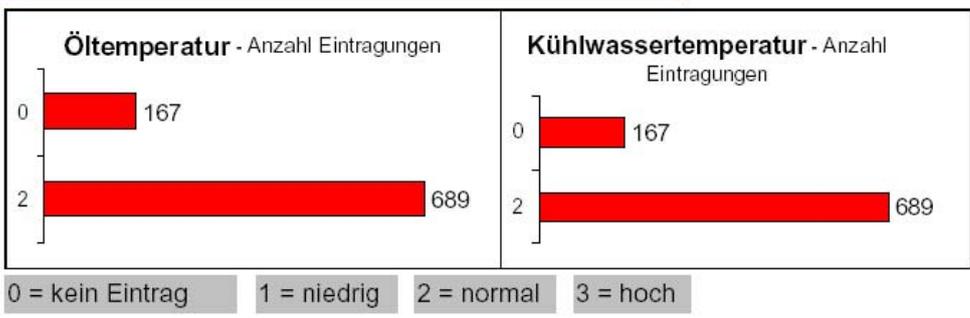
Diesel in l: 80
 Rapsöl in l: 2672

durchschnittlicher Verbrauch/h:
2,95

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



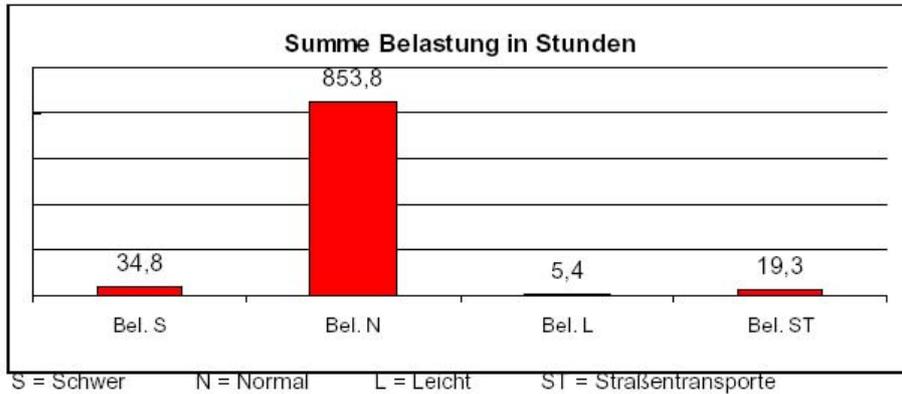


Traktortagebuch

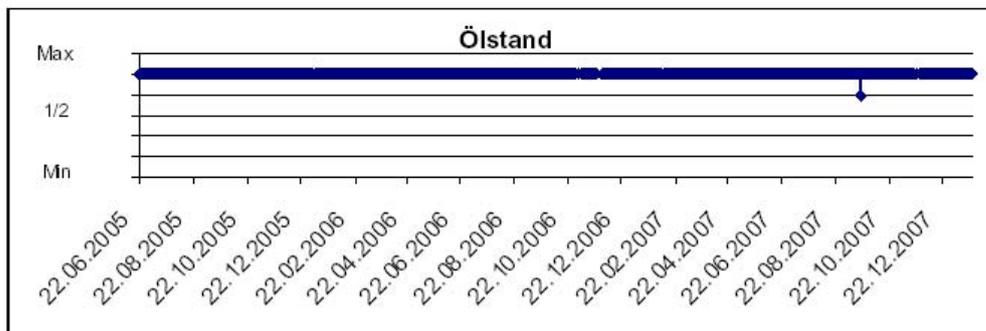
Fahrzeug: 24 Schäffer 3045



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



4. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. durchgeführt. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Messung der Kompression bei Versuchsende zeigte einen Anstieg des Kompressionsdruckes. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte zufrieden stellende Werte.

Tabelle 44: 24-Bgld Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	26	34	13	5	165	155	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	28	32	16	24	165	160	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	28	32	15	13	165	160	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	30	34	12	19	165	150	i.O.	defekt	Düse 4

i.O.....in Ordnung

Die Zapfendüsen wiesen eine leichte Kruste auf. Die Einspritzdüse des Zylinders 4 wurde als defekt klassifiziert werden, da diese im Rahmen der Spritzbildüberprüfung keine Zerstäubung mehr aufwies.



Abbildung 177: 24-Bgld Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

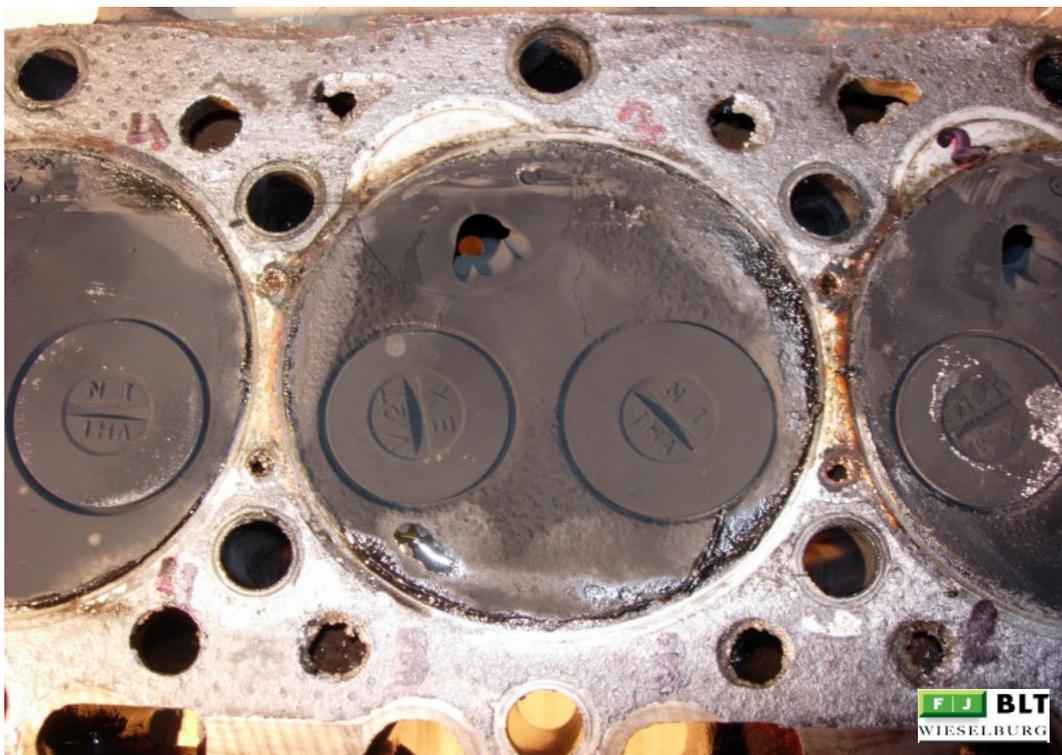


Abbildung 178: 24-Bgld Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, bis teilweise grauen Belag versehen. In den Randbereichen war teilweise eine Belagskruste vorhanden. Im Bereich um die Vorkammer war der Belag ebenfalls etwas dicker und hatte eine raue Oberfläche. Die Kopfdichtung zeigte jeweils zwischen 2. und 3. und zwischen 3. und 4. Zylinder einen Defekt infolge Überhitzung. Am Zylinderkopf war bei Zylinder 2 ein Stegriss vom Auslassventil bis hin zur Vorkammer, sowie bei Zylinder 3 zwei Stegrisse jeweils vom EV und AV bis hin zur Vorkammer ersichtlich.

Der Schaden war nicht eindeutig zuzuordnen, da der Hoftrac laut Angaben des Betreibers bereits vor der Umrüstung infolge eines defekten Thermostates mehrmals überhitzt wurde.

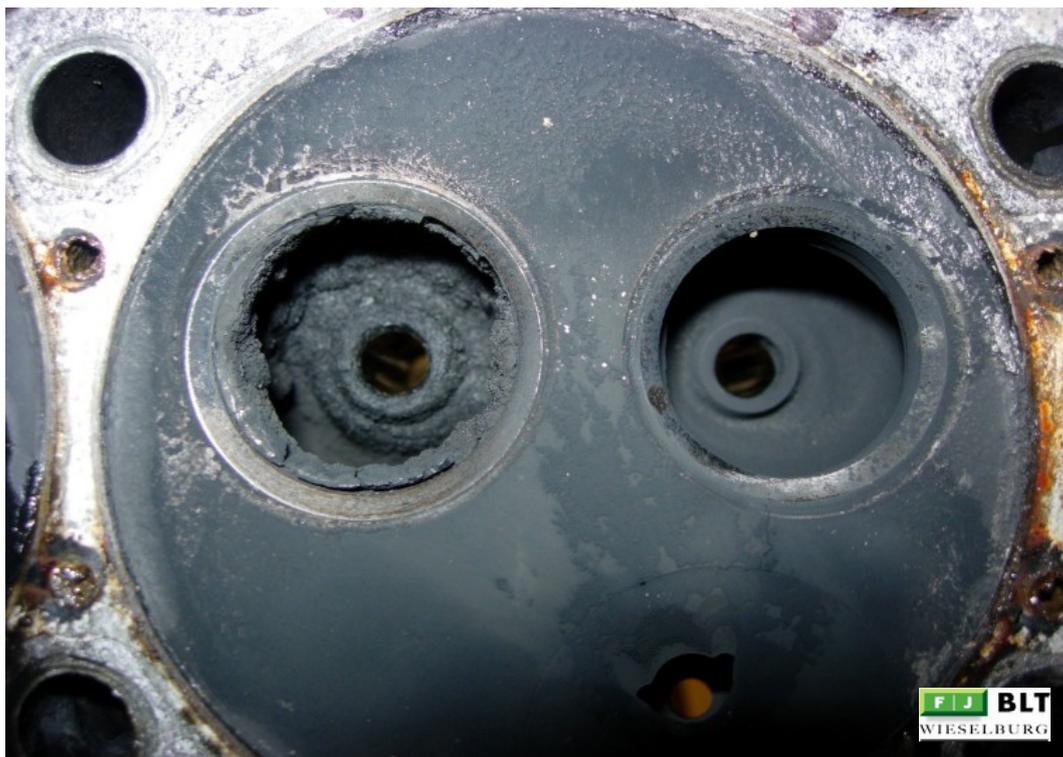


Abbildung 179: 24-Bgld Zylinderkopf mit ausgebauten Ventilen



Abbildung 180: 24-Bgld Einlass- und Auslassventile

An den Einlassventilen wurde ein massiver schwarzer Belag im Übergang von den Ventiltellern bis hin zum Schaftbereich festgestellt. Auch im Einlasskanal war ein Belag vorhanden. Die Auslassventile wiesen einen dünnen trockenen schwarzen Belagsfilm von den Ventiltellern zum Schaft auf. Im Auslasskanal wurde kein Belag festgestellt.

Der Feuerstegbereich der Zylinder war jeweils klar abgegrenzt und wies einen grauen, trockenen bis stellenweise schwarzen, schmierigen Belag auf. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Bei allen Laufbüchsen konnte eine geringe Spiegelbildung, sowie fallweise leichte Schleifspuren von abgelöstem Koksbelag festgestellt werden. Zylinder 3 zeigte auf ca. halber Hubhöhe am ganzen Umfang Spuren, die wie eingetrocknete Wassertropfen aussahen. Es wird vermutet, dass es sich um Feuchtigkeitsspuren nach einer längeren Stillstandszeit handelt.

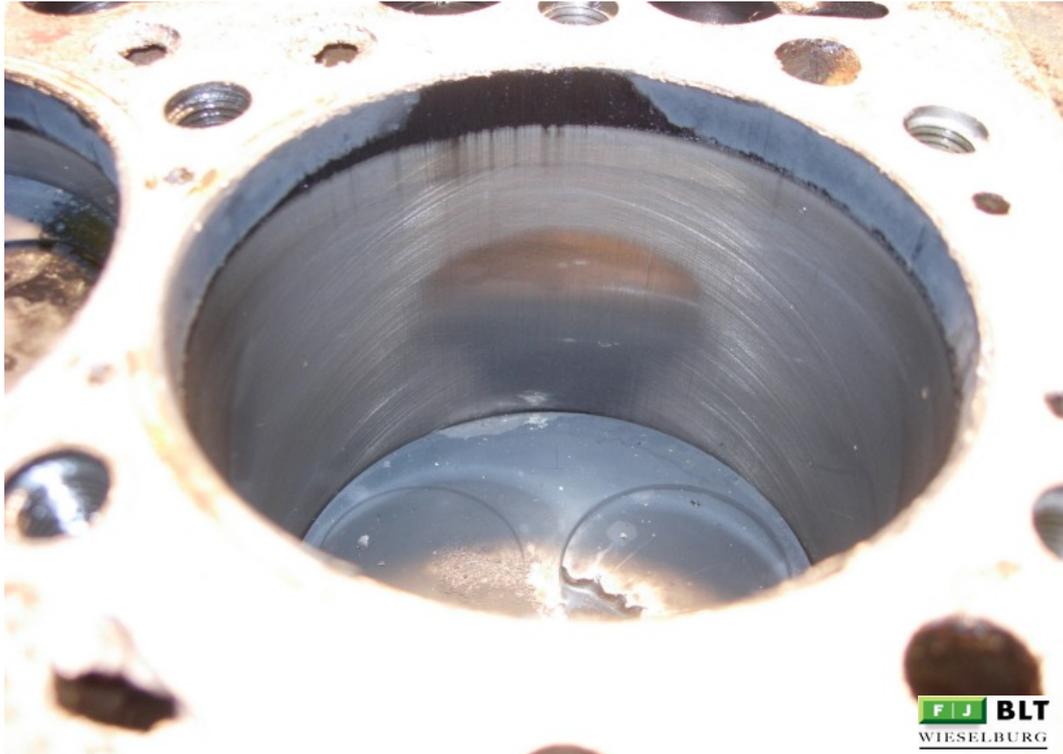


Abbildung 181: 24-Bgld Zylinderlaufbüchse

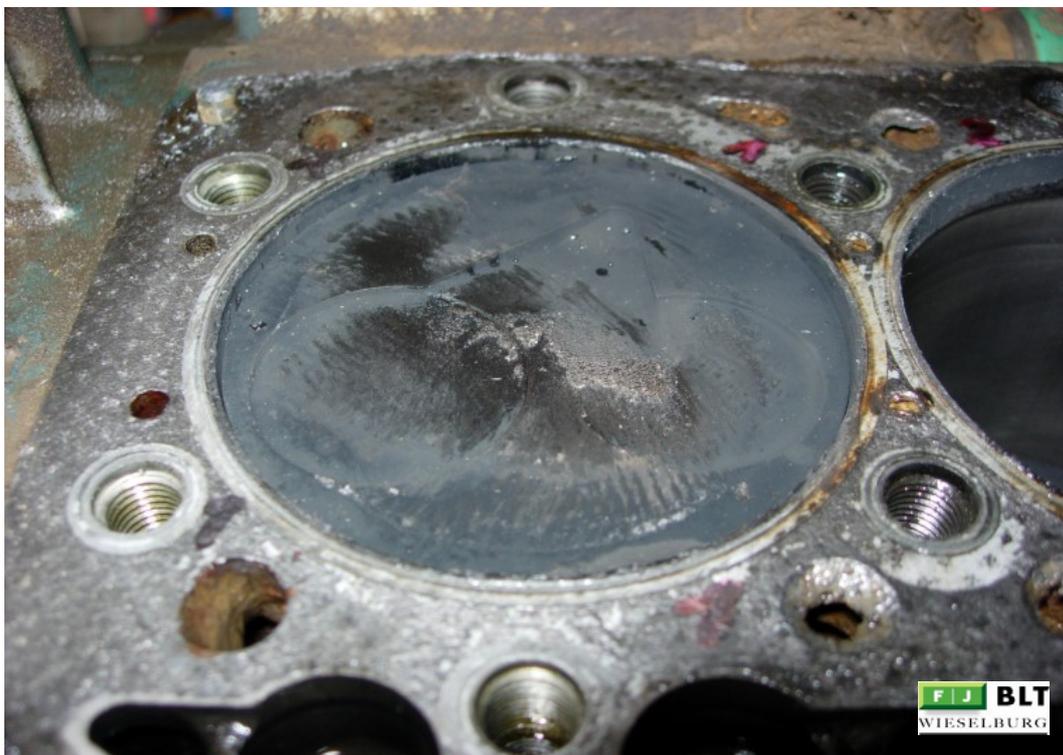


Abbildung 182: 24-Bgld Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem dünnen, schwarzen Belagsfilm versehen. Im mittleren Bereich kam es teilweise zu einer hellgrauen Färbung. In den Randbereichen verstärkte sich der Belag zum Teil zu einer Kruste.



5. Schlussbetrachtung

Der Schäffer Hoftrac wurde im Juni 2005 bei einer bisherigen Einsatzdauer von 1.464 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1-Tank-System für den Betrieb mit Rapsöl ausgerüstet. Der Hoftrac wurde insgesamt 1.051 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Der Hoftrac wurde wegen schlechten Startverhaltens mit einer Kraftstoffvorwärmung nachgerüstet.

Die Analysenwerte der Motorölproben lagen bis auf höhere Gehalte an Aluminium im unbedenklichen Bereich.

Die Rapsölqualität zeigte bei zehn von elf untersuchten Ölproben von der Ölmühle Überschreitungen des Grenzwertes der Gesamtverschmutzung. Da das Fahrzeug direkt in der örtlichen Ölmühle betankt wurde, wurden keine Lagertankproben untersucht. Die Traktortankproben wiesen Überschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Phosphor- und Wassergehalt auf.

Die Messung von Kompression bei Versuchsende zeigte einen Anstieg des Kompressionsdruckes. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte zufrieden stellende Werte.

Die Zapfendüsen wiesen eine leichte Kruste auf. Die Einspritzdüse des Zylinders 4 wurde als defekt klassifiziert werden, da diese im Rahmen der Spritzbildüberprüfung keine Zerstäubung mehr aufwies.

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen bis teilweise grauen Belag versehen. In den Randbereichen war teilweise eine Belagskruste vorhanden. Im Bereich um die Vorkammer war der Belag ebenfalls etwas dicker und hat eine raue Oberfläche. Die Kopfdichtung zeigte jeweils zwischen 2. und 3. und zwischen 3. und 4. Zylinder einen Defekt infolge Überhitzung. Am Zylinderkopf war bei Zylinder 2 ein Stegriss vom



Auslassventil bis hin zur Vorkammer, sowie bei Zylinder 3 zwei Stegrisse jeweils vom EV und AV bis hin zur Vorkammer ersichtlich.

Der Schaden war nicht eindeutig zuzuordnen, da der Hoftrac laut Angaben des Betreibers bereits vor der Umrüstung infolge eines defekten Thermostates mehrmals überhitzt wurde.

An den Einlassventilen wurde ein massiver schwarzer Belag im Übergang von den Ventiltellern bis hin zum Schaftbereich festgestellt. Auch im Einlasskanal war ein Belag vorhanden. Die Auslassventile wiesen einen dünnen trockenen schwarzen Belagsfilm von den Ventiltellern zum Schaft auf. Im Auslasskanal wurde kein Belag festgestellt.

Der Feuerstegbereich der Zylinder war jeweils klar abgegrenzt und wies einen grauen trockenen bis stellenweise schwarzen schmierigen Belag auf. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Bei allen Laufbüchsen konnte eine geringe Spiegelbildung, sowie fallweise leichte Schleifspuren von abgelöstem Koksbelag festgestellt werden. Zylinder 3 zeigte auf ca. halber Hubhöhe am ganzen Umfang Spuren, die wie eingetrocknete Wassertropfen aussahen. Es wird vermutet, dass es sich um Feuchtigkeitsspuren nach einer längeren Stillstandszeit handelt.

Die Kolbenböden waren mit einem dünnen schwarzen Belagsfilm versehen. Im mittleren Bereich kam es teilweise zu einer hellgrauen Färbung. In den Randbereichen verstärkte sich der Belag zum Teil zu einer Kruste.





25-NÖ

25-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Deutz Agrotron 135
Umrüstung:	August 2005
Umrüttlösung:	Jedinger 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	981 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Deutz Agrotor 135
Motortype	BF6M1013E
Erstmalige Zulassung	07.07.2003
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	00652289
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Öfüllmenge	20 Liter
Nennleistung	103 kW
Nenn Drehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	7.146 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 130 mm
Verdichtungsverhältnis	17,6 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	270 Liter
Eigengewicht	6.250 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	August 2005
bei TMh	927
Enduntersuchung	Jänner 2008
bei TMh	1908

Umrüstung

Umrüstsystem	Jedinger Zweitanksystem
Umrüster	Jedinger

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Bereits zu Beginn des Projektes konnte mit beiden Kraftstoffen eine nahezu idente Leistungskurve festgestellt werden. Über die Laufzeit blieb die Leistung und der Kraftstoffverbrauch sowohl bei Diesel- als auch bei Rapsölbetrieb konstant.

Nachfolgend sind die Diagramme hinsichtlich Leistung und Kraftstoffverbrauch dargestellt, wobei jeweils die Werte von Diesel und Rapsöl der Anfangsuntersuchung, jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt werden.

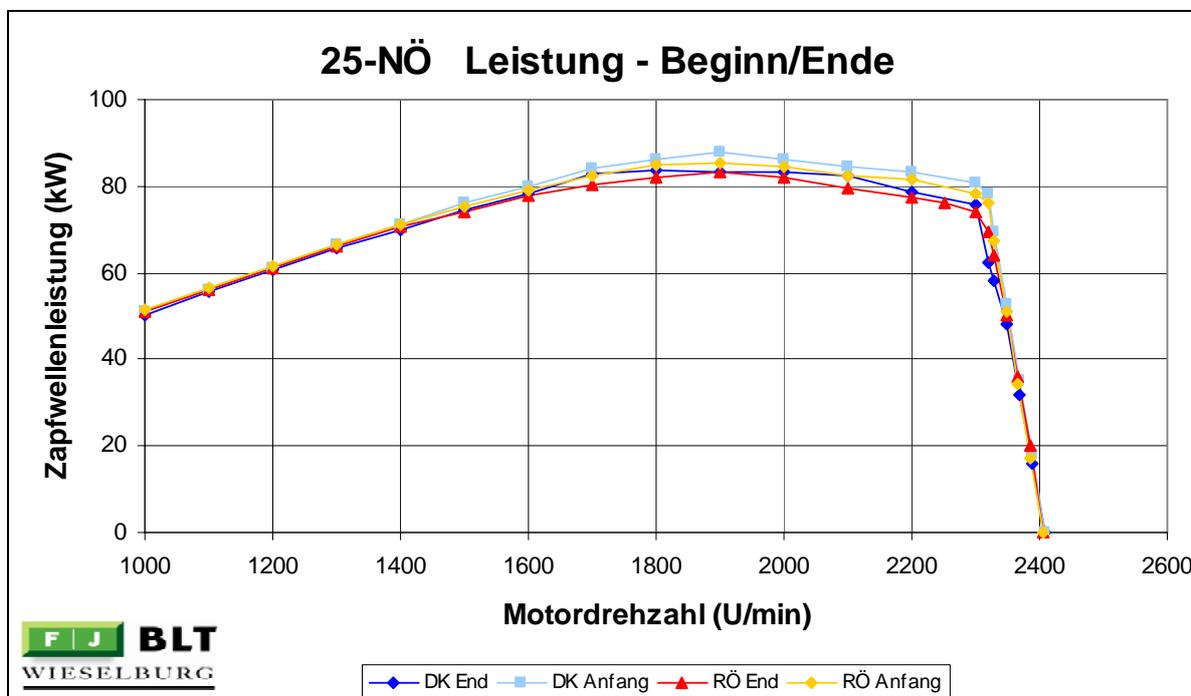


Abbildung 183: 25-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

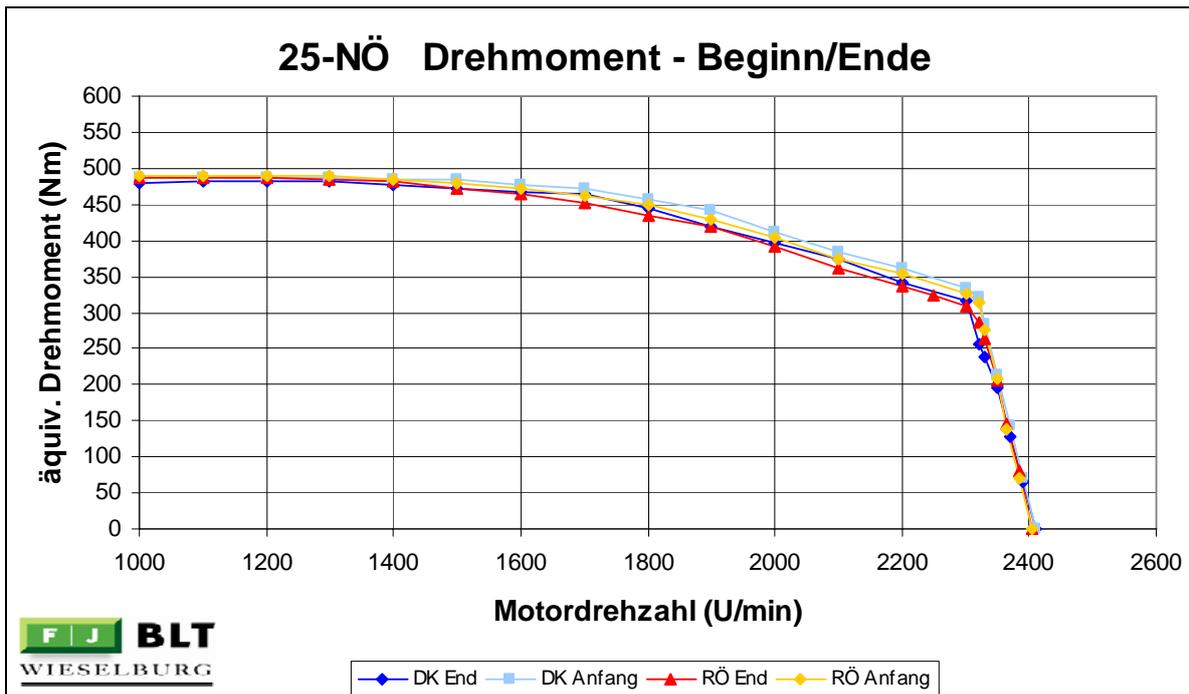


Abbildung 184: 25-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

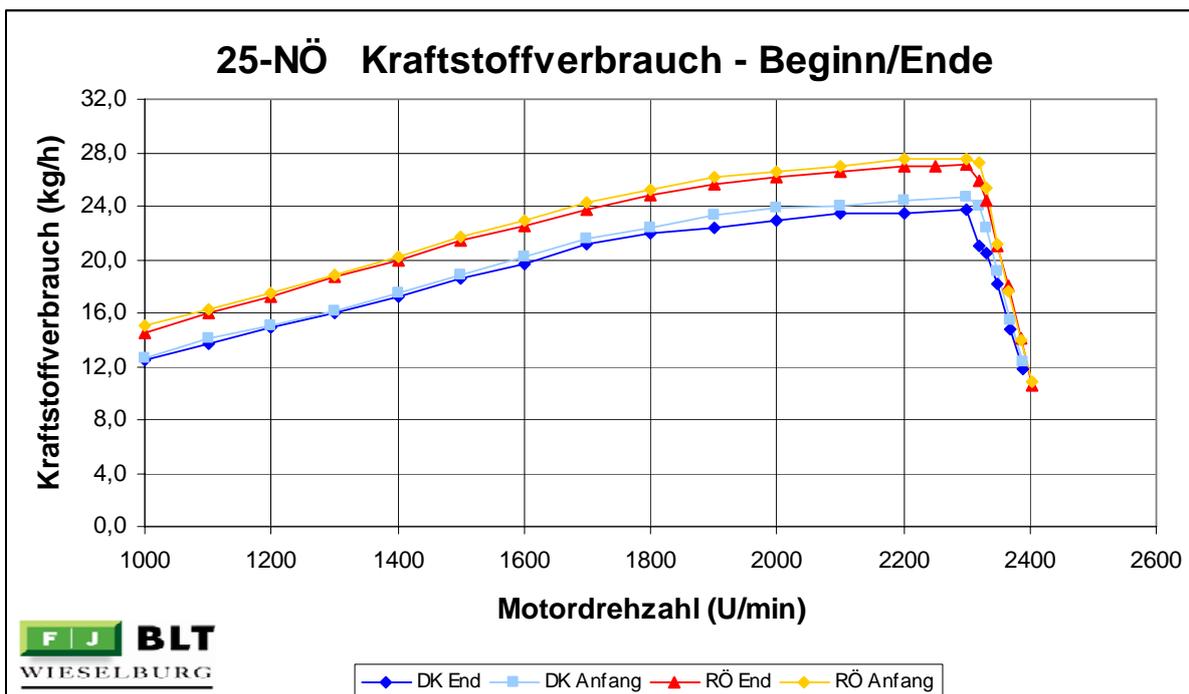


Abbildung 185: 25-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

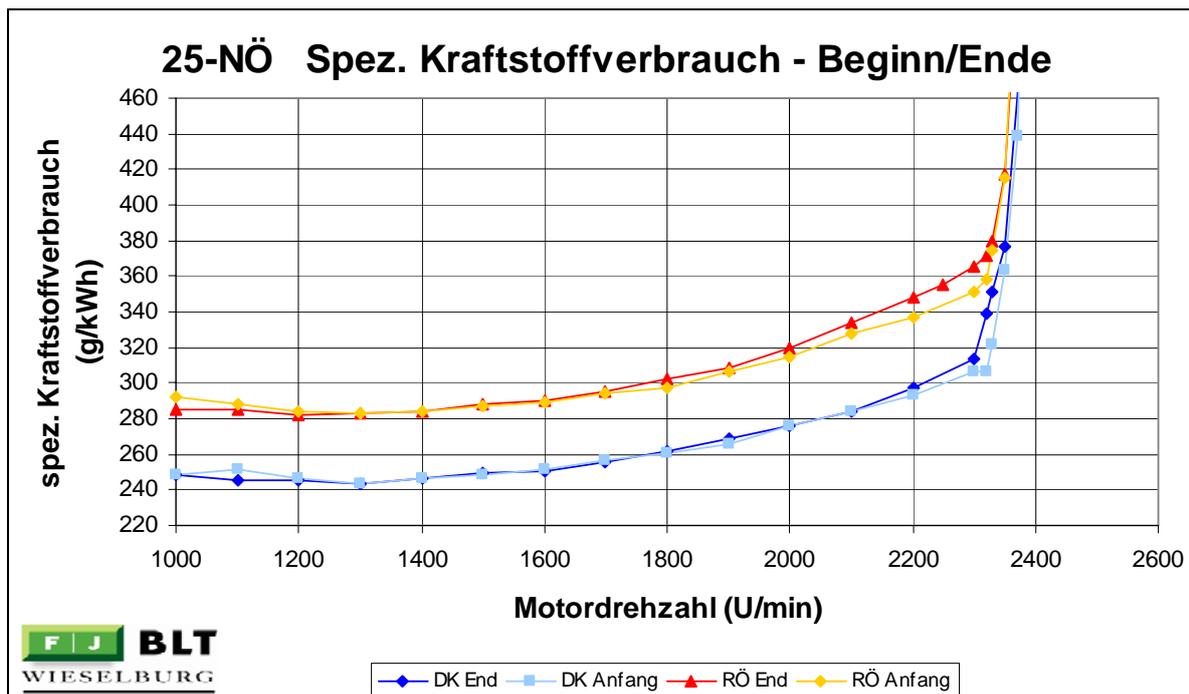


Abbildung 186: 25-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Bei der Messung zu Versuchsende war sowohl bei Betrieb mit Dieselkraftstoff als auch mit Rapsöl ein Anstieg gegenüber der Anfangsuntersuchung zu verzeichnen.

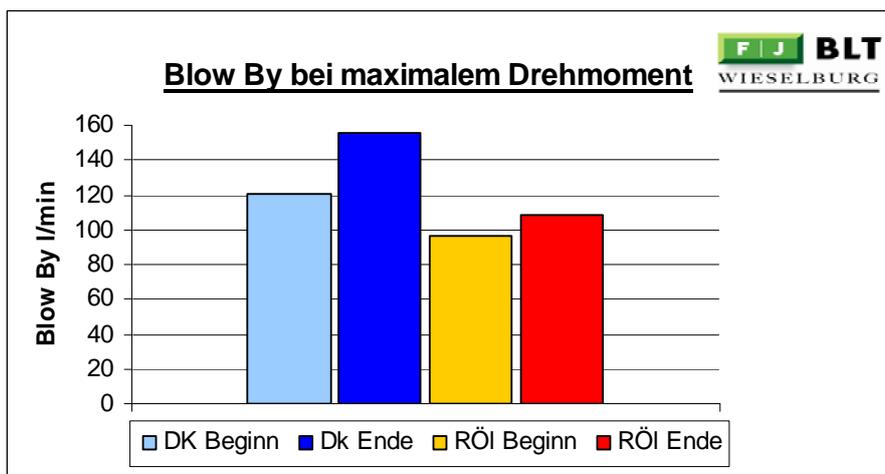


Abbildung 187: 25-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxidemissionen waren zu Projektbeginn bei Rapsölbetrieb geringer als bei der Enduntersuchung. Die Stickoxidemissionen sind bei Dieselmotoren geringer. Über die Laufzeit konnte bei Dieselmotoren bei allen Emissionskomponenten eine Abnahme beobachtet werden, bei Rapsölbetrieb jedoch lediglich hinsichtlich der Stickoxidemissionen. Insgesamt lagen die Emissionen, verglichen mit den Auswertungen der übrigen Projekttraktoren, durchgehend leicht über dem Mittelwert.

Tabelle 45: 25-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	11.11.2005	22.01.2008	09.11.2005	23.01.2008
CO	1,59	1,79	1,74	1,67
HC	0,29	0,36	0,75	0,67
NOx	12,16	10,98	11,41	9,86

Partikelmessung

Neben der Emissionsmessung wurde im Rahmen der Enduntersuchung eine Partikelmessung mit dem „AVL Smart Sampler SPC 972“ durchgeführt, um zusätzliche Informationen über das Abgasverhalten zu erhalten. Es wurden jeweils zwei Messungen mit Diesel und Rapsöl durchgeführt. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Partikelmessung.

Tabelle 46: 25-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	2. Messung	Datum
RÖ	0,302	0,395	22.01.2008
DK	0,379	0,369	23.01.2008

Die Ergebnisse der Partikelmessung zeigten bei beiden Kraftstoffen sehr hohe Werte auf ähnlichem Niveau. Die Mittelwerte der Traktoren von 0,29 g/kWh bei Dieselmotoren, sowie 0,21 g/kWh bei Rapsölbetrieb, wurden jeweils deutlich überschritten.

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte konnten laut Empfehlung des Umrüsters beibehalten werden.

Während der Projektlaufzeit wurden zwei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 445 TMh sowie ein Intervall zu 50 TMh (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 25 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test durchgeführt.

In den nachfolgenden Diagrammen sind jeweils die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

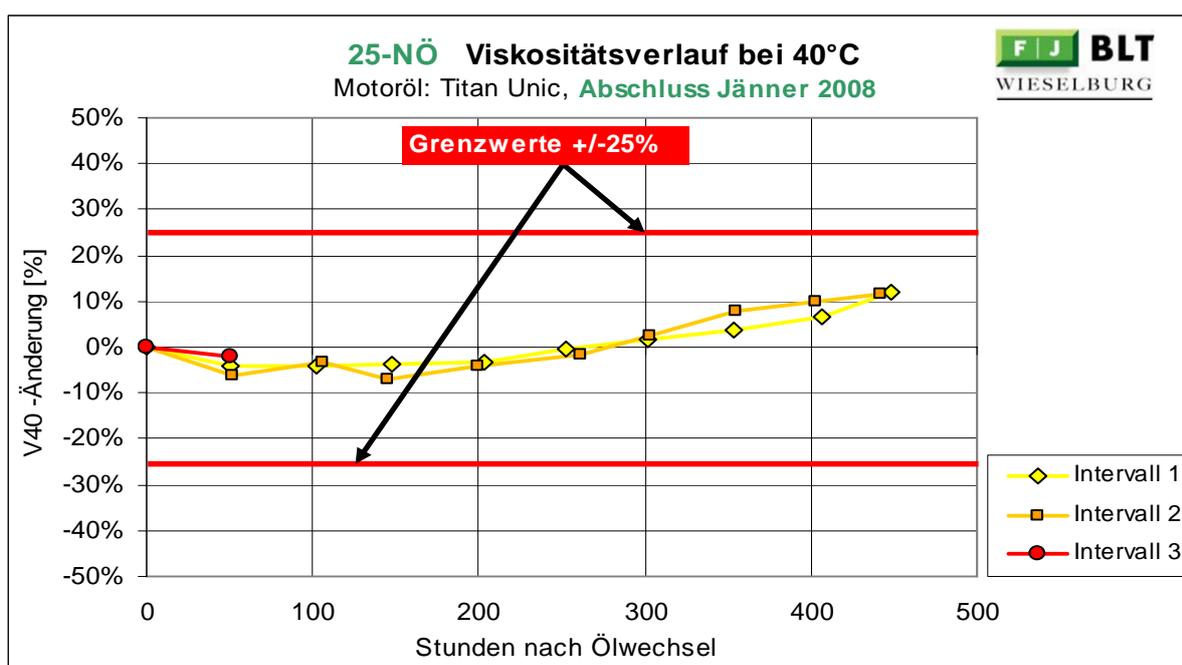


Abbildung 188: 25-NÖ Viskositätsverlauf bei 40°C



Die Viskositätsuntersuchungsergebnisse bei 40°C lagen bis zu rund 250 Betriebsstunden unter den Werten der 5-min Probe und stiegen anschließend bis zum Ölwechsel auf ein Niveau von ca. 12 % über dem Ausgangswert. Die beiden Kurven waren nahezu deckungsgleich.

Dieselbe Tendenz stärker ausgeprägt wiesen auch die Verläufe der Viskosität bei 100°C auf. Hier wurde ein maximaler Anstieg von über 20% beobachtet. Die festgelegte Grenze von maximal 25 % Abweichung vom Ausgangswert wurde eingehalten.

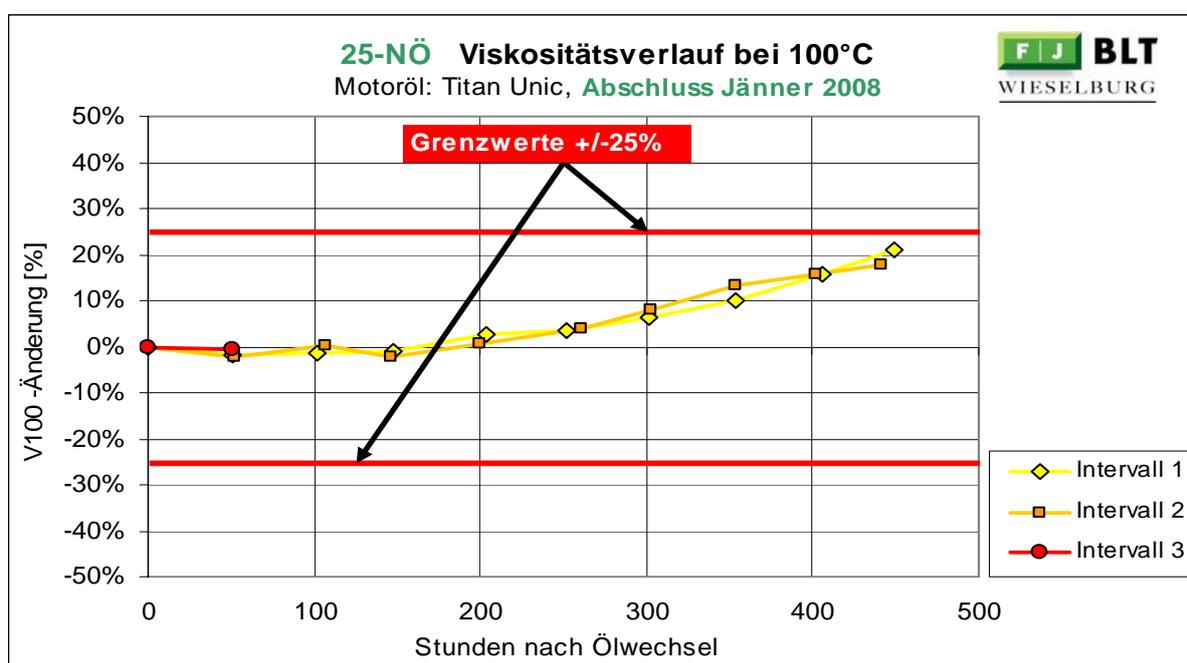


Abbildung 189: 25-NÖ Viskositätsverlauf bei 100°C

Die Untersuchungsergebnisse der Total Base Number blieben bis zu 200 Betriebsstunden auf dem Ausgangsniveau. Die nachfolgenden Werte nahmen bis zum nächsten Ölwechsel um bis zu 20% ab, sie lagen somit immer deutlich oberhalb der festgelegten Grenze.

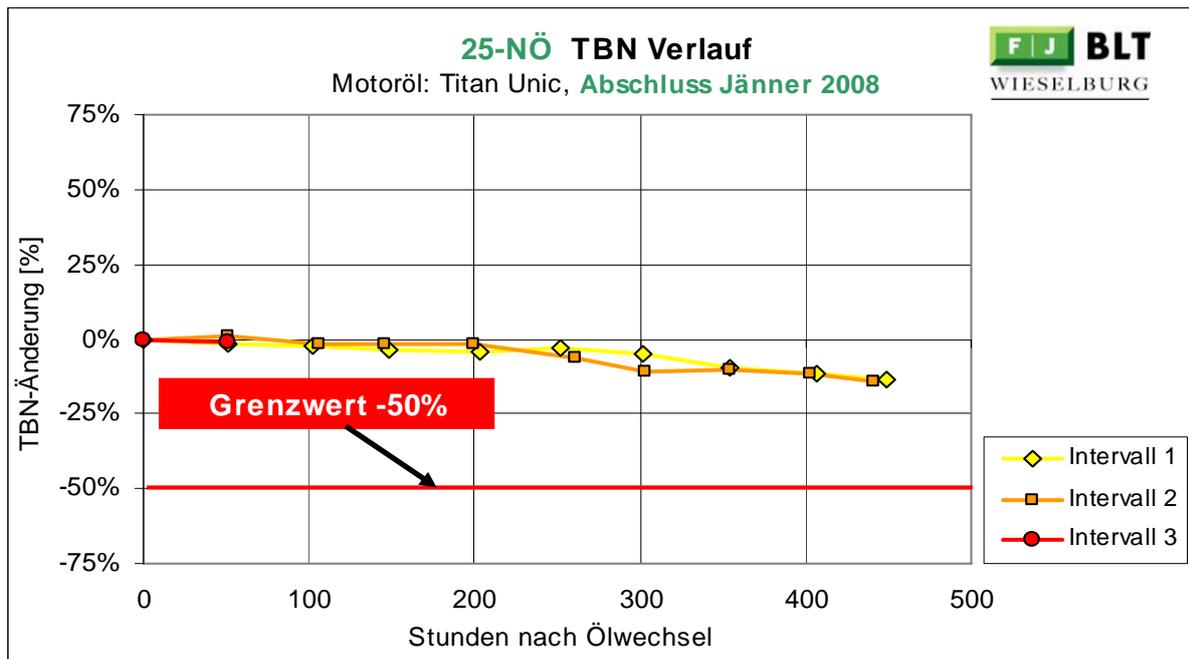


Abbildung 190: 25-NÖ Verlauf der Total Base Number

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors wurden neun Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißelementen untersucht wurden. Die analysierten Verschleißelemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom lagen jeweils deutlich unterhalb des festgelegten Grenzwertes einer maximalen Abnahme von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde.

Die Analysenwerte des Rapsölgehaltes im Motoröl lagen unter dem vorgesehenen Grenzwert von 15%. Der Russgehalt stieg mit vorlaufender Einsatzdauer stetig an und überschritt nach jeweils rund 200 Betriebsstunden den Grenzwert von 3%.

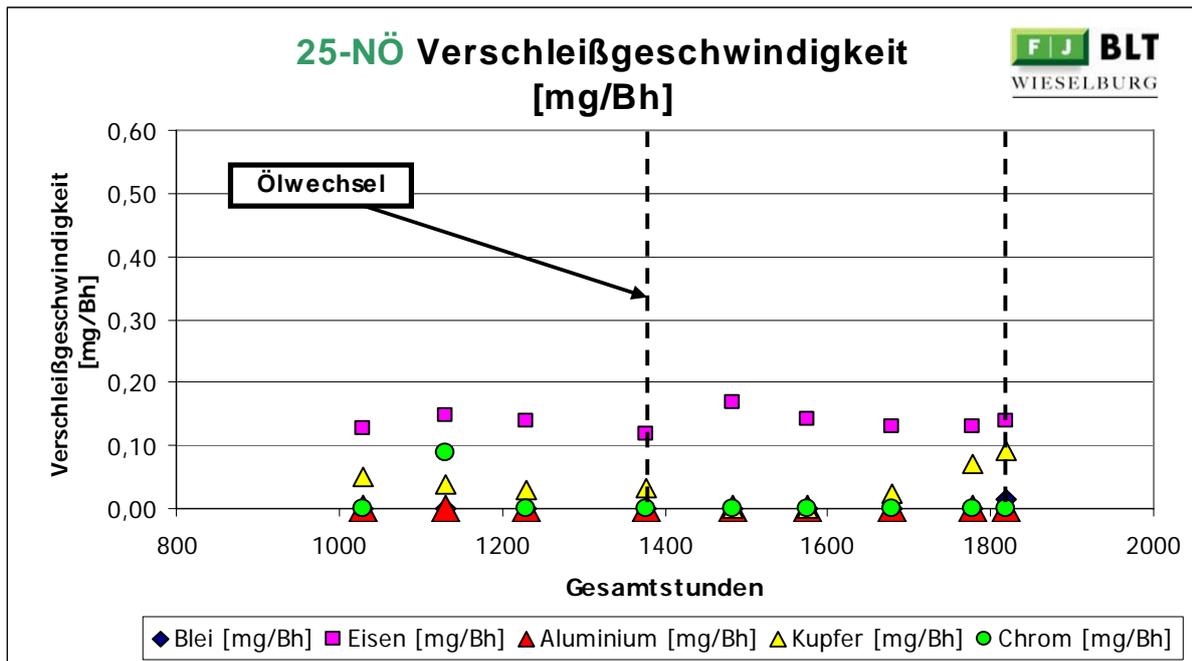


Abbildung 191: 25-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

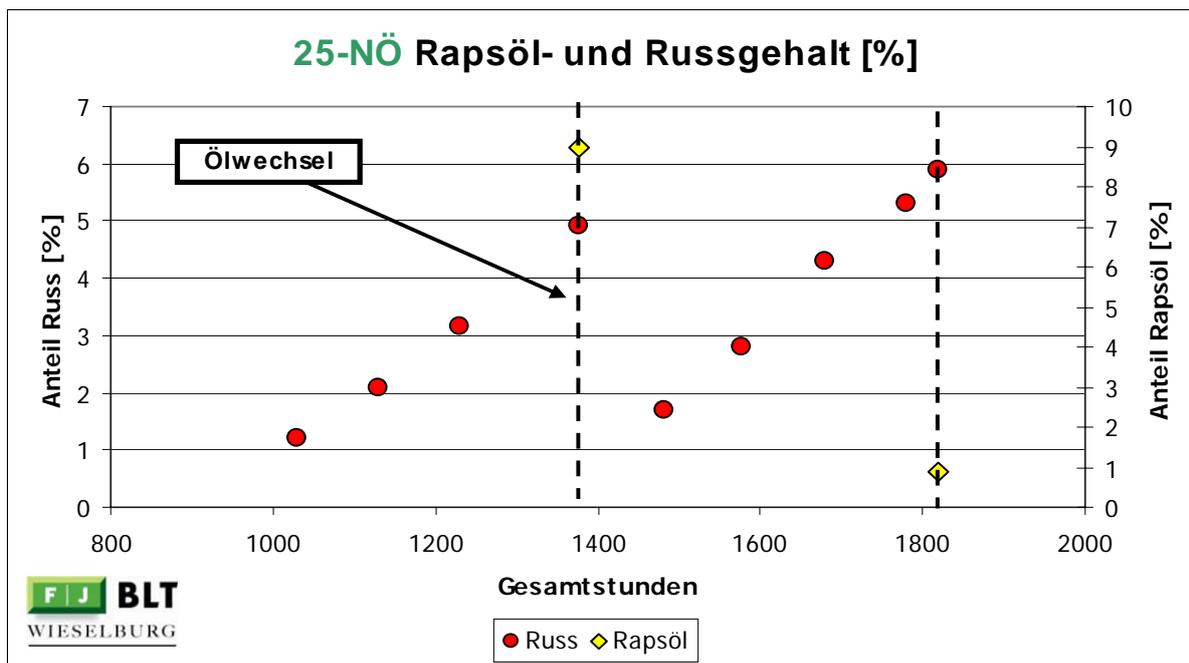


Abbildung 192: 25-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben



Kommentar Fa. Fuchs

Bis etwa 200 Betriebsstunden sind die physikalisch-chemischen Parameter unauffällig. Oberhalb ist ein Anstieg der Viskosität festzustellen, der jedoch innerhalb der festgelegten Grenzwerte bleibt. Kritisch ist der Russeintrag, der etwa ab 200 Betriebsstunden den festgelegten Grenzwert von 3% erreicht und bis zum Intervallende auf etwa das Doppelte des Grenzwertes steigt.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Innöl CoKG aus Mining in Oberösterreich.

Insgesamt wurden 7 Kraftstoffproben aus dem Lagertank, 6 aus dem Traktortank, sowie 44 Proben aus der dazugehörigen Ölmühle Innöl gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Nachfolgend sind die einzelnen Analysenergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Zu Projektbeginn wurden Überschreitungen beim Parameter Gesamtverschmutzung, der Neutralisationszahl und dem Wassergehalt festgestellt. Zweimal wurde die Unterschreitung des Grenzwertes beim Parameter Oxidationsstabilität beobachtet.

Ab Ende 2006 wurden bei den gezogenen Stichproben die in der österreichischen Kraftstoffverordnung definierten Grenzwerte durchgehend eingehalten.

Tabelle 47: 25-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
15.02.2006	915	34,74	43,15	0,94	3,03	3,44	0,058
27.03.2006	916	34,67	38,05	0,92	6,35	2,71	0,059
22.05.2006	917	34,43	11,28	2,01		7,86	0,081
30.08.2006	918	34,77	10,30	1,10	4,53	2,92	0,066
16.11.2006	919	34,60	5,90	0,70	6,45	8,17	0,060
12.07.2007	919	35,13	10,68	0,89	8,13	4,43	0,069
07.11.2007	920	34,56	11,78	0,58	6,49	2,90	0,068

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei den Fahrzeugtankkraftstoffproben wurde lediglich einmal eine Überschreitung des Grenzwertes beim Parameter Gesamtverschmutzung festgestellt. Zum Teil ließ sich diese Verbesserung auf den für Zweitanksysteme typischen Dieselkraftstoffanteil zurückführen.

Tabelle 48: 25-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m³]	V40 [mm²/s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
27.03.2006	902	22,28	30,85	0,84	2,85	0,057	17
22.05.2006	911	28,79		1,15	5,41	0,072	8
30.08.2006	919	33,83	9,85	1,09	10,16	0,068	1
16.11.2006	906	22,21	12,63	0,67	6,69	0,046	18
12.04.2007	917	32,35	10,50	0,84	5,12	0,035	3
07.11.2007	907	21,72	24,66	0,51	3,74	0,056	18

Der Dieselanteil von bis zu 18% wurde durch Spülvorgänge und auch als Lecköl bei Dieselbetrieb systembedingt in den Rapsöltank eingebracht.



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zweieinhalb Jahren 953 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 10.573 Liter Rapsöl und 2.375 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 13,59 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 18%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im schweren Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhten auf Eintragungen von 284 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

Fahrzeug: 25 Deutz Agrotron 135



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 08. Sep. 05 bei TMh: 928,6
 Letzter Eintrag 16. Jän. 08 bei TMh: 1881,7 TMh lt. Traktortagebuch **953,1**

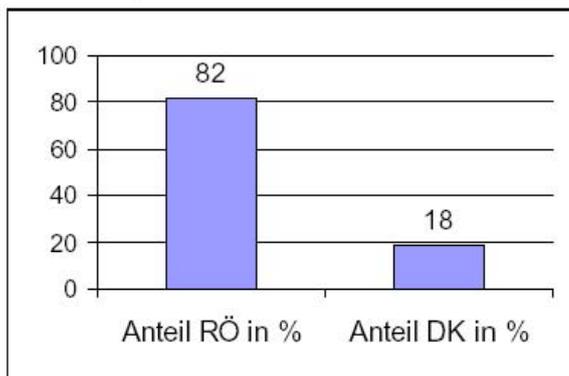
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 284

Tankmengen:

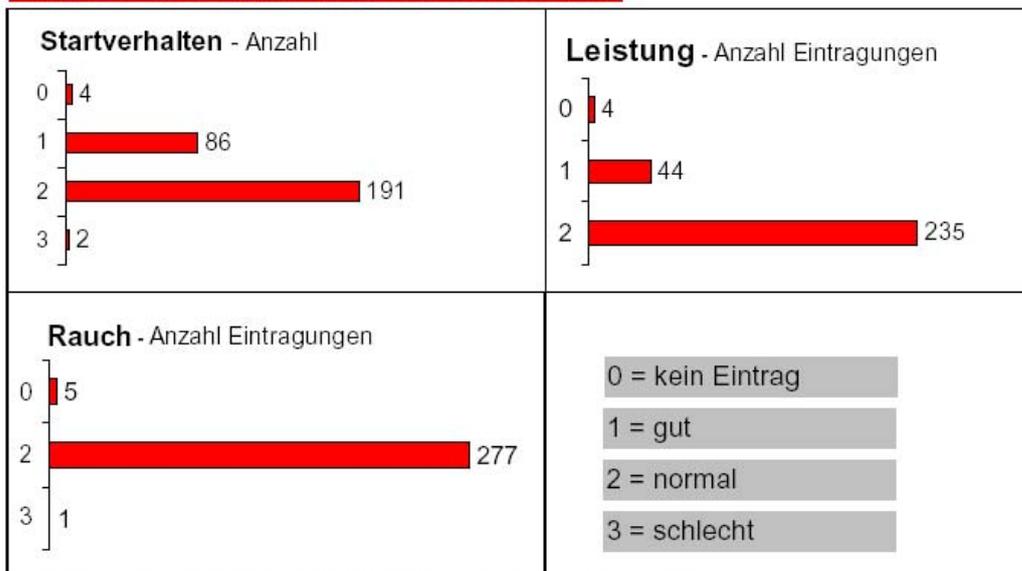
Diesel in l: 2375
 Rapsöl in l: 10573

durchschnittlicher Verbrauch/h:

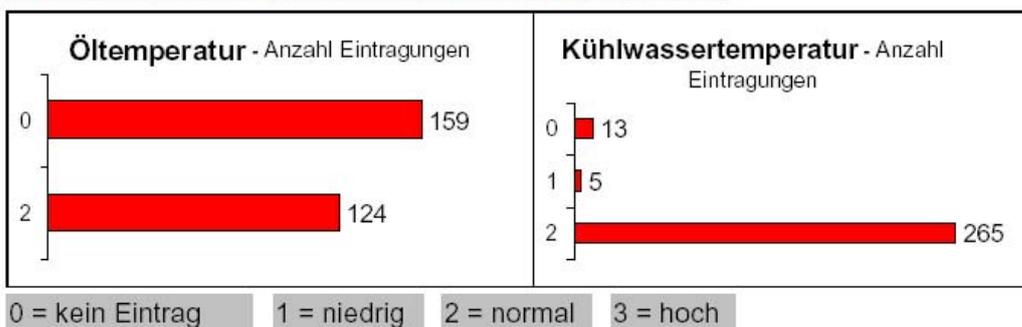
13,58



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



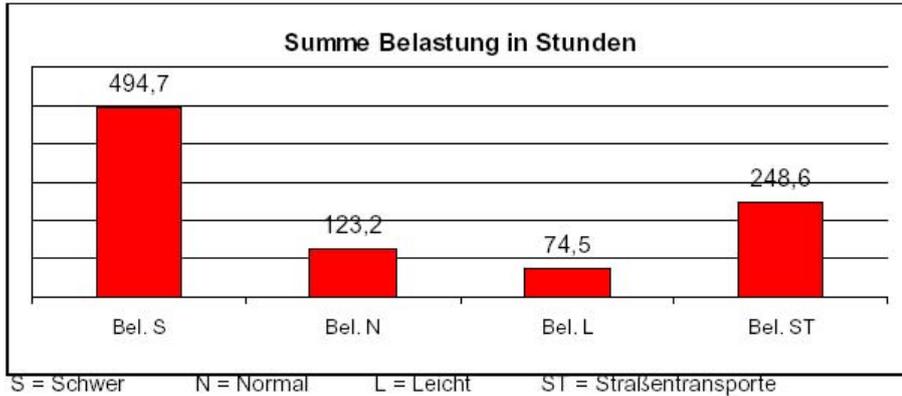


Traktortagebuch

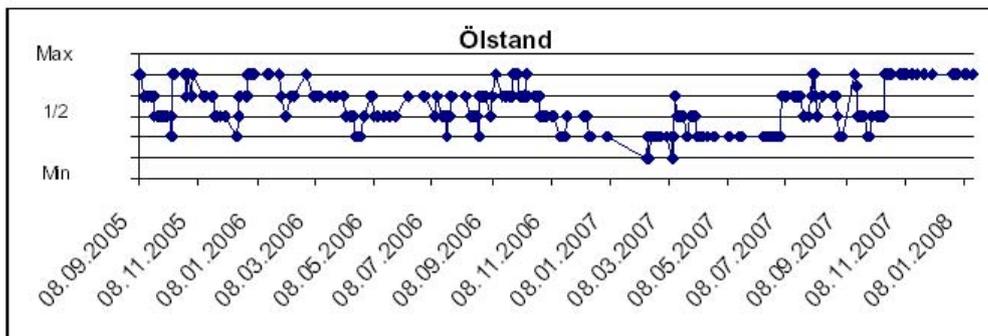
Fahrzeug: 25 Deutz Agrotron 135



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. durchgeführt. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die defekte Düse von Zylinder 2 wurde bei Versuchsbeginn erneuert, so dass von einem ordnungsgemäßen Motorzustand ausgegangen werden konnte.

Tabelle 49: 25-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	30	30	13	7	250	255	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	30	31	14	10	255	255	defekt	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	28	31	30	6	250	250	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	30	33	14	8	250	250	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	30	30	14	7	250	240	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	30	30	8	8	250	240	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Untersuchung des Motors hinsichtlich Kompression und Druckverlust bei Versuchsende zeigte keine nennenswerten Unterschiede. Der Düsenzustand blieb ebenso nahezu unverändert.

Die Düsen wiesen am Schaft teilweise eine dicke Belagskruste auf. An den Düsen spitzen konnten nur geringe Verkrustungen festgestellt werden. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 193: 25-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung



Abbildung 194: 25-NÖ Zylinderkopf

Die Zylinderkopfoberfläche war durch einen dünnen Russfilm lediglich geschwärzt und wies keine Verkrustungen auf.

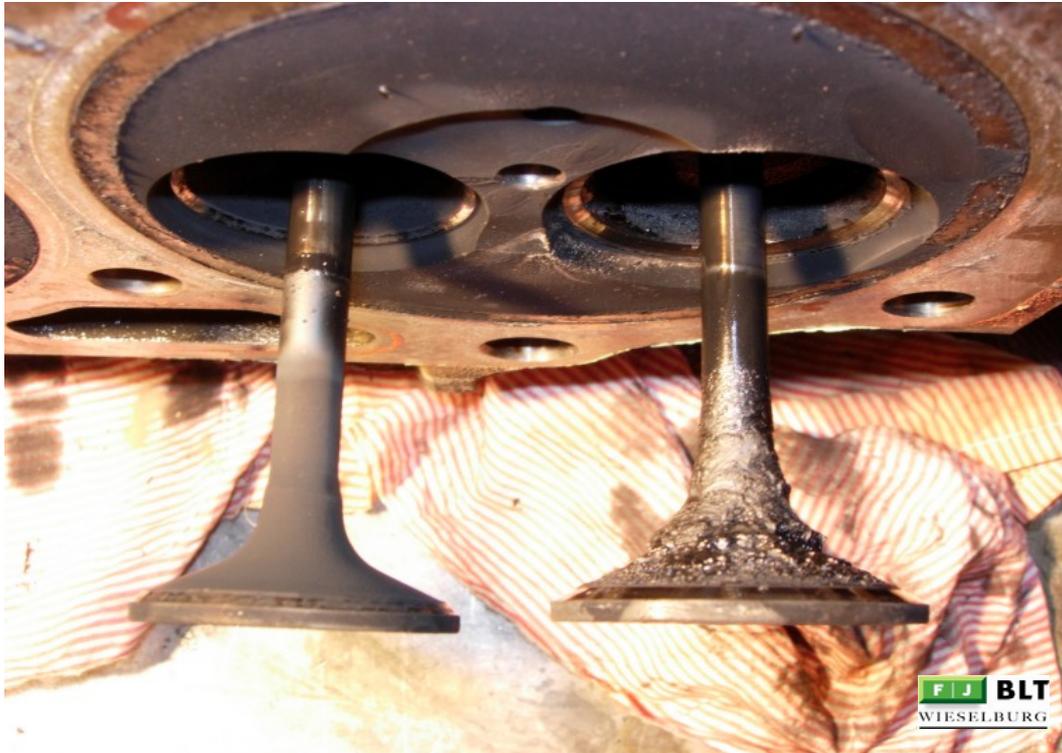


Abbildung 195: 25-NÖ Auslass- und Einlassventil

Am Übergang vom Ventilteller zum Schaftbereich befand sich eine zum Teil massive Belagskruste. Im Einlasskanal wurden geringe Verkrustungen festgestellt. Die Auslassventile waren nicht belegt. Der Auslasskanal war im Bereich direkt nach den Ventilsitzen leicht verkrustet.

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einem dünnen, grau bis stellenweise schwarzen Belag versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar.



Abbildung 196: 25-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 197: 25-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden wiesen jeweils einen dünnen Russfilm auf. Das Spritzbild war in den Kolbenmulden teilweise erkennbar.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Deutz Agrottron 135 wurde im August 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 927 Traktormeterstunden von der Fa. Jedinger mit einem 2-Tank System für den Betrieb mit Rapsöl ausgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 981 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Der Traktorbetreiber meldete kurz nach Versuchsbeginn Probleme bei den Spülvorgängen mit Dieselkraftstoff. Es gelangte zuviel Diesel in den Rapsöltank, worauf die Spülzeiten vom Umrüster verkürzt wurden. Weiters wurde ein Relais erneuert.

Bereits zu Beginn des Projektes konnte eine nahezu idente Leistungskurve bei Betrieb mit beiden Kraftstoffen festgestellt werden. Über die Laufzeit blieb die Leistung sowohl bei Diesel- als auch bei Rapsölbetrieb konstant, so dass bei Projektende keine nennenswerten Leistungsänderungen festzustellen waren. Der Kraftstoffverbrauch blieb ebenfalls bei beiden Kraftstoffen analog zur Leistung konstant.

Die Kohlenwasserstoff- und Kohlenmonoxidemissionen waren zu Projektbeginn bei Rapsölbetrieb geringer als bei der Enduntersuchung. Die Stickoxidemissionen sind bei Dieselmotorenbetrieb geringer. Über die Laufzeit konnte bei Dieselmotorenbetrieb bei allen Emissionskomponenten eine Abnahme beobachtet werden, bei Rapsölbetrieb jedoch lediglich hinsichtlich der Stickoxidemissionen. Insgesamt lagen die Emissionen, verglichen mit den Auswertungen der übrigen Projekttraktoren, durchgehend leicht über dem Mittelwert. Die Ergebnisse der Partikelmessung zeigten relativ hohe Werte bei beiden Kraftstoffen.

Die Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 40°C und bei 100°C stiegen über die Einsatzdauer deutlich an. Die festgelegten Grenzwerte wurden eingehalten. Die Änderungen der Total Base Number waren sehr gering. Die maximale Abnahme lag bei 14%. Die analysierten Gehalte an Verschleißelementen und der Rapsölgehalt der Motorölproben blieben jeweils unter den geforderten Grenzwerten. Der Grenzwert des Russgehaltes wurde jedoch mehrfach überschritten. Hier ist mit zunehmender



Ölalterung ein massiver Anstieg zu beobachten, der ab einer Intervalllänge von 200 Stunden regelmäßig zu einer Grenzwertüberschreitung führte.

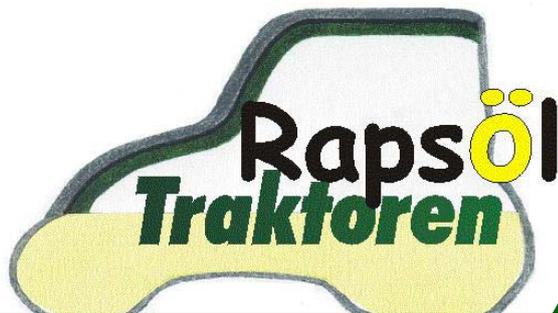
Grenzwertüberschreitungen gab es bei den Kraftstoffproben aus der Ölmühle vermehrt zu Beginn des Projektes beim Parameter Gesamtverschmutzung. Bei den Lagertankproben gab es vereinzelt Überschreitungen bei der Gesamtverschmutzung, dem Wassergehalt, sowie der Neutralisationszahl. Ab Ende 2006 wurden die in der österreichischen Kraftstoffverordnung festgelegten Grenzwerte eingehalten. Mit einer Ausnahme bei der Gesamtverschmutzung gab es bei den gezogenen Traktortankstichproben keine Grenzwertüberschreitungen.

Die Untersuchung des Motors hinsichtlich Kompression und Druckverlust bei Versuchsende zeigte keine nennenswerten Unterschiede zur Anfangsuntersuchung. Der Düsenzustand blieb ebenso nahezu unverändert. Die Düsen wiesen am Schaft teilweise eine dicke Belagskruste auf. An den Düsen spitzen konnten nur geringe Verkrustungen festgestellt werden. Die Düsenlöcher waren allesamt frei. Die Zylinderkopfoberfläche war durch einen dünnen Russfilm lediglich geschwärzt und wies keine Verkrustungen auf. Der Übergang vom Ventilteller zum Schaftbereich zeigte bei den Einlassventilen eine zum Teil massive Belagskruste. Im Einlasskanal wurden geringe Verkrustungen festgestellt. Die Auslassventile waren nicht belegt. Der Auslasskanal war im Bereich direkt nach den Ventilsitzen leicht verkrustet. Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einem dünnen grau bis stellenweise schwarzen Belag versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Die Kolbenböden wiesen jeweils einen dünnen Russfilm auf. Das Spritzbild war in den Kolbenmulden teilweise erkennbar.



26-NÖ

26-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Deutz Agrotron 130
Umrüstung:	Oktober 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.721 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Deutz Agrotor 130
Motortype	BF6M1013EC
Erstmalige Zulassung	06.09.2004
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	00966909
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	17,5 + 1 Liter
Nennleistung	99,5 kW
Nenn Drehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	7146 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 130 mm
Verdichtungsverhältnis	17,6 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	300 Liter
Eigengewicht	5.710 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Oktober 2005
bei TMh	1.010
Enduntersuchung	Juni 2008
bei TMh	2.731

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland VWP Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung wurde der Traktor am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg einer Leistungs- und Emissionsmessung unterzogen. Es wurde jeweils eine Volllastkurve mit Diesel und mit Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Zu Beginn des Projektes wurde bei Rapsölbetrieb im Vergleich zu Dieselkraftstoff eine etwas höhere Leistung gemessen. Über die Laufzeit wurde bei beiden Kraftstoffen ein leichter Leistungsanstieg beobachtet, sodass sich die anfängliche Tendenz auch bei Projektabschluss widerspiegelte. Der Kraftstoffverbrauch nahm jeweils entsprechend der Leistung etwas zu.

Nachfolgend sind die Diagramme von Leistung und Verbrauch dargestellt, wobei jeweils die Werte von Diesel und Rapsöl der Anfangsuntersuchung, jenen der Enduntersuchung gegenübergestellt werden.

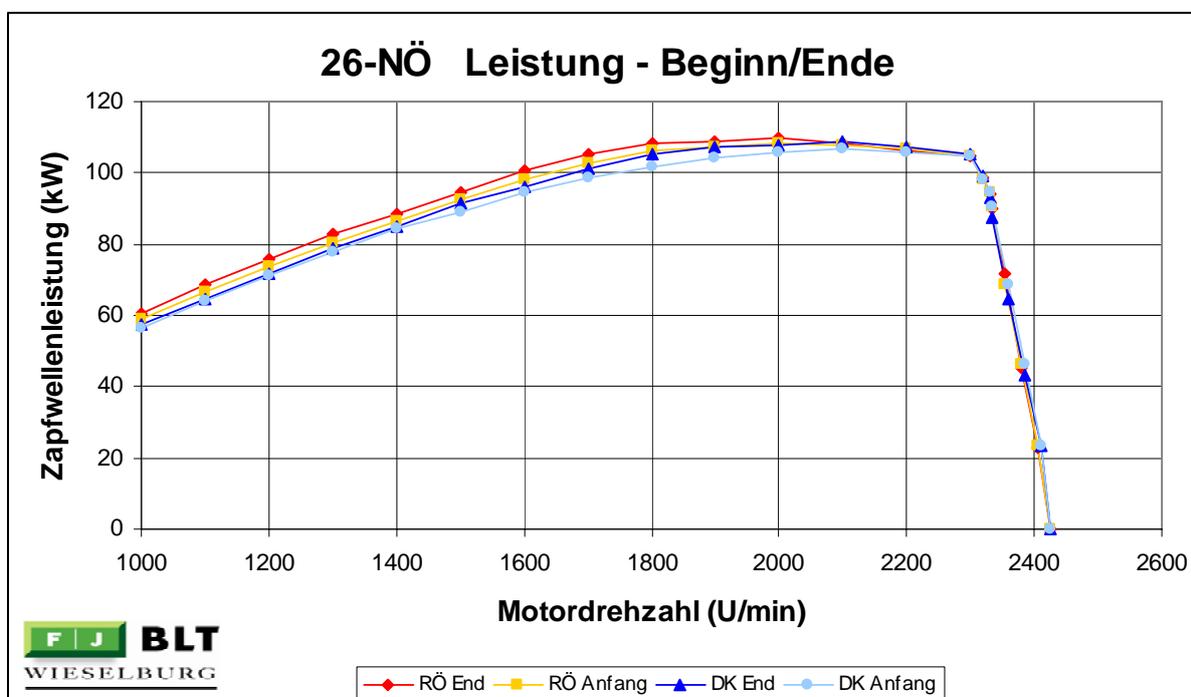


Abbildung 198: 26-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

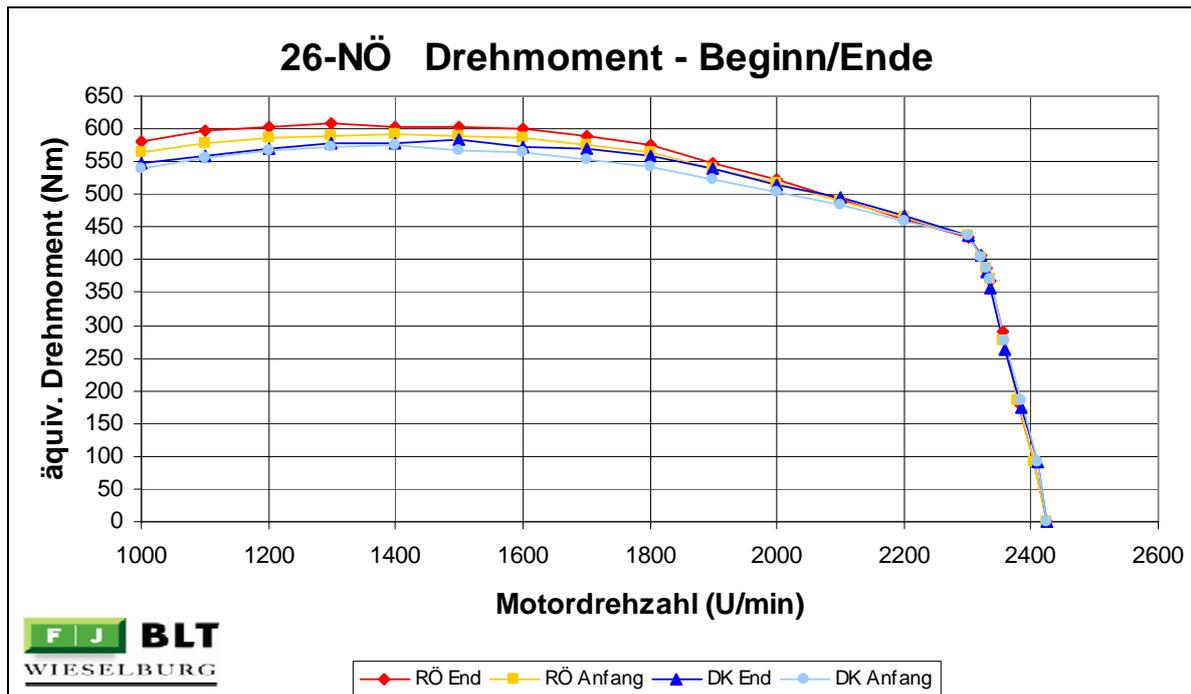


Abbildung 199: 26-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

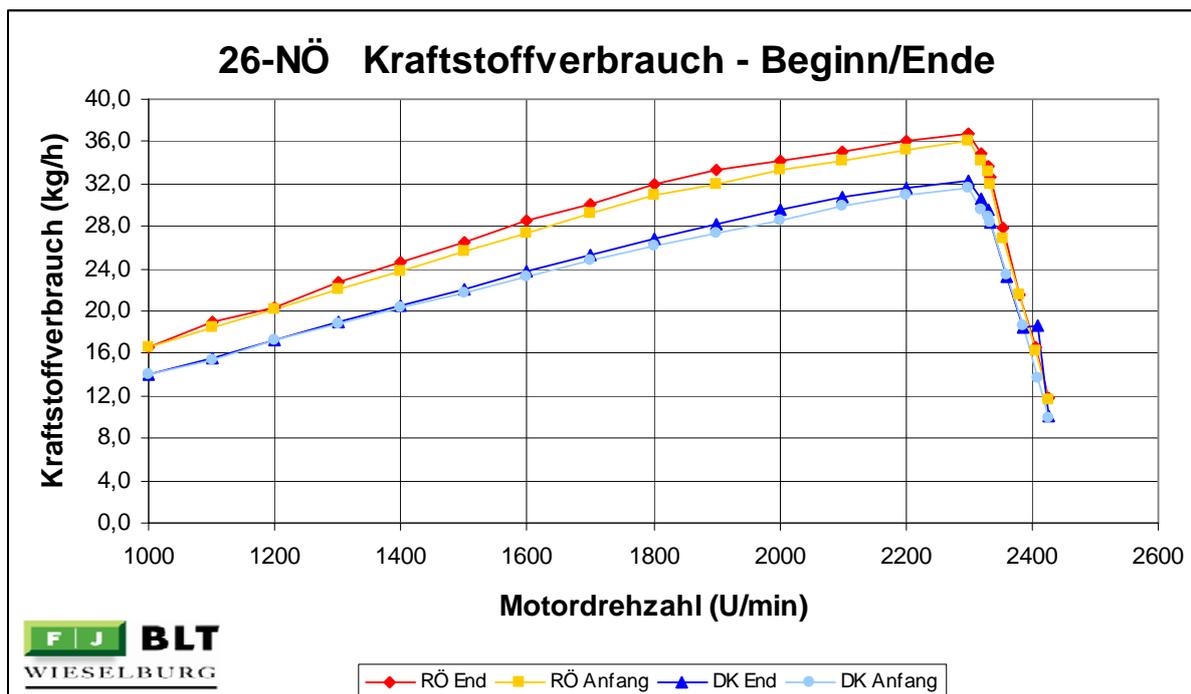


Abbildung 200: 26-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

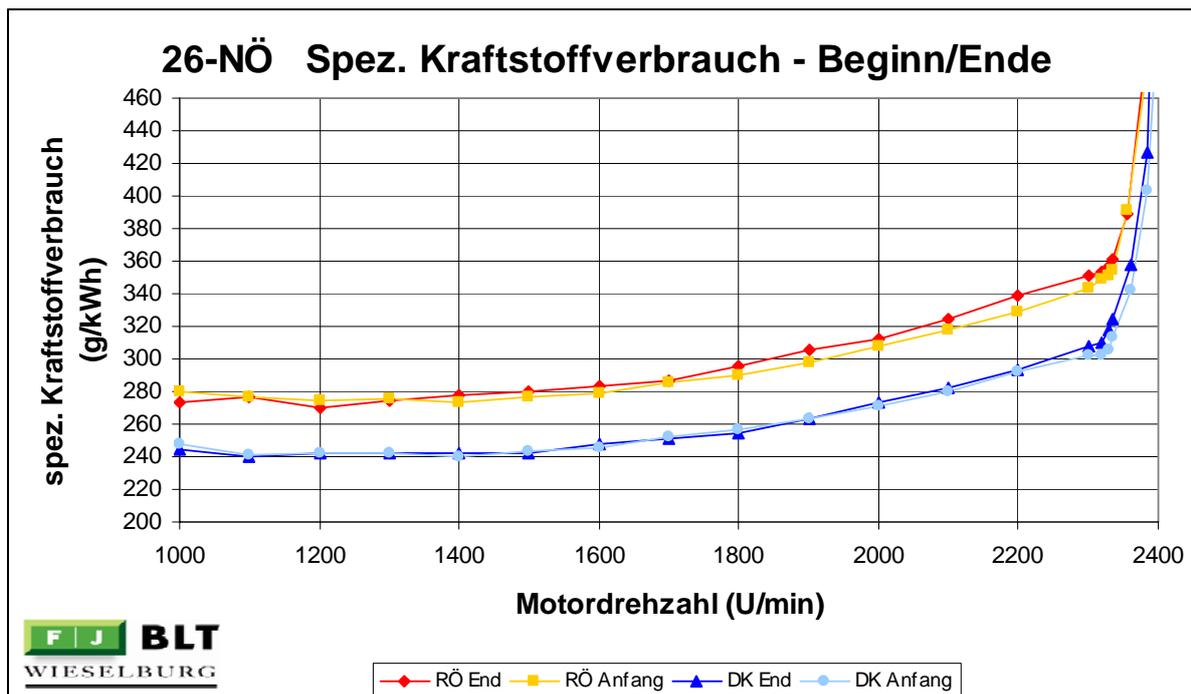


Abbildung 201: 26-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. Nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Die Messungen zeigten keine wesentlichen Änderungen.

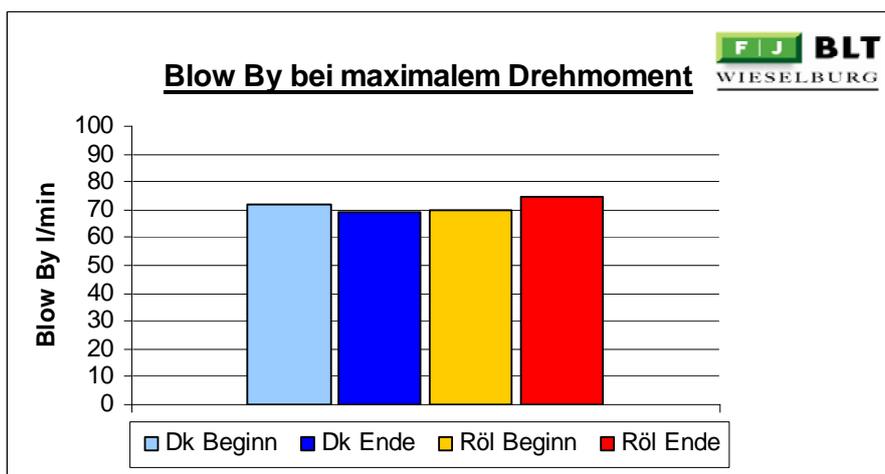


Abbildung 202: 26-NÖ Blow By bei maximalem Drehmoment



Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxid- und die Kohlenwasserstoffemissionen waren sowohl zu Versuchsbeginn als auch zu Versuchsende bei Dieselbetrieb deutlich höher als bei Rapsölbetrieb. Die Stickoxidemissionen waren typischerweise bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselbetrieb. Insgesamt waren vor allem bei Dieselbetrieb die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen deutlich höher als der Durchschnitt der Emissionsmessungen der übrigen Traktoren. Die Stickoxidemissionen hingegen lagen etwas unter dem Durchschnitt.

Tabelle 50: 26-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	17.11.2005	29.10.2007	15.11.2005	31.10.2007
CO	1,39	1,69	1,67	2,82
HC	0,43	0,40	1,17	1,08
NOx	9,50	8,18	8,49	7,74

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte wurden auf Empfehlung vom Umrüster auf 250 Betriebsstunden reduziert.

Während der Projektlaufzeit wurden sechs Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 265 TMh sowie ein Intervall zu 42 TMh (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 50 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C gemessen und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Sport Test durchgeführt.

In den nachfolgenden Diagrammen sind die prozentualen Änderungen der Viskositäten bei 40°C und bei 100°C sowie die Änderung der TBN über die Ölwechselintervalle dargestellt. Die Änderungen beziehen sich jeweils auf die 5-min-Probe als Ausgangsbasis. Als Grenzwert wurde bei den Viskositäten eine Abweichung von +/- 25% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

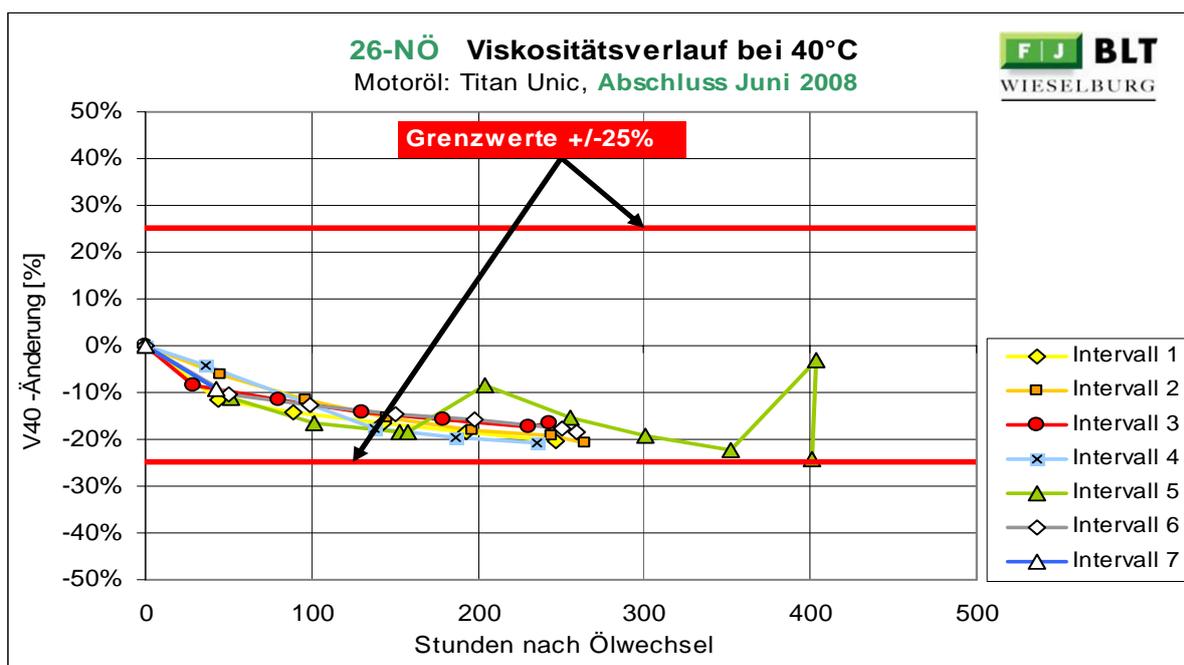


Abbildung 203: 26-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C



Die Viskositätsverläufe bei 40°C waren bis auf das Intervall 5 sehr gleichmäßig. Nach rund 250 Betriebsstunden lagen die festgestellten Werte rund 20% unter der Ausgangsbasis. Die Schwankungen im Intervall 5 waren vermutlich darauf zurückzuführen, dass bei 150 Stunden Öl nachgefüllt wurde und schließlich bei ca. 350 Stunden entweder erneut eine Ölzufuhr oder ein nicht dokumentierter Ölwechsel stattgefunden hat.

Die Änderungen der Viskositätsuntersuchungsergebnisse bei 100°C verliefen durchgehend gleichmäßig mit einer maximalen Abnahme im Bereich von 10%. Die Schwankungen im Intervall 5 waren auch bei der Viskosität bei 100°C erkennbar.

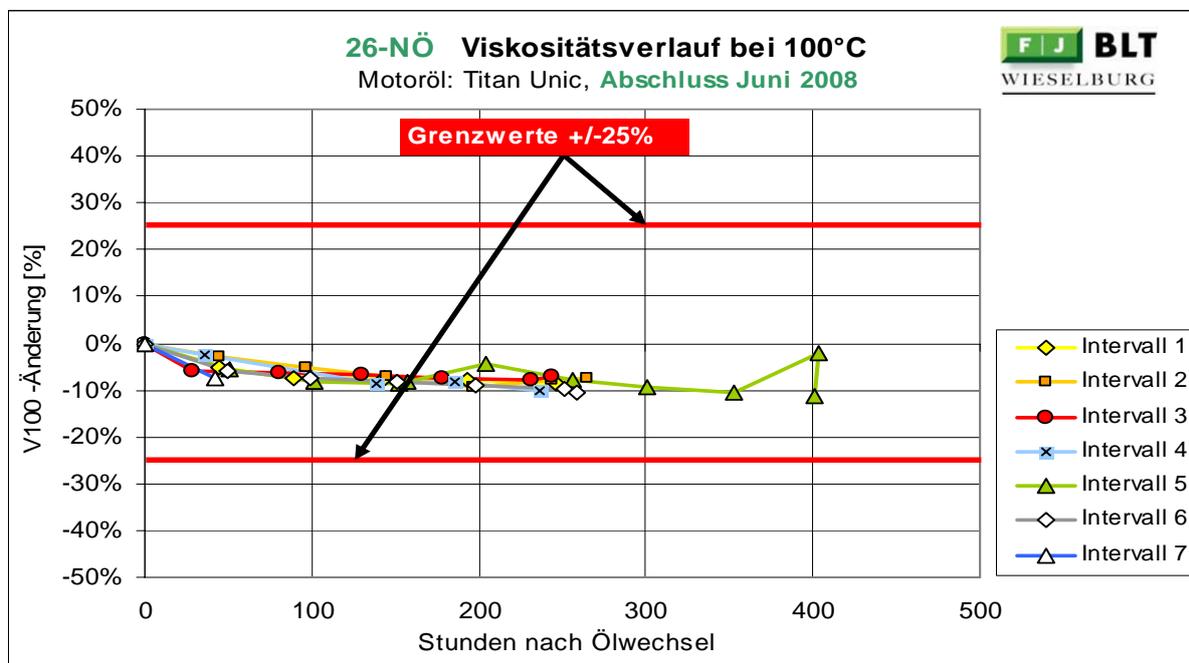


Abbildung 204: 26-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

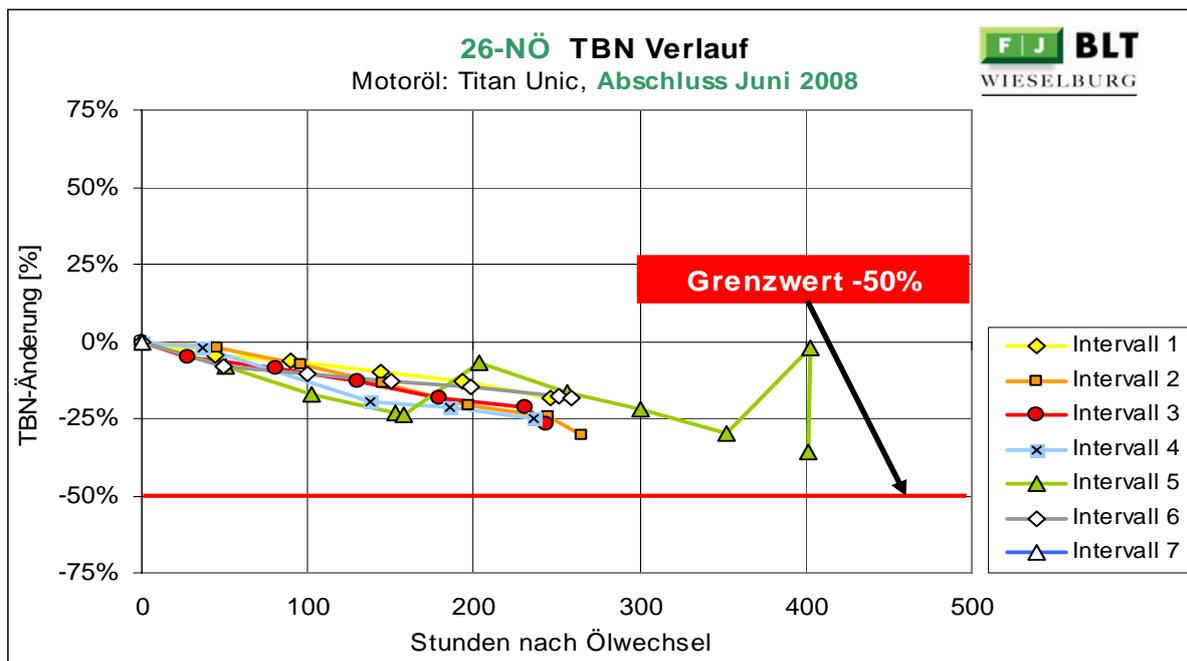


Abbildung 205: 26-NÖ Änderung der Total Base Number

Die maximalen Abnahmen pendelten sich im Bereich von 25% ein. Die bei der Viskositätsbestimmung aufgetretenen Schwankungen im Intervall 5 traten auch bei den Ergebnissen der TBN auf.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 15 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden. Die analysierten Verschleißelemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom lagen jeweils deutlich unterhalb des festgelegten Grenzwertes der Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 Milligramm je Betriebsstunde.

Die Untersuchungswerte des Russgehaltes lagen deutlich unter dem Grenzwert von 3%. Der Rapsölgehaltsgrenzwert von 15% wurde jedoch zweimal überschritten. Die übrigen Proben wiesen einen Rapsölgehalt im Bereich von 13% auf.

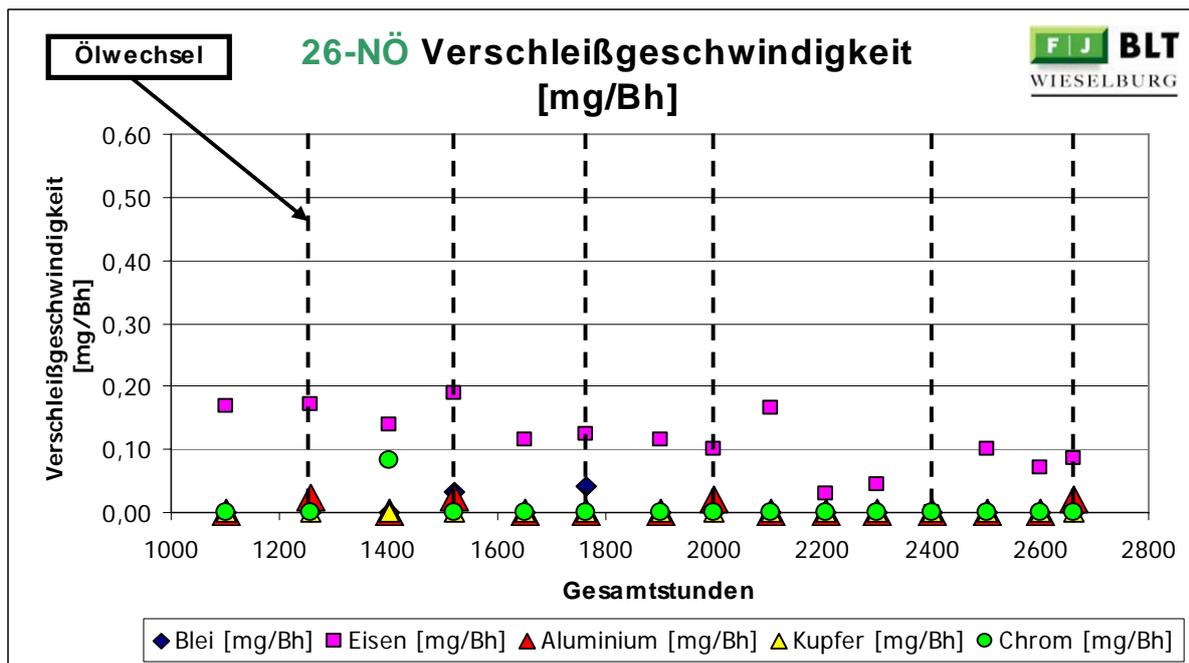


Abbildung 206: 26-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

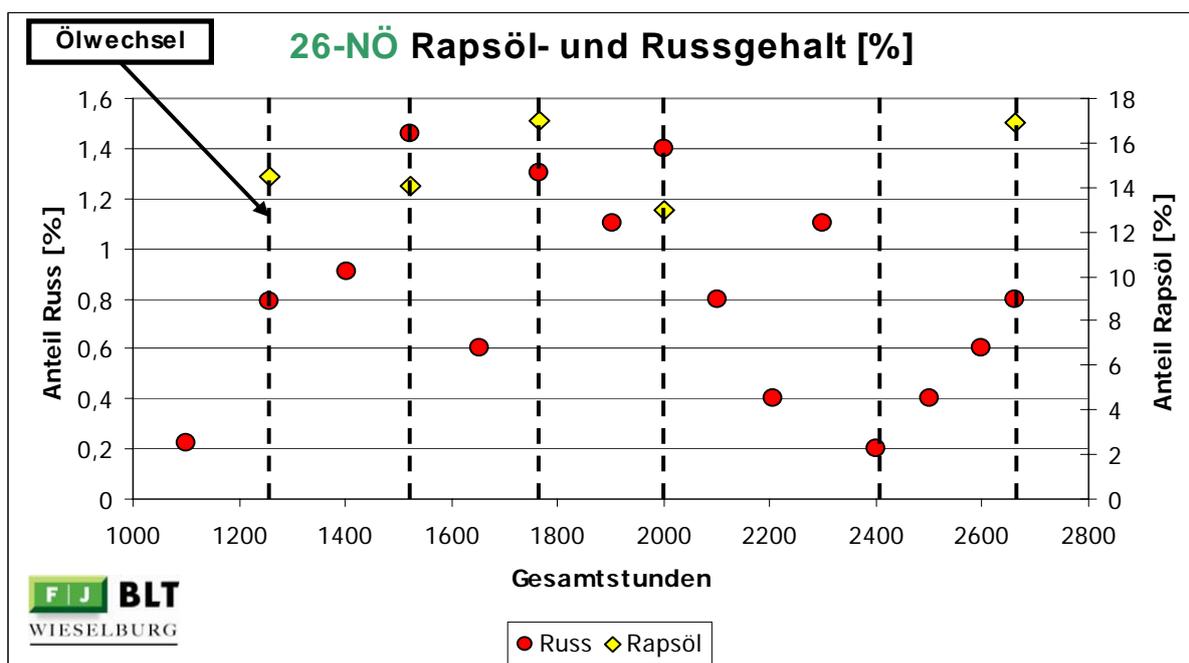


Abbildung 207: 26-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Die meisten physikalisch-chemischen Parameter der untersuchten Proben sind als unauffällig einzustufen. Allerdings bewegt sich der Kraftstoffeintrag auf einem sehr hohen Niveau und übersteigt in einigen Fällen den festgelegten Grenzwert von 15%.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle, sechs Proben aus dem Lagertank, sowie fünf Proben aus dem Traktortank gezogen. Diese wurden anschließend im Labor des FJ-BLT untersucht und die Ergebnisse mit den in der österreichischen Kraftstoffverordnung (BGBl II 417/2004) festgelegten Grenzwerten verglichen. Nachfolgend sind die entsprechenden Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den untersuchten Lagertankproben wurden eine Überschreitung des Wassergehaltsgrenzwertes und zwei Überschreitungen des Phosphorgehaltsgrenzwertes – eine davon sehr massiv - festgestellt. Zweimal wurde die Mindestdauer beim Parameter Oxidationsstabilität nicht erreicht.

Tabelle 51: 26-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
15.12.2005	917	33,52		1,04	3,17	12,48	0,061
11.05.2006	916	34,88	13,30	0,59	6,38	6,58	0,058
11.05.2006	917	34,86	17,58	1,03	6,80	8,35	0,066
05.10.2006	921	35,03	17,45	0,72	3,70	8,78	0,062
07.12.2006	920	34,79	17,38	0,70			
21.12.2006	917	32,95	19,48	1,41		75,50	0,079

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Hinsichtlich der Traktortankproben wurden zwei Überschreitungen des maximal zulässigen Wassergehaltes festgestellt. Die restlichen Untersuchungsergebnisse waren unauffällig.

Tabelle 52: 26-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m ³]	V40 [mm ² /s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]	Dieselanteil [%]
15.12.2005	889	14,43	5,92	0,75	8,30	0,048	34
11.05.2006	916	34,79		0,61	5,94	0,079	2
05.10.2006	921	34,87	20,78	0,73	8,48	0,066	0
21.12.2006	904	20,68	20,23	0,61		0,054	20
06.07.2007	913	35,28	7,54	1,00	9,00	0,075	5



4. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Über die gesamte Projektlaufzeit wurde vom Betreiber begleitend ein Traktortagebuch geführt. Hierzu wurden traktorspezifische (Öltemperatur, Startverhalten, Leistung, etc.) sowie individuell bestimmbare arbeitsspezifische Parameter (Art der Arbeit, Tankmenge, etc.) angegeben. Durch die Eintragungen im Traktortagebuch wurden über einen Zeitraum von zwei Jahren 1.397 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 14.596 Liter Rapsöl und 1.630 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 11,61 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 10%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich und im Transportbereich. Das Traktortagebuch wurde nicht vollständig geführt, die Auswertungen des Traktortagebuchs beruhten auf Eintragungen von 156 Tagen.

Die Traktortagebucheintragungen erfolgten aus subjektiver Sicht des Betreibers. Diese Aufzeichnungen stellten neben den technischen Untersuchungen eine wichtige Datenbasis zur Beurteilung des Fahrbetriebes dar.



Traktortagebuch

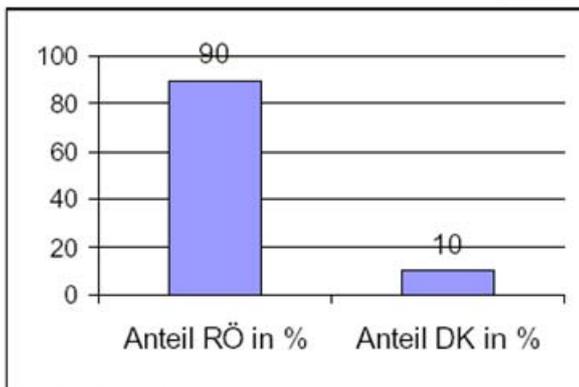
Fahrzeug: 26 Deutz Agrottron 130



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 19. Nov. 05 bei TMh: 1035,2
 Letzter Eintrag 07. Nov. 07 bei TMh: 2432,6 TMh lt. Traktortagebuch **1397,4**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 156



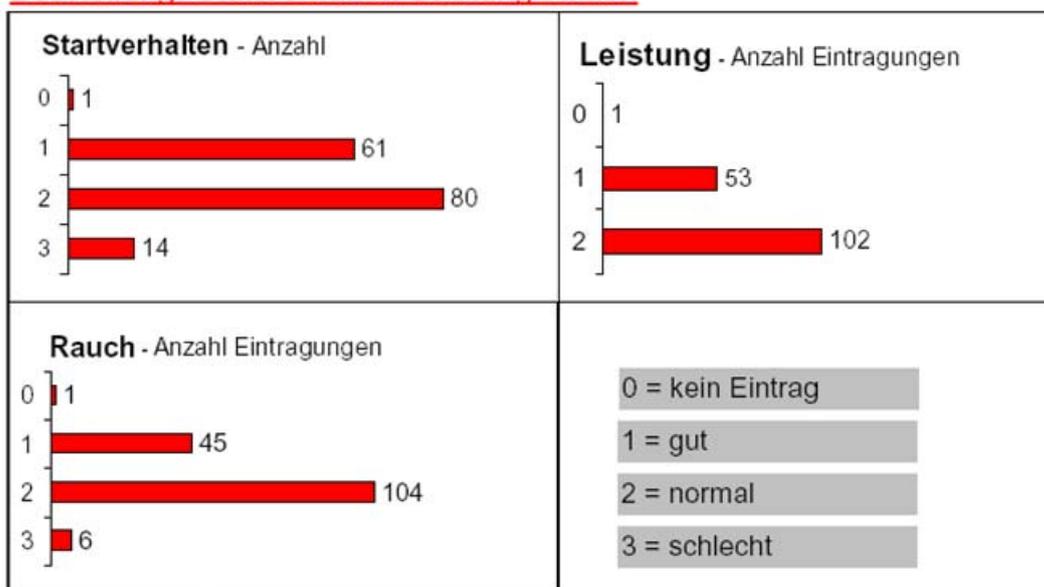
Tankmengen:

Diesel in l: 1630
 Rapsöl in l: 14596

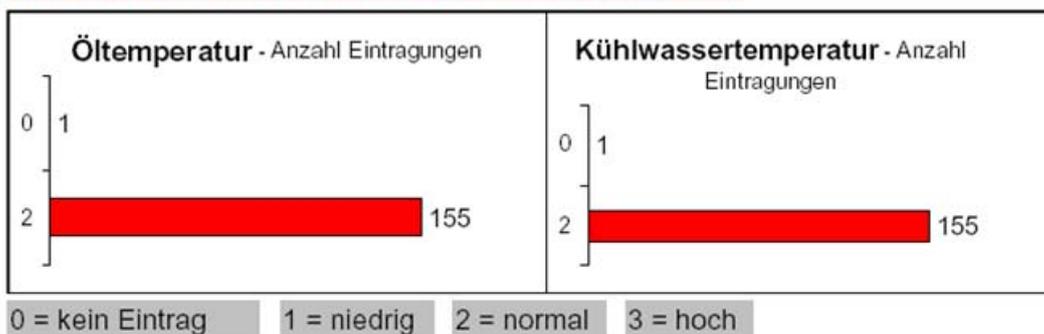
durchschnittlicher Verbrauch/h:

11,61

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



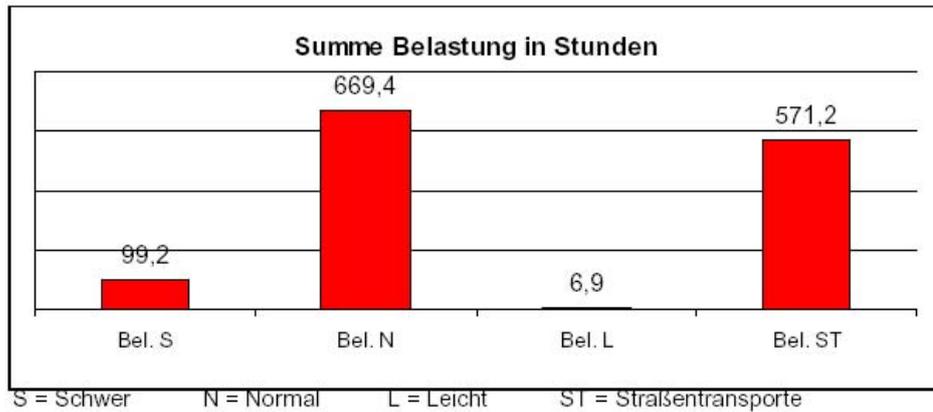


Traktortagebuch

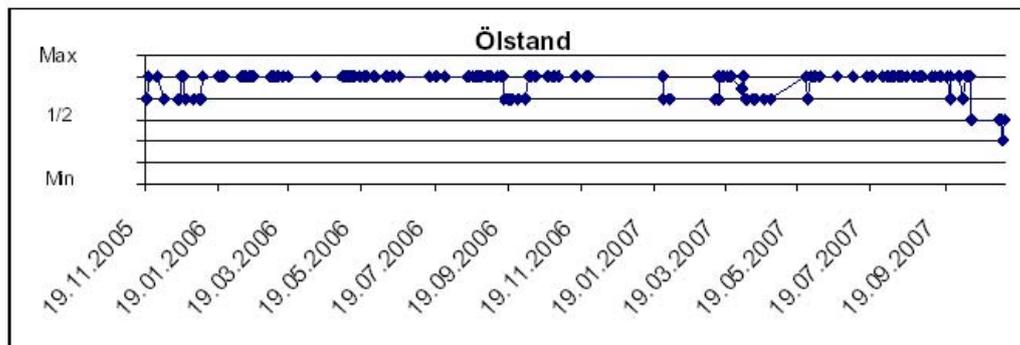
Fahrzeug: 26 Deutz Agrotron 130



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Dokumentation des Motorzustandes

Im Rahmen der Anfangs- und Enduntersuchung des Traktors wurden, soweit als möglich, die Kompression und der Druckverlust der Zylinder, sowie der Öffnungsdruck und ein Spritzbild der Düsen gemessen bzw. überprüft. Die Zylinderkopfdemontage anlässlich der Enduntersuchung ermöglichte zusätzlich eine Inspektion des Brennraumes. Untersucht wurde der Zustand von Zylinderkopf, Ein- und Auslassventilen, Einspritzdüsen und Brennraum (Feuersteg, Laufbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Messung der Kompression bei Versuchsende zeigte einen nahezu unveränderten Zustand im Vergleich zur Anfangsuntersuchung. Der Druckverlust im Brennraum war bei Versuchsende teilweise etwas geringer.

Tabelle 53: 26-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	36	36	3	10	285	275	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	37	38	22	14	280	265	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	36	36	22	8	280	275	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	36	36	21	12	285	275	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	36	38	22	5	280	275	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	36	36	23	11	280	270	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war um bis zu 15 bar abgesunken. Der Schaft und die Düsen spitzen wiesen eine massive Belagskruste auf. Die Düsenlöcher waren allesamt noch frei.



Abbildung 208: 26-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung



Abbildung 209: 26-NÖ Zylinderkopf

Die Zylinderkopfoberfläche war mit einem schwarzen feuchten Belagsfilm versehen, welcher in den Randbereichen und in der Mitte bei der Düsendurchführung teilweise in eine Belagskruste überging.



Abbildung 210: 26-NÖ Einlass- und Auslassventile

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer geringen Belagskruste versehen. Die Einlasskanäle zeigten keine Verkrustungen. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen, rußigen Belag versehen. Die Auslasskanäle waren im Bereich direkt nach den Ventilsitzen ebenfalls gering verkrustet. Insgesamt waren die Auslassventile generell etwas schwergängig. Das AV des Zylinders 4 war leicht undicht und wies darüber hinaus einen Fertigungsfehler auf.

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einer feuchten, schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Die Laufbüchse von Zylinder 4 wies streifenförmige Schleifspuren von abgetragenen Koksteilchen auf. Teilweise wurde eine geringe Spiegelbildung beobachtet.

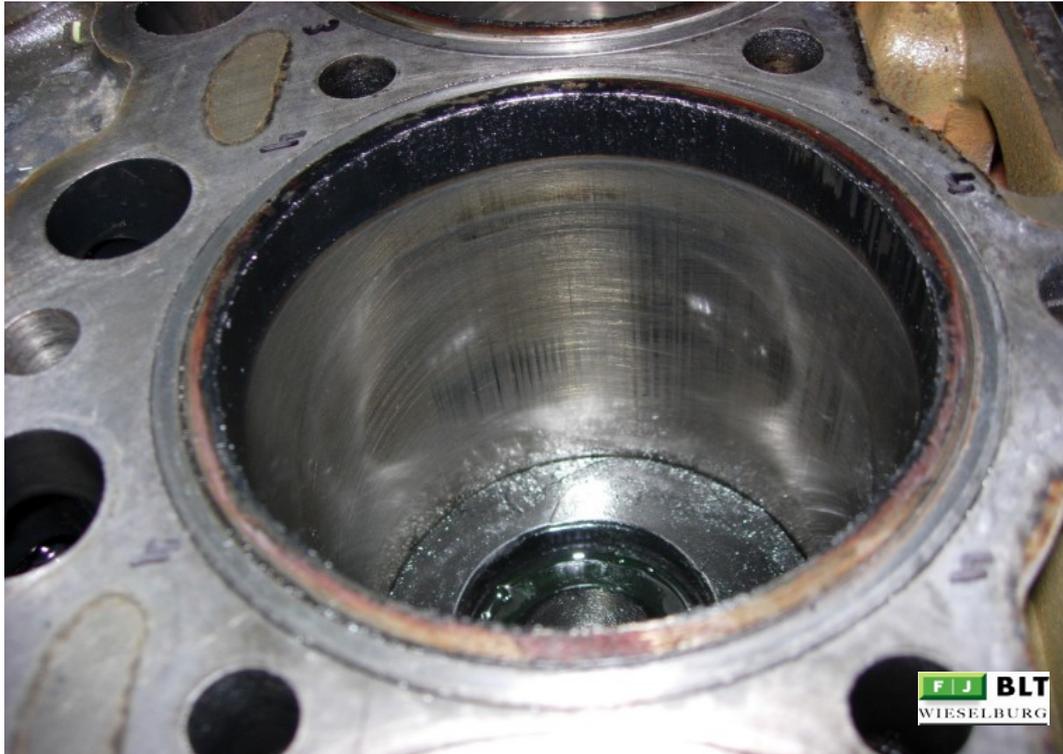


Abbildung 211: 26-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 212: 26-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem feuchten schwarzen Belag versehen, welcher sich in den Randbereichen teilweise zu einer Belagskruste verstärkte. Am Kolben von Zylinder 4 wurde eine Ventiltasche durch die Berührungen mit dem AV festgestellt.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Deutz Agrottron 130 wurde im Oktober 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 927,5 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1-Tank System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 1.721 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Zu Beginn des Projektes wurde bei Rapsölbetrieb im Vergleich zu Dieselkraftstoff eine etwas höhere Leistung gemessen. Über die Laufzeit wurde bei beiden Kraftstoffen ein leichter Leistungsanstieg beobachtet, sodass sich die anfängliche Tendenz auch bei Projektabschluss widerspiegelte. Der Kraftstoffverbrauch nahm jeweils entsprechend der Leistung etwas zu.

Die Kohlenmonoxid- und die Kohlenwasserstoffemissionen waren sowohl zu Versuchsbeginn als auch zu Versuchsende bei Dieselbetrieb deutlich höher als bei Rapsölbetrieb. Die Stickoxidemissionen waren typischerweise bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselbetrieb. Insgesamt waren vor allem bei Dieselbetrieb die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen deutlich höher als der Durchschnitt der Emissionsmessungen der übrigen Traktoren. Die Stickoxidemissionen hingegen lagen etwas unter dem Durchschnitt.

Die Viskositätsverläufe der Motorölproben zeigten sowohl bei 40°C als auch bei 100°C ein gleichmäßiges Bild. Eine Ausnahme hiervon war das Wechselintervall 5, bei dem es zu massiven Schwankungen kam. Die Änderung der Total Base Number verlief sehr gleichmäßig und innerhalb des gesetzten Limits. Bei den analysierten Verschleißelementen gab es keine Überschreitungen der Limitwertes für die Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 mg/Bh. Der Russgehaltsgrenzwert von 3% wurde deutlich unterschritten. Der für den Rapsölgehalt festgelegte Limitwert von 15% wurde zweimal überschritten.

Bei den Rapsölproben aus der Ölmühle gab es hauptsächlich zu Beginn des Projektes Grenzwertüberschreitungen beim Parameter Gesamtverschmutzung. Ab 2005 wurde



dieser Parameter bei den gezogenen Stichproben mit einer Ausnahme eingehalten. Einzelne Überschreitungen gab es beim Wassergehalt.

Bei den Lagertank- und Traktortankproben traten Überschreitungen der Grenzwerte bei den Parametern Wassergehalt und Phosphorgehalt sowie zweimal Unterschreitungen bei der Oxidationsstabilität auf.

Die Messung der Kompression bei Versuchsende zeigte einen nahezu unveränderten Zustand im Vergleich zur Anfangsuntersuchung. Der Druckverlust im Brennraum war bei Versuchsende teilweise etwas geringer. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war um bis zu 15 bar gesunken. Der Schaft und die Düsen spitzen wiesen eine massive Belagskruste auf. Die Düsenlöcher waren allesamt noch frei. Die Zylinderkopfoberfläche war mit einem schwarzen, feuchten Belagsfilm versehen, welcher in den Randbereichen und in der Mitte bei der Düsendurchführung teilweise in eine Belagskruste überging. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer geringen Belagskruste versehen. Die Einlasskanäle zeigten keine Verkrustungen. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen, rußigen Belag versehen. Die Auslasskanäle waren im Bereich direkt nach den Ventilsitzen ebenfalls gering verkrustet. Insgesamt waren die Auslassventile generell etwas schwergängig. Das Auslassventil des Zylinders 4 war leicht undicht und wies darüber hinaus einen Fertigungsfehler auf.

Der Feuerstegbereich war bei allen Zylindern klar abgegrenzt und mit einer feuchten schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Die Laufbüchse von Zylinder 4 wies streifenförmige Schleifspuren von abgetragenen Koksteilchen auf. Teilweise wurde eine geringe Spiegelbildung beobachtet. Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belag versehen, welcher sich in den Randbereichen teilweise zu einer Belagskruste verstärkte. Am Kolben von Zylinder 4 wurde eine Aufschlagspur, verursacht durch Berührung mit dem Auslassventil, festgestellt.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 14-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende ...	508
Abbildung 2: 14-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende ..	509
Abbildung 3: 14-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende ..	509
Abbildung 4: 14-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	510
Abbildung 5: 14-NÖ Blow By Werte bei maximalem Drehmoment.....	510
Abbildung 6: 14-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	513
Abbildung 7: 14-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C.....	513
Abbildung 8: 14-NÖ Änderung der Total Base Number.....	514
Abbildung 9: 14-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	515
Abbildung 10: 14-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in Motorölproben	516
Abbildung 11: 14-NÖ Einspritzdüse	523
Abbildung 12: 14-NÖ Zylinderkopf	523
Abbildung 13: 14-NÖ Einlass- und Auslassventil	524
Abbildung 14: 14-NÖ Zylinderlaufbüchse.....	525
Abbildung 15: 14-NÖ Kolbenboden	525
Abbildung 16: 15-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.	531
Abbildung 17: 15-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	532
Abbildung 18: 15-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	532
Abbildung 19: 15-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Rapsöl Beginn/Ende	533
Abbildung 20: 15-OÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment.....	533
Abbildung 21: 15-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	536
Abbildung 22: 15-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	536
Abbildung 23: 15-OÖ Änderung der Total Base Number	537
Abbildung 24: 15-OÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	538
Abbildung 25: 15-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	538
Abbildung 26: 15-OÖ Einspritzdüse.....	546
Abbildung 27: 15-OÖ Zylinderkopf	547
Abbildung 28: 15-OÖ Einlass- und Auslassventil	547
Abbildung 29: 15-OÖ Zylinderlaufbüchse	548



Abbildung 30: 15-OÖ Kolbenboden	548
Abbildung 31: 16-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn	555
Abbildung 32: 16-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn	556
Abbildung 33: 16-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn.....	556
Abbildung 34: 16-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn	557
Abbildung 35: 16-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	558
Abbildung 36: 16-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C.....	559
Abbildung 37: 16-NÖ Änderung der Total Base Number	560
Abbildung 38: 16-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	561
Abbildung 39: 16-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben.....	561
Abbildung 40: 16-NÖ Aufsummierte Laufzeit in verschiedenen Zeitkategorien	565
Abbildung 41: 16-NÖ Anzahl der Starts in der jeweiligen Zeitkategorie	566
Abbildung 42: 16-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts.....	567
Abbildung 43: 16-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur	567
Abbildung 44: 16-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur	568
Abbildung 45: 16-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur	568
Abbildung 46: 16-NÖ Einspritzdüse	574
Abbildung 47: 16-NÖ Zylinderkopf	574
Abbildung 48: 16-NÖ Einlassventile	575
Abbildung 49: 16-NÖ Auslassventile.....	576
Abbildung 50: 16-NÖ Zylinderlaufbüchse.....	576
Abbildung 51: 16-NÖ Kolbenboden	577
Abbildung 52: 16-NÖ Ölversorgung Turbolader	578
Abbildung 53: 16-NÖ Ventilefedern.....	579
Abbildung 54: 16-NÖ Kolben	579
Abbildung 55: 17-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	585
Abbildung 56: 17-NÖ Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	586
Abbildung 57: 17-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	586
Abbildung 58: 17-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	587
Abbildung 59: 17-NÖ Blow By bei maximalen Drehmoment	587
Abbildung 60: 17-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	589
Abbildung 61: 17-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C.....	590

Abbildung 62: 17-NÖ Änderung der Total Base Number	590
Abbildung 63: 17-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]	591
Abbildung 64: 17-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben.....	592
Abbildung 65: 17-NÖ Aufsummierte Laufzeit in verschiedenen Zeitkategorien	595
Abbildung 66: 17-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts.....	596
Abbildung 67: 17-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts.....	596
Abbildung 68: 17-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur	597
Abbildung 69: 17-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur	598
Abbildung 70: 17-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur	598
Abbildung 71: 17-NÖ Einspritzdüse	603
Abbildung 72: 17-NÖ Zylinderkopf	603
Abbildung 73: 17-NÖ Einlassventile	604
Abbildung 74: 17-NÖ Auslassventile.....	605
Abbildung 75: 17-NÖ Zylinderlaufbüchse.....	605
Abbildung 76: 17-NÖ Kolbenboden	606
Abbildung 77: 18-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.	611
Abbildung 78: 18-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	612
Abbildung 79: 18-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	612
Abbildung 80: 18-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	613
Abbildung 81: 18-OÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment.....	613
Abbildung 82: 18-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	615
Abbildung 83: 18-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	616
Abbildung 84: 18-OÖ Änderung der Total Base Number	616
Abbildung 85: 18-OÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	617
Abbildung 86: 18-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	618
Abbildung 87: 18-OÖ Injektor	624
Abbildung 88: 18-OÖ Zylinderkopf	625
Abbildung 89: 18-OÖ Einlass- und Auslassventile.....	626
Abbildung 90: 18-OÖ Zylinderlaufbüchse	626
Abbildung 91: 18-OÖ Kolbenboden	627
Abbildung 92: 19-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.	633



Abbildung 93: 19-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	634
Abbildung 94: 19-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	634
Abbildung 95: 19-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	635
Abbildung 96: 19-OÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment.....	635
Abbildung 97: 19-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	638
Abbildung 98: 19-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	638
Abbildung 99: 19-OÖ Änderung der Total Base Number	639
Abbildung 100: 19-OÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]	640
Abbildung 101: 19-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	640
Abbildung 102: 19-OÖ Injektor	646
Abbildung 103: 19-OÖ Zylinderkopf.....	647
Abbildung 104: 19-OÖ Einlassventile	648
Abbildung 105: 19-OÖ Zylinderlaufbüchsen	648
Abbildung 106: 19-OÖ Kolbenboden	649
Abbildung 107: 20-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl bei Beginn...	655
Abbildung 108: 20-NÖ Kraftstoffverbrauch Diesel und Rapsöl bei Beginn.....	656
Abbildung 109: 20-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Diesel und Rapsöl bei Beginn	656
Abbildung 110: 20-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	658
Abbildung 111: 20-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	658
Abbildung 112: 20-NÖ Änderung der Total Base Number.....	659
Abbildung 113: 20-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]	660
Abbildung 114: 20-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben.....	660
Abbildung 115: 20-NÖ Einspritzdüse	667
Abbildung 116: 20-NÖ Zylinderkopf	667
Abbildung 117: 20-NÖ Einlass- und Auslassventile	668
Abbildung 118: 20-NÖ Zylinderlaufbüchse.....	669
Abbildung 119: 20-NÖ Kolbenboden	669
Abbildung 120: 21-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	676
Abbildung 121: 21-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	676

Abbildung 122: 21-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	677
Abbildung 123: 21-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	677
Abbildung 124: 21-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment.....	678
Abbildung 125: 21-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	680
Abbildung 126: 21-NÖ Änderungen der Viskosität bei 100°C	680
Abbildung 127: 21-NÖ Änderungen Total Base Number.....	681
Abbildung 128: 21-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	682
Abbildung 129: 21-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	682
Abbildung 130: 21-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit	685
Abbildung 131: 21-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts.....	686
Abbildung 132: 21-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts	687
Abbildung 133: 21-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur	687
Abbildung 134: 21-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur	688
Abbildung 135: 21-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur	688
Abbildung 136: 21-NÖ Einspritzdüse.....	694
Abbildung 137: 21-NÖ Zylinderkopf	694
Abbildung 138: 21-NÖ Einlass- und Auslassventil.....	695
Abbildung 139: 21-NÖ Zylinderlaufbüchse	696
Abbildung 140: 21-NÖ Kolbenboden	696
Abbildung 141: 22-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	703
Abbildung 142: 22-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	704
Abbildung 143: 22-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	704
Abbildung 144: 22-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	705
Abbildung 145: 22-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment.....	705
Abbildung 146: 22-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	707
Abbildung 147: 22-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	708
Abbildung 148: 22-NÖ Änderung der Total Base Number	709
Abbildung 149: 22-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	710

Abbildung 150: 22-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	710
Abbildung 151: 22-NÖ Einspritzdüse.....	718
Abbildung 152: 22-NÖ Zylinderkopf.....	718
Abbildung 153: 22-NÖ Einlassventile	719
Abbildung 154: 22-NÖ Auslassventile	719
Abbildung 155: 22-NÖ Zylinderlaufbüchse	720
Abbildung 156: 22-NÖ Kolbenboden	721
Abbildung 157: 23-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn.....	727
Abbildung 158: 23-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn.....	728
Abbildung 159: 23-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn	728
Abbildung 160: 23-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn	729
Abbildung 161: 23-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	730
Abbildung 162: 23-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	731
Abbildung 163: 23-NÖ Änderung der Total Base Number	731
Abbildung 164: 23-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	732
Abbildung 165: 23-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in Motorölproben.....	733
Abbildung 166: 23-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit	736
Abbildung 167: 23-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts.....	737
Abbildung 168: 23-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts	737
Abbildung 169: 23-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur	738
Abbildung 170: 23-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur	739
Abbildung 171: 23-NÖ Häufigkeitstemperatur Kraftstofffilter	739
Abbildung 172: 24-Bgld Änderung der Viskosität bei 40°C.....	749
Abbildung 173: 24-Bgld Änderung der Viskosität bei 100°C	750
Abbildung 174: 24-Bgld Änderung der Total Base Number	750
Abbildung 175: 24-Bgld Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	751
Abbildung 176: 24-Bgld Rapsölgehalt und Russgehalt in Motorölproben.....	752
Abbildung 177: 24-Bgld Einspritzdüse.....	758
Abbildung 178: 24-Bgld Zylinderkopf.....	758
Abbildung 179: 24-Bgld Zylinderkopf mit ausgebauten Ventilen.....	759
Abbildung 180: 24-Bgld Einlass- und Auslassventile.....	760
Abbildung 181: 24-Bgld Zylinderlaufbüchse	761
Abbildung 182: 24-Bgld Kolbenboden	761



Abbildung 183: 25-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	767
Abbildung 184: 25-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	768
Abbildung 185: 25-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	768
Abbildung 186: 25-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	769
Abbildung 187: 25-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment.....	769
Abbildung 188: 25-NÖ Viskositätsverlauf bei 40°C.....	771
Abbildung 189: 25-NÖ Viskositätsverlauf bei 100°C.....	772
Abbildung 190: 25-NÖ Verlauf der Total Base Number	773
Abbildung 191: 25-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	774
Abbildung 192: 25-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	774
Abbildung 193: 25-NÖ Einspritzdüse.....	782
Abbildung 194: 25-NÖ Zylinderkopf.....	782
Abbildung 195: 25-NÖ Auslass- und Einlassventil.....	783
Abbildung 196: 25-NÖ Zylinderlaufbüchse	784
Abbildung 197: 25-NÖ Kolbenboden	784
Abbildung 198: 26-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	789
Abbildung 199: 26-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	790
Abbildung 200: 26-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	790
Abbildung 201: 26-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	791
Abbildung 202: 26-NÖ Blow By bei maximalem Drehmoment.....	791
Abbildung 203: 26-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	793
Abbildung 204: 26-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	794
Abbildung 205: 26-NÖ Änderung der Total Base Number	795
Abbildung 206: 26-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	796
Abbildung 207: 26-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	796
Abbildung 208: 26-NÖ Einspritzdüse.....	803



Abbildung 209: 26-NÖ Zylinderkopf803
Abbildung 210: 26-NÖ Einlass- und Auslassventile804
Abbildung 211: 26-NÖ Zylinderlaufbüchse805
Abbildung 212: 26-NÖ Kolbenboden805

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: 14-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende.....	511
Tabelle 2: 14-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	517
Tabelle 3: 14-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank	518
Tabelle 4: 14-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	522
Tabelle 5: 15-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	534
Tabelle 6: 15-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung.....	534
Tabelle 7: 15-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	540
Tabelle 8: 15-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	541
Tabelle 9: 15-OÖ Zylinder- und Düsendokumentation	545
Tabelle 10: 16-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	557
Tabelle 11: 16-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	563
Tabelle 12: 16-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	564
Tabelle 13: 16-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	573
Tabelle 14: 17-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	588
Tabelle 15: 17-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung.....	588
Tabelle 16: 17-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	593
Tabelle 17: 17-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	594
Tabelle 18: 17-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	602
Tabelle 19: 18-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	614
Tabelle 20: 18-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung.....	614
Tabelle 21: 18-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	619
Tabelle 22: 18-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	620
Tabelle 23: 19-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	636
Tabelle 24: 19-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung.....	636
Tabelle 25: 19-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	641
Tabelle 26: 19-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	642
Tabelle 27: 20-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	661
Tabelle 28: 20-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	662
Tabelle 29: 20-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	666
Tabelle 30: 21-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	678
Tabelle 31: 21-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	683



Tabelle 32: 21-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	684
Tabelle 33: 21-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	693
Tabelle 34: 22-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	706
Tabelle 35: 22-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung.....	706
Tabelle 36: 22-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	712
Tabelle 37: 22-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	713
Tabelle 38: 22-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	717
Tabelle 39: 23-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn.....	729
Tabelle 40: 23-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	734
Tabelle 41: 23-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	735
Tabelle 42: 23-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation Beginn	743
Tabelle 43: 24-Bgld Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	753
Tabelle 44: 24-Bgld Zylinder- und Düsendokumentation.....	757
Tabelle 45: 25-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	770
Tabelle 46: 25-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung.....	770
Tabelle 47: 25-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	776
Tabelle 48: 25-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	777
Tabelle 49: 25-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	781
Tabelle 50: 26-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	792
Tabelle 51: 26-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	797
Tabelle 52: 26-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	798
Tabelle 53: 26-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	802