

Rapsöl als Treibstoffalternative

in der Landwirtschaft

Anhang Band III



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



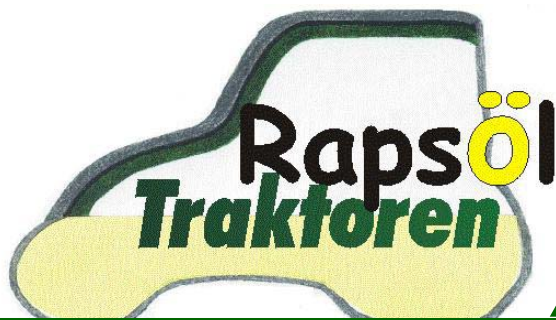
Inhaltsverzeichnis Anhang Band III

27-NÖ	823
28-NÖ	843
29-NÖ	861
30-NÖ	879
31-NÖ	901
32-NÖ	927
33-OÖ	949
34-NÖ	971
35-Bgld.....	997
36-OÖ	1011
37-NÖ	1033
38-Bgld.....	1055
Abbildungsverzeichnis	1071
Tabellenverzeichnis.....	1077



27-NÖ

27-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Deutz Agrotron 100
Umrüstung:	Dezember 2005
Umrüttlösung:	Hausmann 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.195 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Deutz Agrotor 100
Motortype	BF4M2012C
Erstmalige Zulassung	22.01.2002
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	007229192
Anzahl Zylinder	4
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasser
Ölfüllmenge	10 Liter
Nennleistung	70 kW
Nenn Drehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	3.192 cm ³
Bohrung x Hub	94 x 115 mm
Verdichtungsverhältnis	17,5 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	180 Liter
Eigengewicht	3.930 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Dezember 2005 / Februar 2006
bei TMh	2.222,4 / 2.247,4
Enduntersuchung	Jänner 2008
bei TMh	3.417

Umrüstung

Umrüstsystem	Hausmann Eintanksystem
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.

Zu Beginn des Projektes war die Leistung im höheren Drehzahlbereich bei Dieselbetrieb deutlich höher. Die Leistung blieb über die Laufzeit bei beiden Kraftstoffen nahezu gleich, jedoch wurde eine Änderung der Abregeldrehzahl bei Betrieb mit Dieselkraftstoff zu Versuchsende beobachtet. Der Kraftstoffverbrauch änderte sich ebenfalls kaum.

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

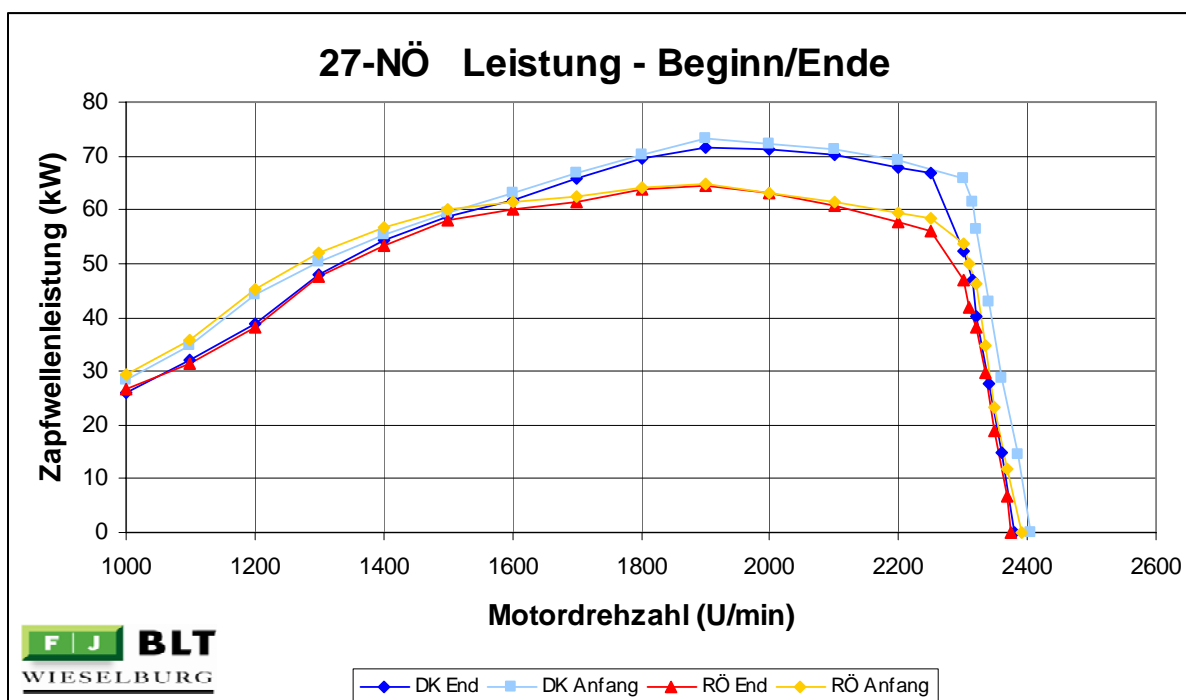


Abbildung 1: 27-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

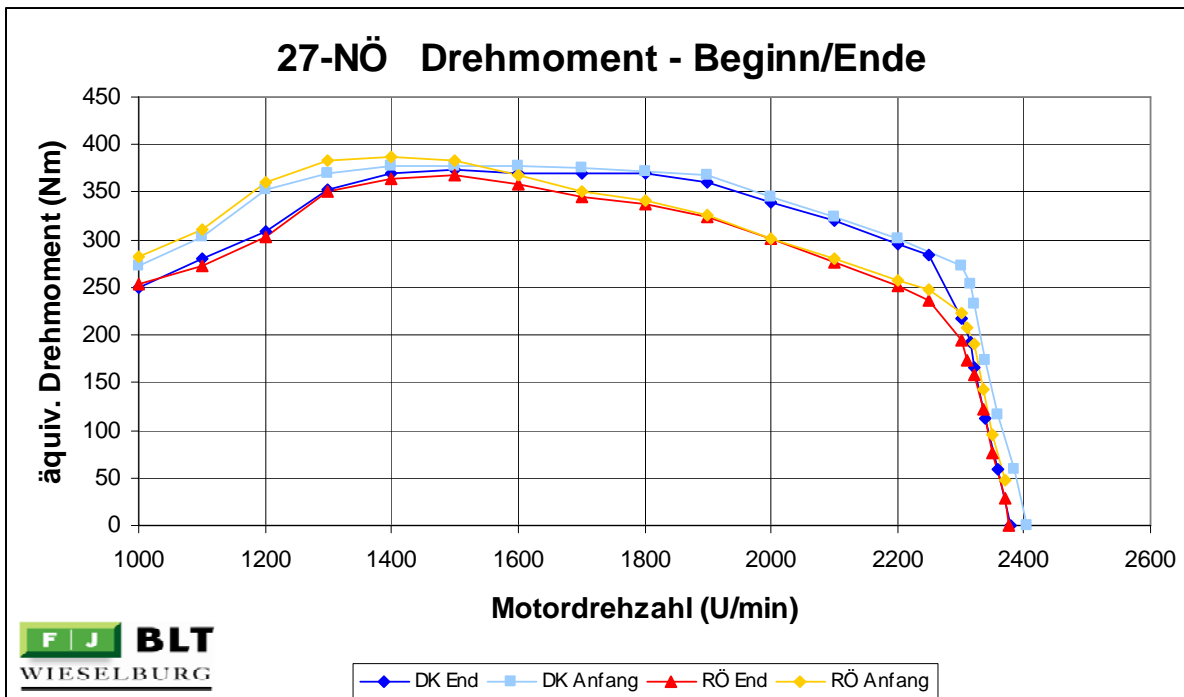


Abbildung 2: 27-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

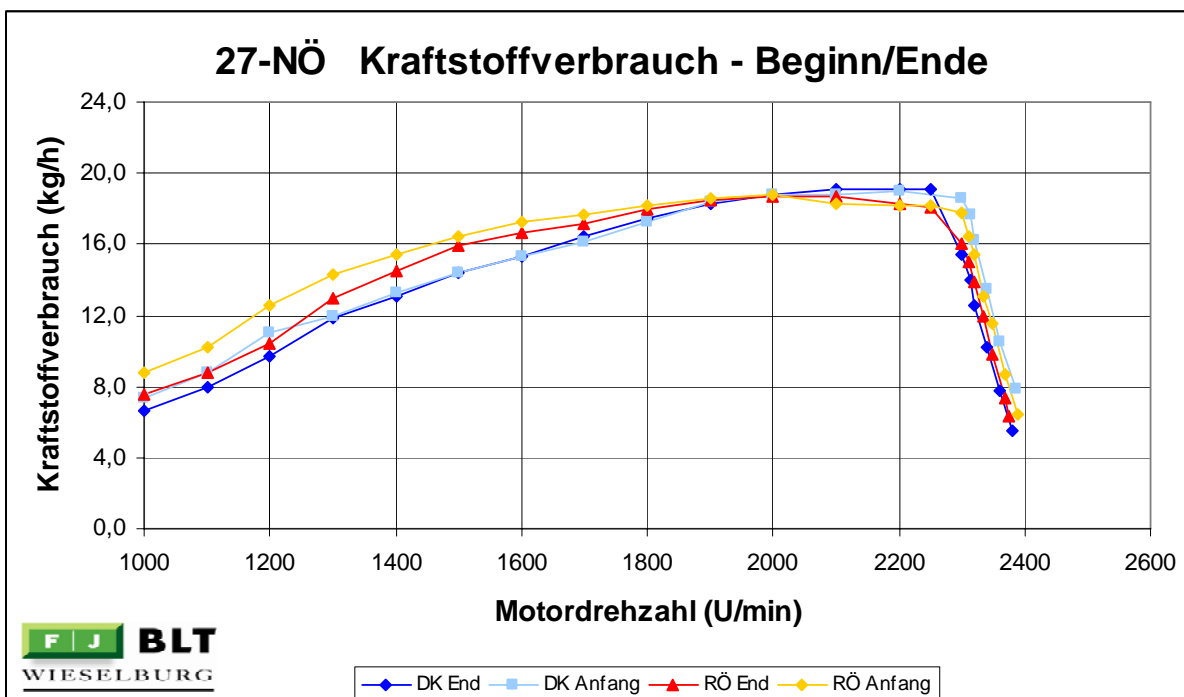


Abbildung 3: 27-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

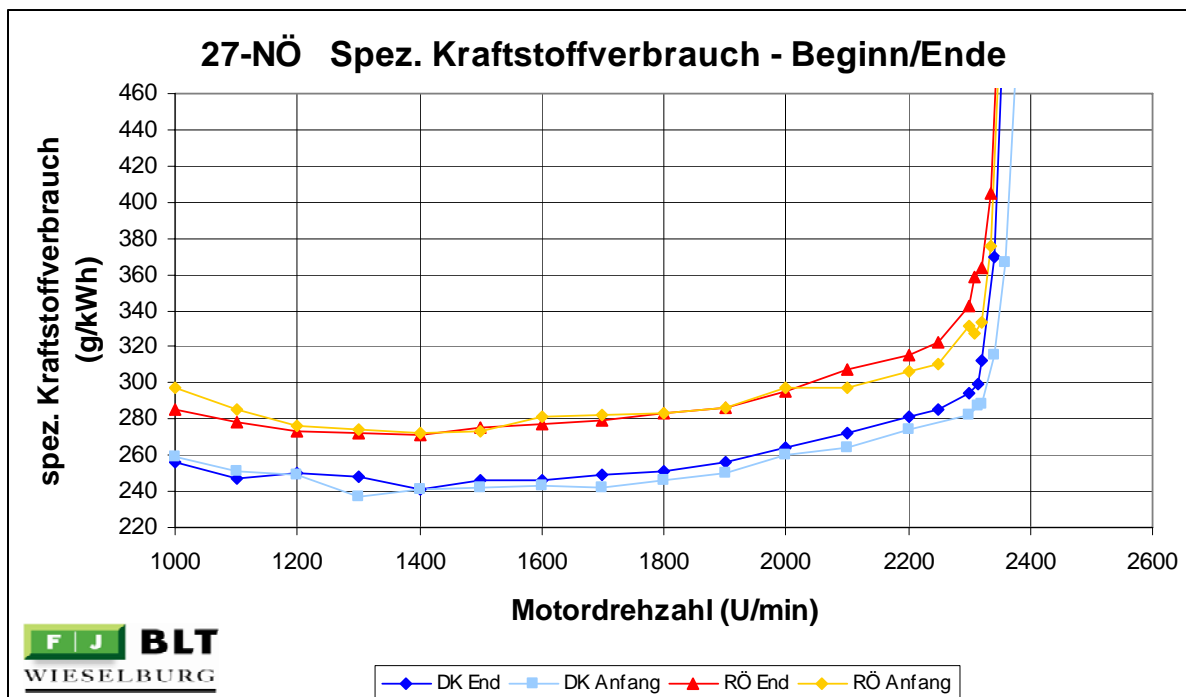


Abbildung 4: 27-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

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 Messung bei Versuchsende zeigte einen Anstieg der Blow-by Werte.

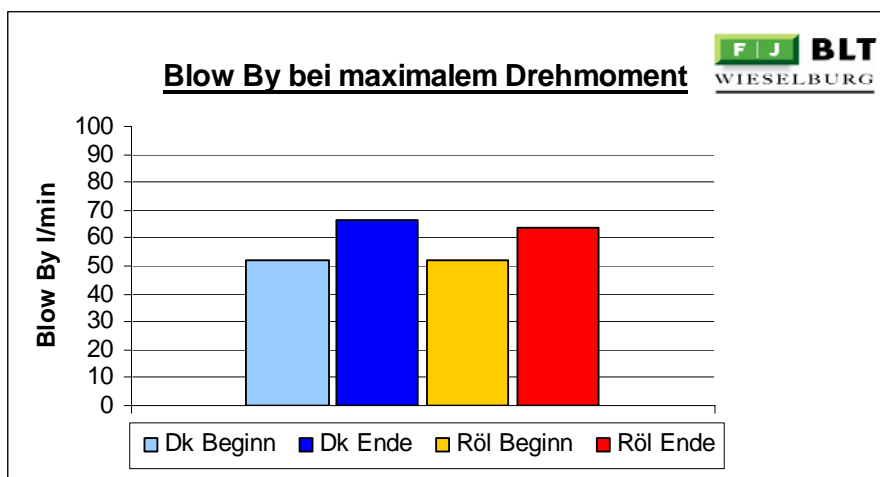


Abbildung 5: 27-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Während der Laufzeit wurde eine Zunahme der Kohlenmonoxidemissionen sowie Abnahmen hinsichtlich der Kohlenwasserstoff- und Stickoxidemissionen bei beiden Kraftstoffen beobachtet. Bis auf die NO_x-Emissionen bei der Enduntersuchung waren alle Emissionen bei Rapsölbetrieb geringer als bei Dieselpbetrieb. Verglichen mit den übrigen Traktoren lagen die Emissionen im Durchschnittsbereich.

Tabelle 1: 27-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	14.02.2006	15.01.2008	10.02.2006	16.01.2008
CO	1,07	1,80	1,87	2,50
HC	0,23	0,20	0,46	0,43
NO _x	11,33	10,20	12,26	9,02

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. Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Partikelmessung.

Tabelle 2: 27-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	Datum
RÖ	0,126	15.01.2008
DK	0,229	16.01.2008

Die Partikelfilter wiesen bei Dieselpbetrieb eine fast doppelt so hohe Beladung an Partikelmasse auf als bei Rapsölbetrieb. Im Vergleich mit den Werten der übrigen Traktoren lagen die gemessenen Ergebnisse unter dem jeweiligen Durchschnitt.

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Plus MC SAE 10W – 40 der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle des Motoröles betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte wurden vom Betreiber beibehalten. Während der Projektlaufzeit wurden drei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 391 TMh untersucht. Von 30 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%.

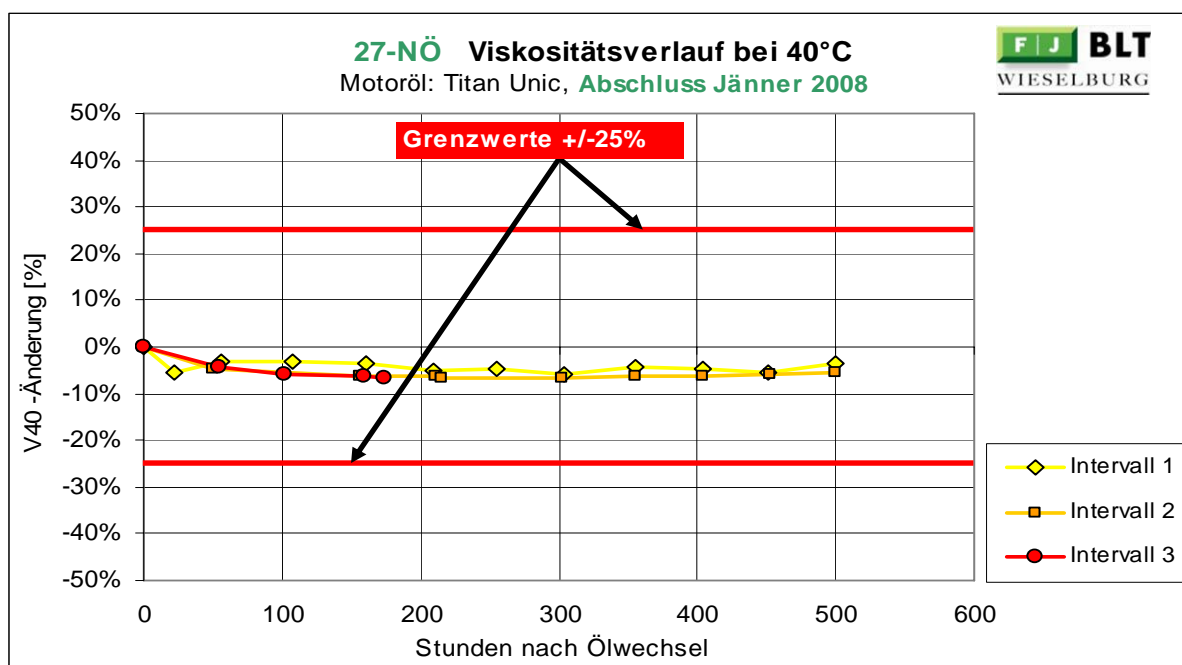


Abbildung 6: 27-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsverläufe waren sowohl bei 40°C als auch bei 100°C sehr gleichmäßig. Die maximalen Abnahmen lagen im Bereich von 5%.

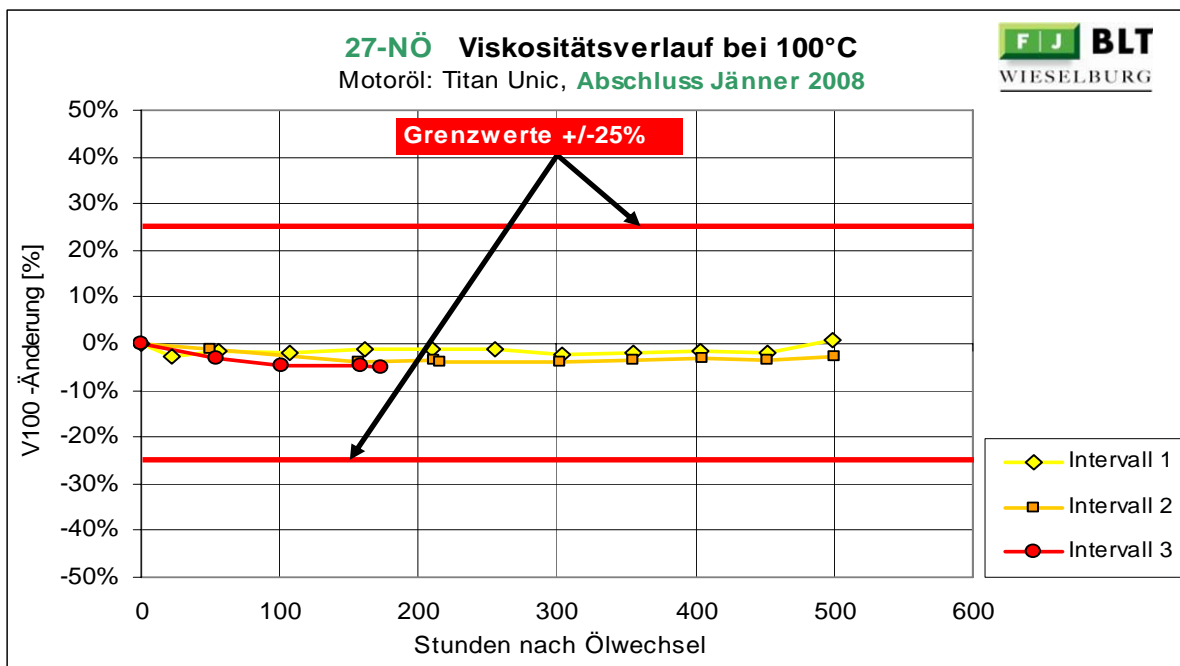


Abbildung 7: 27-NÖ Änderungen der Viskosität bei 100°C

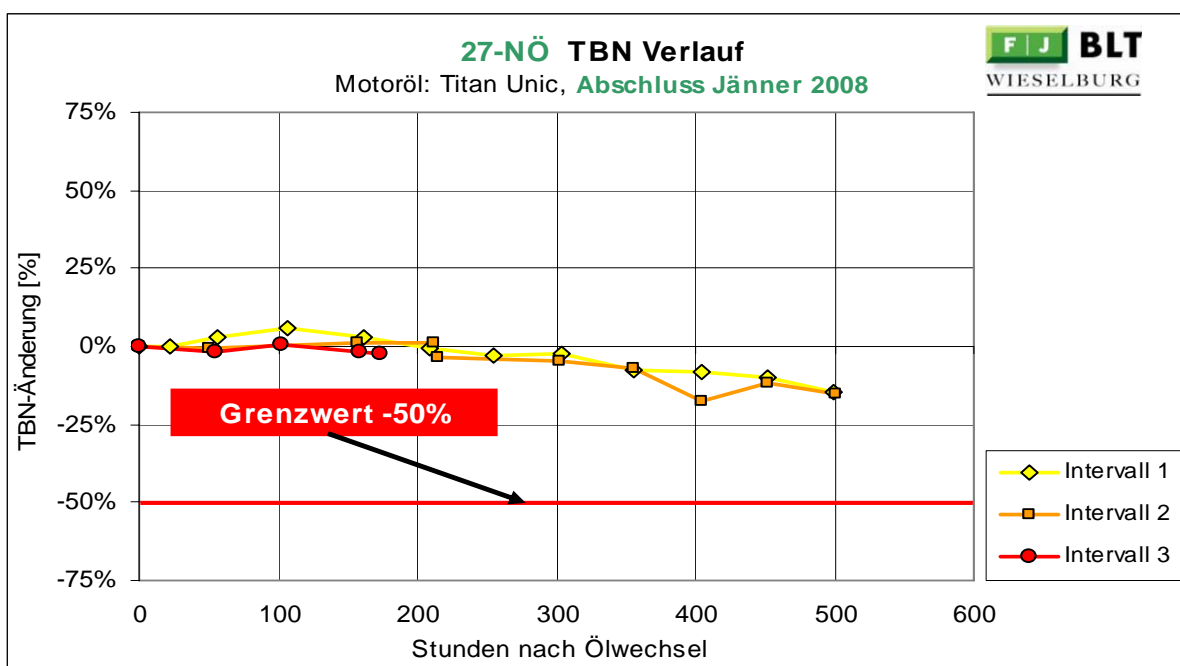


Abbildung 8: 27-NÖ Änderungen der Total Base Number

Die TBN-Untersuchungsergebnisse zeigten nur geringe Veränderungen. Die maximale Abnahme lag unter 20% und somit immer im unbedenklichen Bereich. Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröls seitens des FJ-BLT Labors wurden 11 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißmetallen

untersucht wurden. Die Verschleißgeschwindigkeit lag bei allen analysierten Elementen im unbedenklichen Bereich.

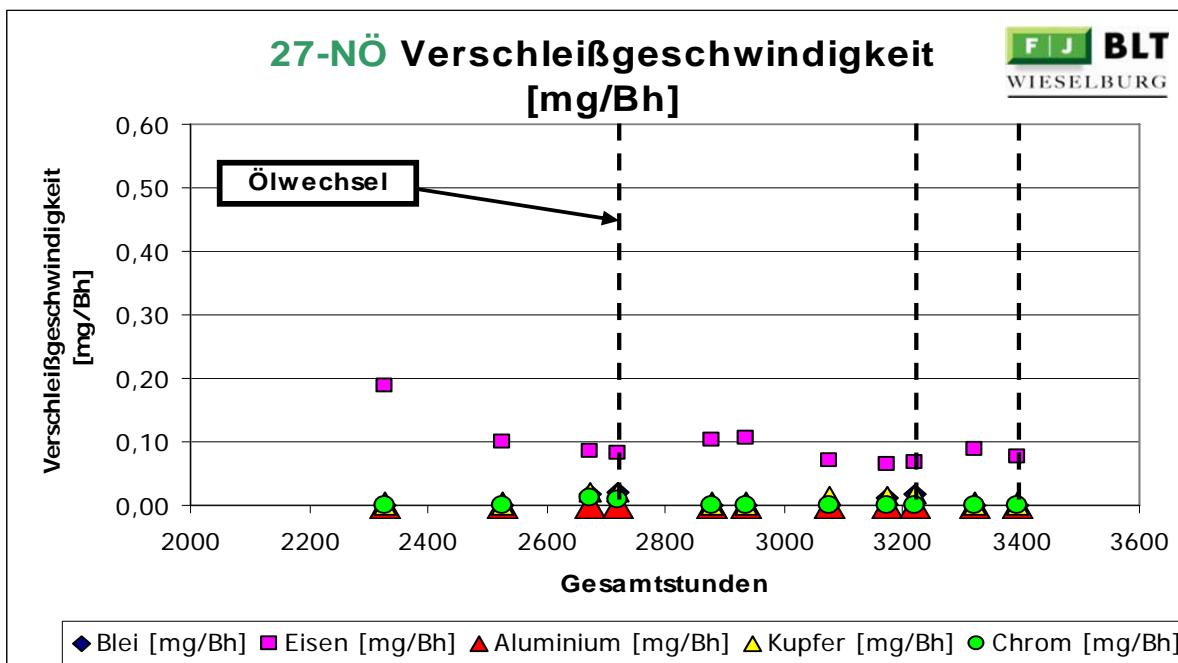


Abbildung 9: 27-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Die Russgehalte lagen maximal bei 1,1%. Die Rapsölgehaltswerte waren unter 7%. Die festgelegten Grenzwerte wurden somit deutlich unterschritten.

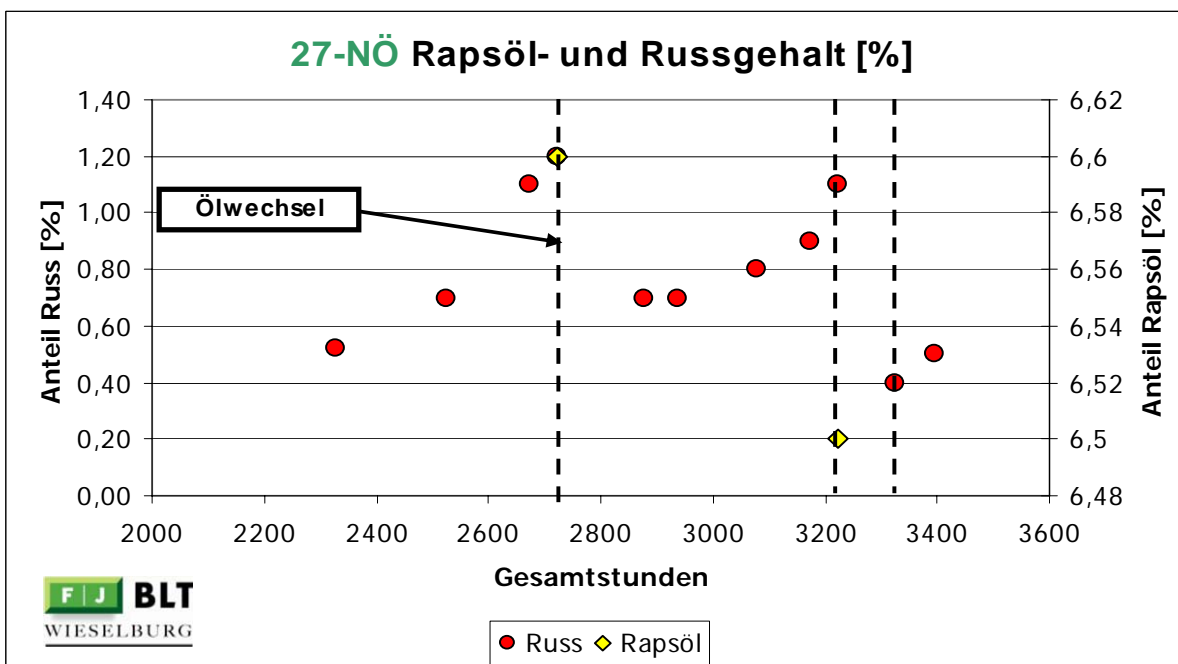


Abbildung 10: 27-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammt 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. Anbei sind die einzelnen Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht der Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Überschreitungen wurden vor allem zu Projektbeginn bei der Gesamtverschmutzung, der Neutralisationszahl und dem Wassergehalt festgestellt. Zweimal wurde der Grenzwert der Oxidationsstabilität unterschritten.

Ab Ende 2006 wurden die in der österreichischen Kraftstoffverordnung fixierten Grenzwerte durchgehend eingehalten.

Tabelle 3: 27-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 Traktortankkraftstoffproben wurde lediglich einmal eine Überschreitung des Grenzwertes beim Parameter Wassergehalt festgestellt. Der Dieselpartanteil betrug je nach Probenahmezeitpunkt bis zu 49%

Tabelle 4: 27-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 [%]
13.02.2006	904	19,51		0,84	3,12	0,041	22
27.03.2006	907	26,41		0,98	2,84	0,060	16
22.05.2006	917	34,72		1,58	10,00	0,081	2
30.08.2006	920	34,74	14,98	1,22	10,95	0,068	0
16.11.2006	906	25,74	6,98	0,66	7,37	0,058	15
12.04.2007	916	31,21	10,00	0,83	1,33	0,059	5
15.01.2008	879	16,62	9,18	0,50	4,10	0,042	49



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 rund zwei Jahren 1.173 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 9.680 Liter Rapsöl und 521 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 8,7 Litern je TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 5%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhten auf Eintragungen von 300 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

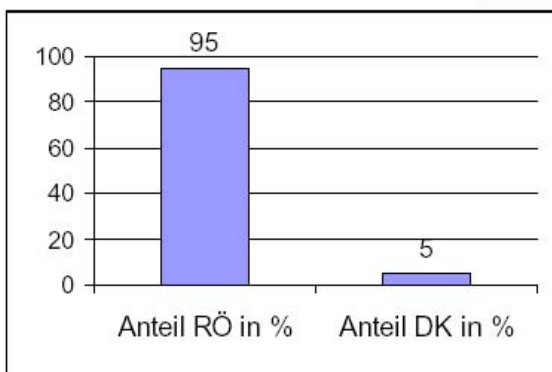
Fahrzeug: 27 Deutz Agrotron 100



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 08. Dez. 05 bei TMh: 2222,3
 Letzter Eintrag: 11. Jän. 08 bei TMh: 3395,4 TMh lt. Traktortagebuch: **1173,1**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 300

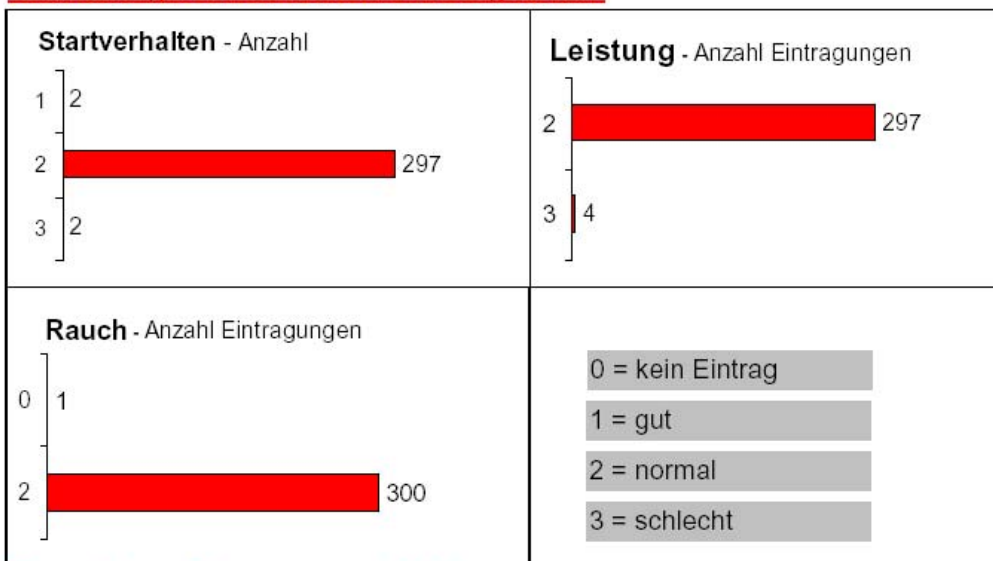


Tankmengen:

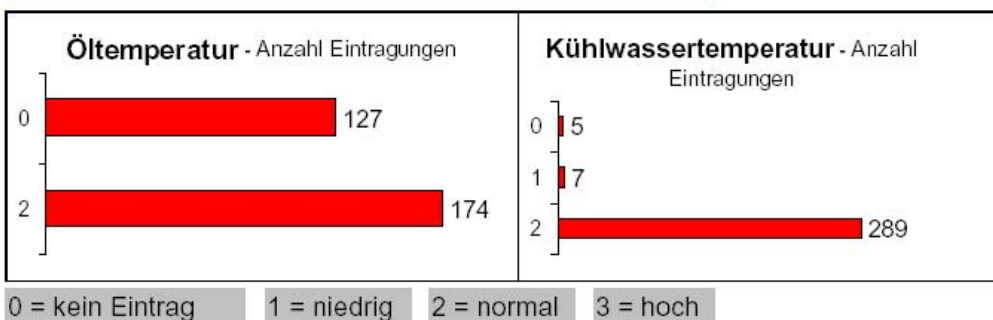
Diesel in l: 521
 Rapsöl in l: 9680

durchschnittlicher Verbrauch/h:
8,70

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



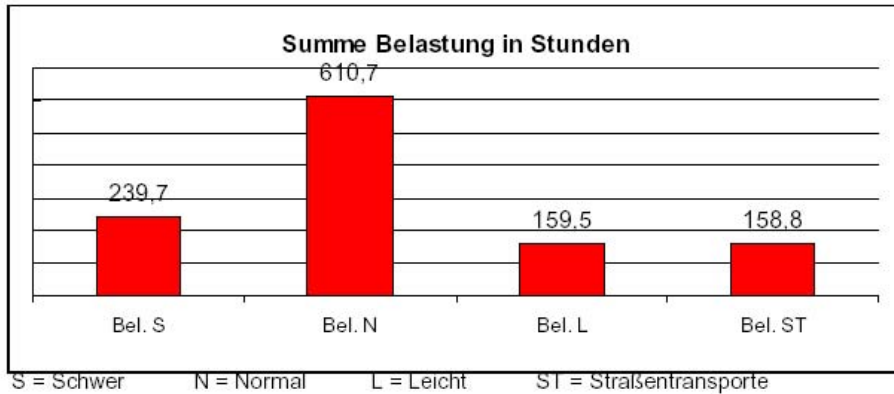


Traktortagebuch

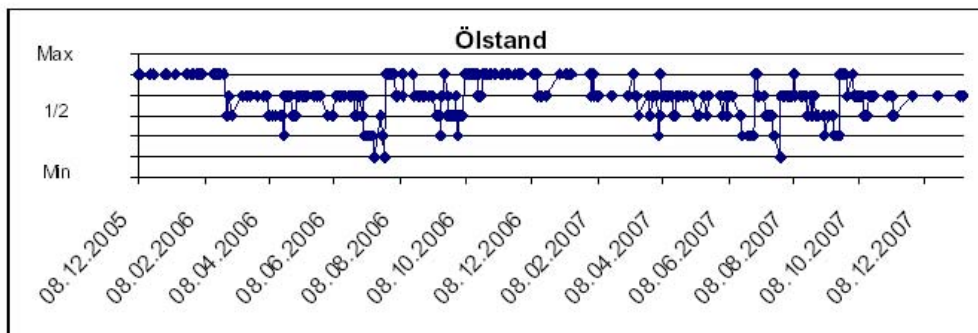
Fahrzeug: 27 Deutz Agrotron 100



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. 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, Laufbüchsen und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte eine geringfügige Erhöhung über die Projektlaufzeit. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte ebenfalls verbesserte Werte. Hinsichtlich des Düsenöffnungsdruckes konnte ein geringfügiger Anstieg beobachtet werden. Düse 4 musste als defekt eingestuft werden.

Tabelle 5: 27-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	26	30	40	23	290	300	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	30	32	20	6	290	295	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	30	32	21	8	295	285	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	28	34	20	3	295	250-390	i.O.	defekt	Düse 4

i.O.....in Ordnung

Der Schaft der Einspritzdüsen war mit einem massiven Belag versehen. Die Belagsstärke der Düsen spitzen war etwas geringer. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 11: 27-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung



Abbildung 12: 27-NÖ Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem trockenen, schwarz bis grau gefärbten Belag versehen.

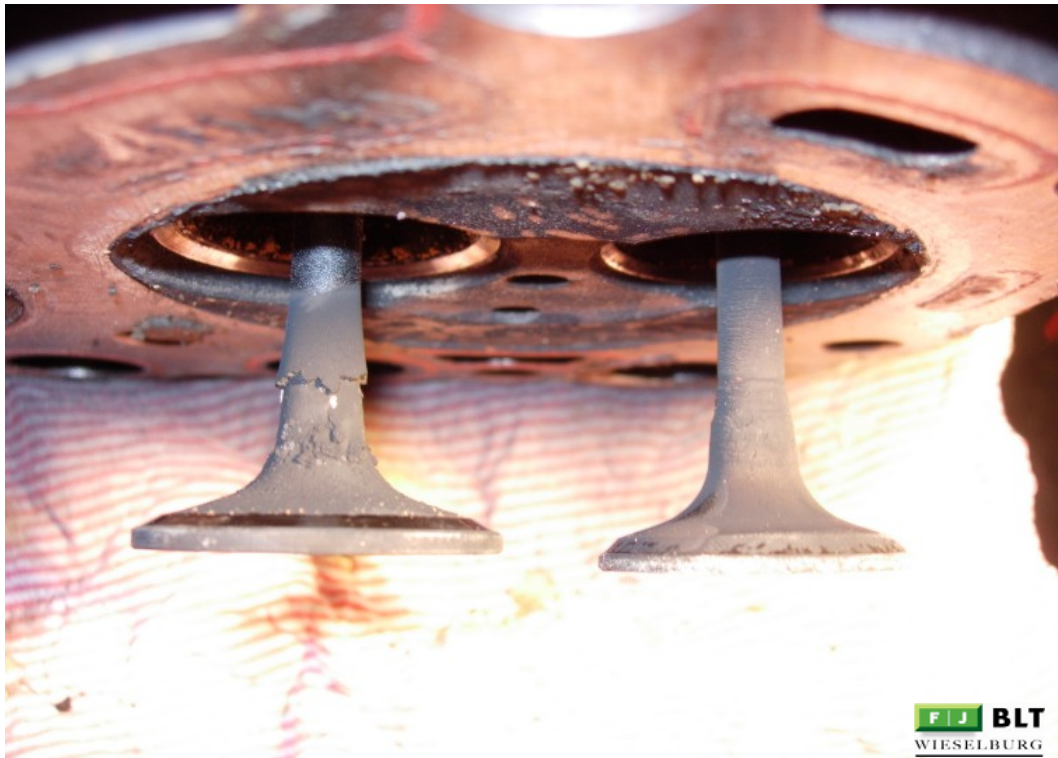


Abbildung 13: 27-NÖ Einlass- und Auslassventil

Die Einlassventile waren am Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer Belagskruste versehen. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt.

Der Feuerstegbereich war bei allen vier Zylindern jeweils klar abgegrenzt und wies einen grau-schwarzen Belag auf. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar.



Abbildung 14: 27-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 15: 27-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem dünnen, rußigen Film belegt. Das Spritzbild war in den Kolbenmulden teilweise ersichtlich.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Deutz Agrotron 100 wurde im Dezember 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 2.222 Traktormeterstunden von der Fa. Jedinger auf ein Hausmann 1-Tank-System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 1.195 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Der Betreiber des Traktors meldete während des Versuchszeitraumes keine nennenswerten Störungen.

Zu Beginn des Projektes war die Leistung im höheren Drehzahlbereich bei Dieselbetrieb deutlich höher. Die Leistung blieb über die Laufzeit bei beiden Kraftstoffen nahezu gleich, jedoch konnte eine Änderung der Abregeldrehzahl bei Betrieb mit Dieselkraftstoff zu Versuchsende beobachtet werden. Der Kraftstoffverbrauch änderte sich ebenfalls kaum.

Während der Laufzeit wurde eine Zunahme der Kohlenmonoxidemissionen sowie Abnahmen hinsichtlich der Kohlenwasserstoff- und Stickoxidemissionen bei beiden Kraftstoffen beobachtet. Bis auf die NO_x-Emissionen bei der Enduntersuchung waren alle Emissionen bei Rapsölbetrieb geringer als bei Dieselbetrieb. Verglichen mit den übrigen Traktoren lagen die Emissionen im Durchschnittsbereich. Die Partikelfilter wiesen bei Dieselbetrieb eine fast doppelt so hohe Beladung an Partikelmasse auf als bei Rapsölbetrieb. Im Vergleich mit den Werten der übrigen Traktoren lagen die gemessenen Ergebnisse unter dem jeweiligen Durchschnitt.

Die Motorölanalysen zeigten keine Auffälligkeiten. Die Änderungen der Viskosität und der Total Base Number, die Gehalte an Verschleißmetallen sowie die Rapsöl- und Russgehalte der Motorölproben lagen jeweils im unbedenklichen Bereich.

Grenzwertüberschreitungen hinsichtlich der Rapsölqualität gab es bei Proben aus der Ölmühle zu Beginn des Projektes vermehrt beim Parameter Gesamtverschmutzung. Ab 2006 gab es kaum mehr Überschreitungen. Bei den Lagertankproben gab es vereinzelt Überschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung,



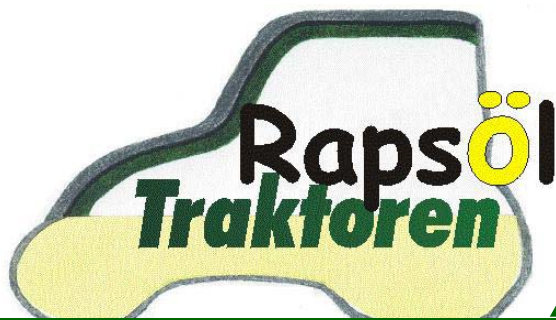
Wassergehalt, sowie der Neutralisationszahl. Ab Ende 2006 wurden die in der österreichischen Kraftstoffverordnung festgelegten Grenzwerte eingehalten. Mit einer Ausnahme beim Parameter Wassergehalt gab es bei den gezogenen Traktortankstichproben keine Grenzwertüberschreitungen.

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte eine geringfügige Erhöhung. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte ebenfalls verbesserte Werte. Hinsichtlich des Düsenöffnungsdruckes konnte ein geringfügiger Anstieg beobachtet werden. Düse 4 musste als defekt eingestuft werden. Der Schaft der Einspritzdüsen war mit einem massiven Belag versehen. Die Belagsstärke der Düsen Spitzen war etwas geringer. Die Düsenlöcher waren allesamt frei. Der Zylinderkopf war mit einem trockenen, schwarz bis grau gefärbten Belag versehen. Die Einlassventile waren am Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer Belagskruste versehen. Die Auslassventile waren lediglich geschwärzt. Der Feuerstegbereich war bei allen vier Zylindern jeweils klar abgegrenzt und wies einen grau-schwarzen Belag auf. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem dünnen, rußigen Film belegt. Das Spritzbild war in den Kolbenmulden teilweise ersichtlich.



28-NÖ

28-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt Farmer 309C
Umrüstung:	Dezember 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	920 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt Farmer 309 C
Motortype	BF4M2012C
Erstmalige Zulassung	11.05.2005
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	01089496
Anzahl Zylinder	4
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	11 Liter
Nennleistung	77 kW
Nendrehzahl	2.300 min ⁻¹
Hubraum	4.038 cm ³
Bohrung x Hub	101 x 126 mm
Verdichtungsverhältnis	19 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	270 bar
Kraftstofftank	108 Liter
Eigengewicht	4.220 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Jänner 2006
bei TMh	382
Enduntersuchung	Februar 2008
bei TMh	1302

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP



1. Leistungsmessung

Der Traktor Fendt Farmer 309 C ist mit einer Turbokupplung ausgestattet. Laut Bedienungsanleitung darf diese Turbokupplung unter 1500 U/min keiner Dauerbelastung ausgesetzt werden. Bei einem weiteren Traktor der Versuchsflotte, welcher ebenfalls mit einer Turbokupplung ausgestattet war, kam es während der Leistungsmessung zu einem Kupplungsschaden. Deshalb wurde bei diesem Traktortyp in der Folge auf Leistungs- und Emissionsmessungen verzichtet.

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 des Umrüsters auf 250 Betriebsstunden reduziert.

Während der Projektlaufzeit wurden drei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 257 TMh untersucht. Von 24 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. Es wurden vom Betreiber alle geplanten alle 50 TMh zu ziehenden Motorölproben während der Projektlaufzeit 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%.

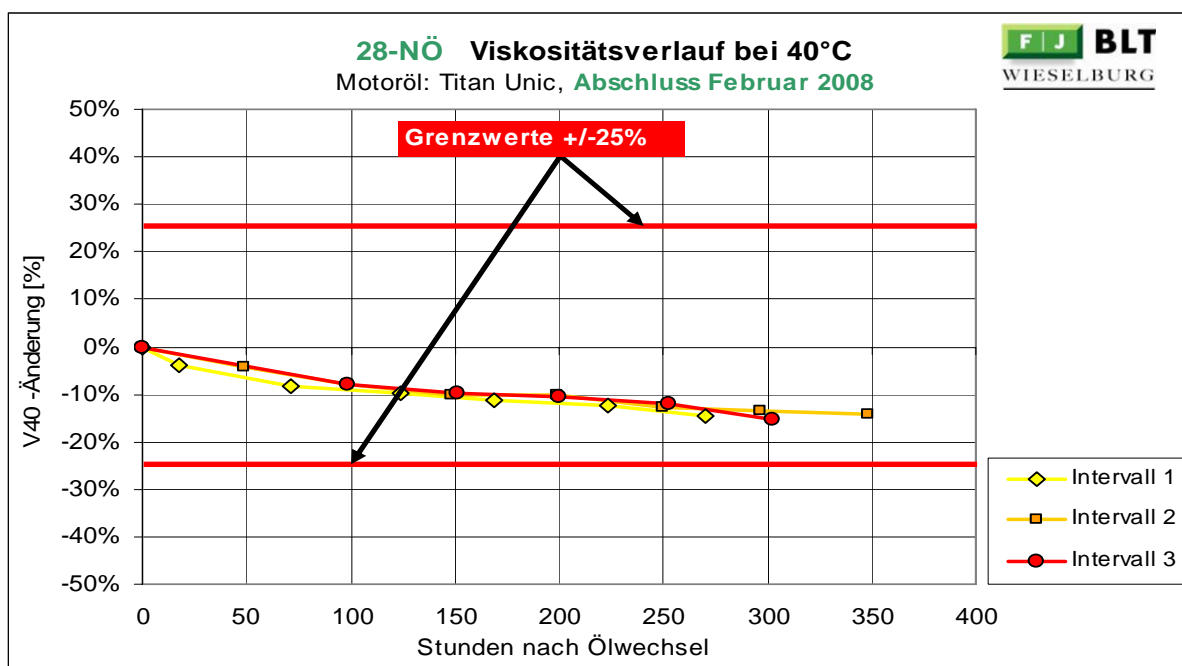


Abbildung 16: 28-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C



Die Viskosität bei 40°C nahm mit zunehmender Laufzeit ab. Die maximale Abnahme lag bei rund 15%. Die Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 100°C zeigten eine ähnliche Entwicklung mit rund 10% Abnahme.

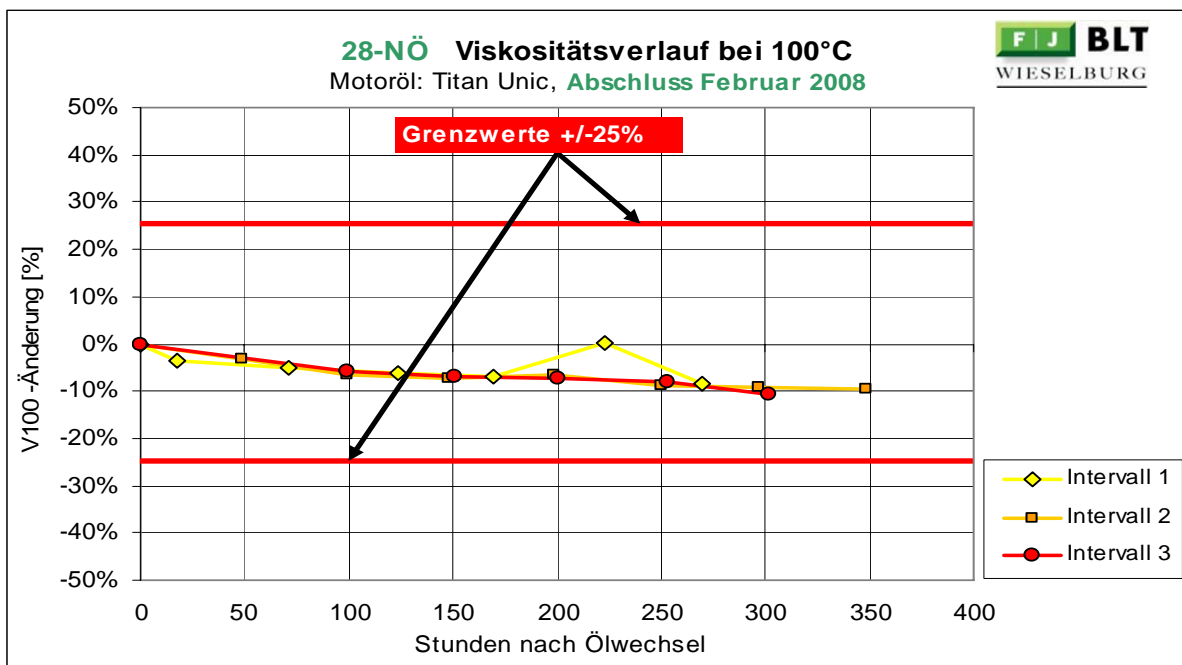


Abbildung 17: 28-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

Die Änderung der Total Base Number verlief über die Ölwechselintervalle sehr gleichmäßig mit einer maximalen Abnahme der Altölprobe im Vergleich zur Frischölprobe von 8%. Die Verringerung lag somit im unbedenklichen Bereich.

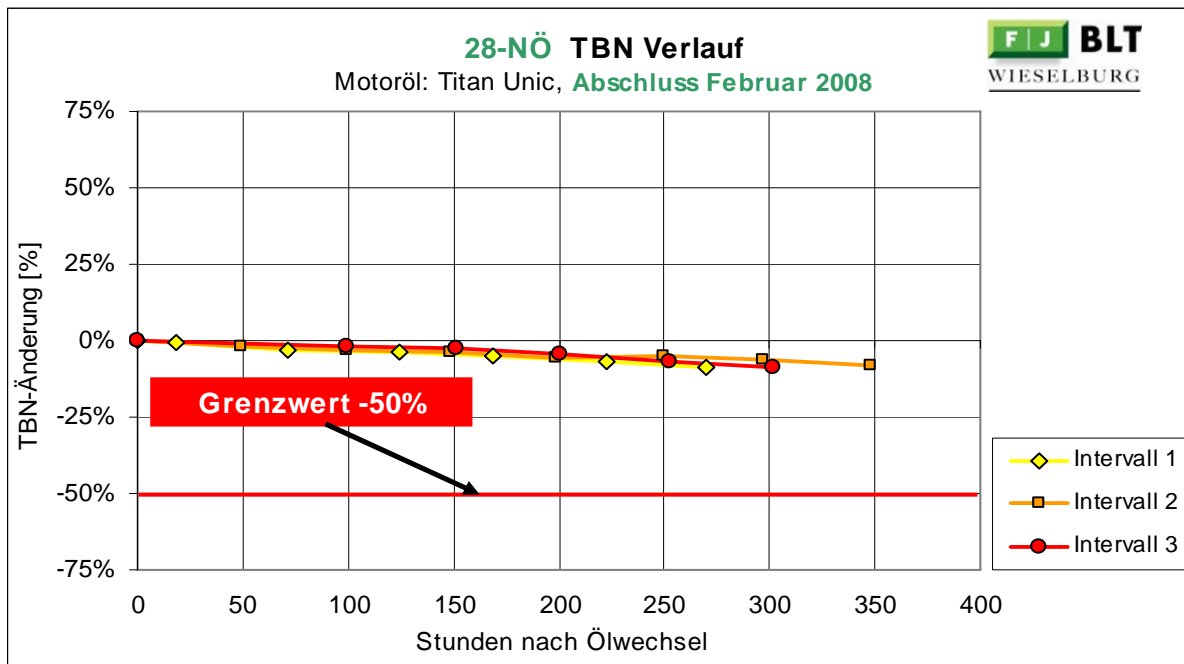


Abbildung 18: 28-NÖ Änderung der Total Base Number

Neben der Qualitätsüberprüfung des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden acht Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden. Die Untersuchungsergebnisse waren sowohl bei den Verschleißelementen als auch bei den Parametern Rapsöl- und Russgehalt im unbedenklichen Bereich.

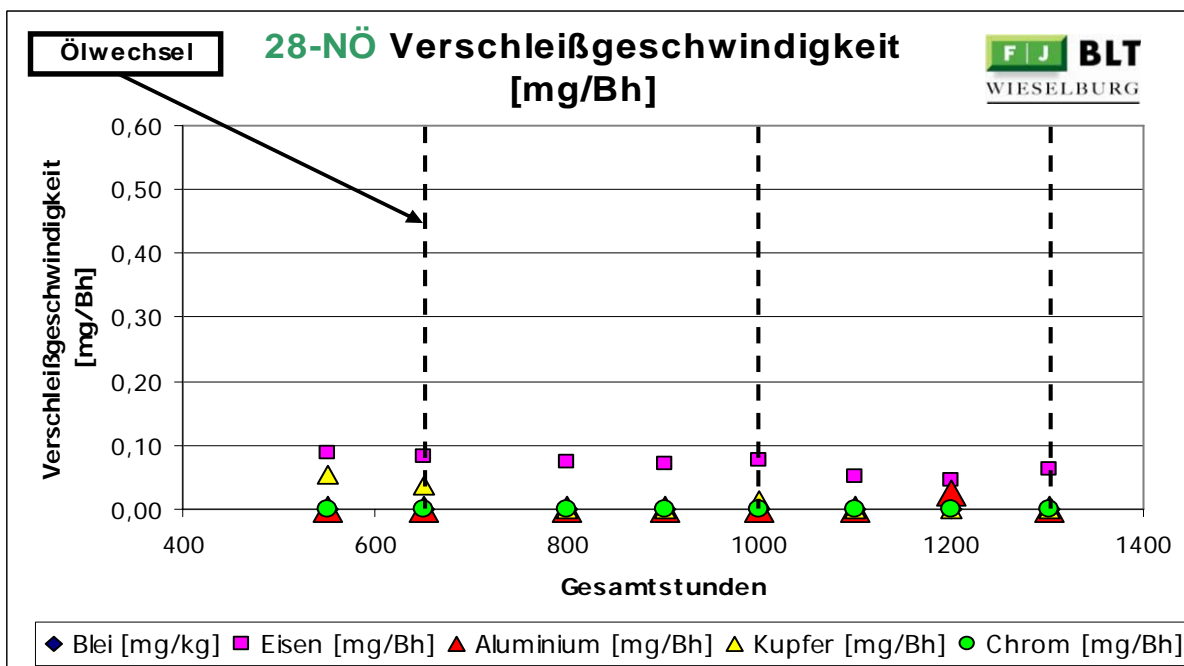


Abbildung 19: 28-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

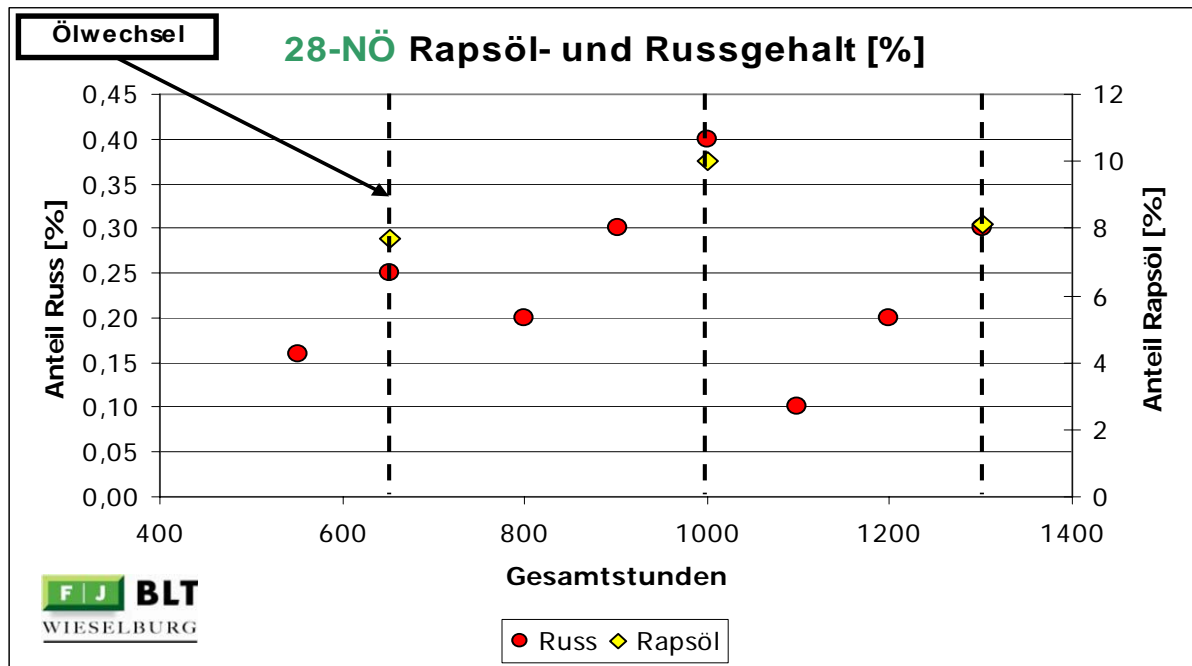


Abbildung 20: 28-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle, sowie jeweils vier 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. Anbei sind die entsprechenden Analyseergebnisse der Kraftstoffproben aus dem Lagertank und Traktortank dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht der Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Die Lagertankrapsölproben wiesen mehrmals Über- beziehungsweise Unterschreitungen der Grenzwerte bei den Parametern Oxidationsstabilität und Wassergehalt auf.

Tabelle 6: 28-NÖ Kraftstoffanalysen 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-%]
12.05.2006	916	35,10	15,48	0,54		5,17	0,071
29.09.2006	920	35,03	18,00	0,72	4,25	5,91	0,072
25.05.2007	920	35,34	21,84	1,13	1,13	6,16	0,092
23.07.2007	918	35,34	12,66	1,18	2,70	7,03	0,088

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei Traktortankproben wurden zweimalige Grenzwertüberschreitungen beim Parameter Wassergehalt festgestellt.

Tabelle 7: 28-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 [%]
12.05.2006	916	34,99	18,68	0,61	4,98	0,064	4
29.09.2006	921	34,79	18,50	1,01	6,33	0,071	0
25.05.2007	915	33,47	14,42	1,13	5,48	0,078	5
23.07.2007	920	35,39	5,52	1,16	7,77	0,083	0



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 knapp zwei Jahren 917 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 6.458 Liter Rapsöl und 230 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 7,29 Litern je TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 3%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im normalen Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 158 Tagen.

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



Traktortagebuch

Fahrzeug: 28 Fendt Farmer 309 C



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 03. Apr. 06 bei TMh: 386
 Letzter Eintrag 25. Feb. 08 bei TMh: 1303,0 TMh lt. Traktortagebuch **917,0**

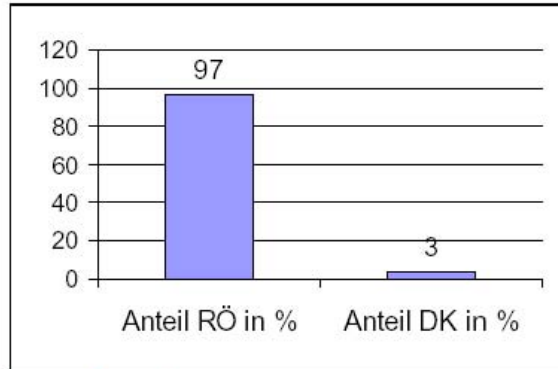
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 140

Tankmengen:

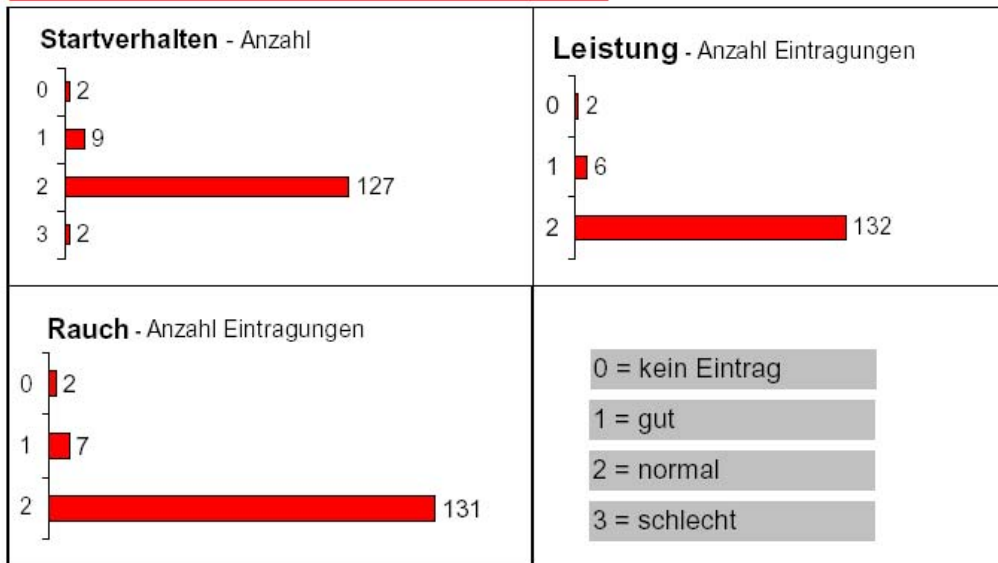
Diesel in l: 230
 Rapsöl in l: 6458

durchschnittlicher Verbrauch/h:

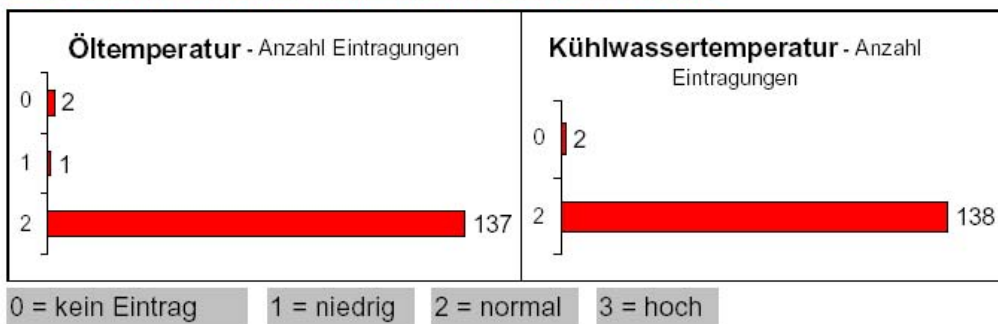
7,29



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



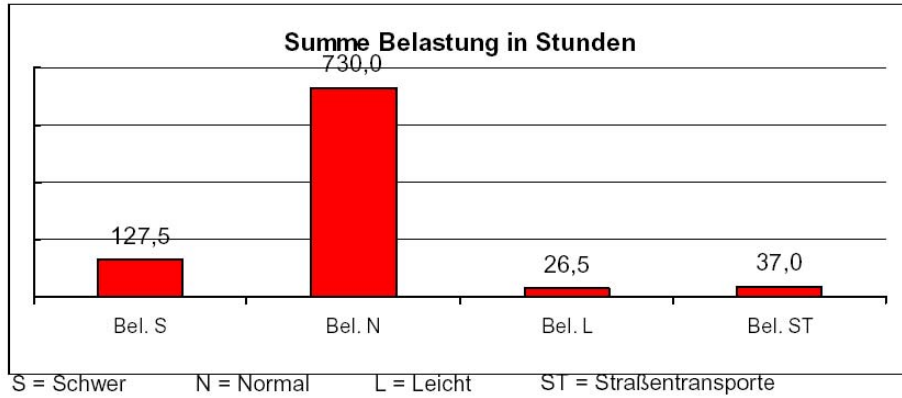


Traktortagebuch

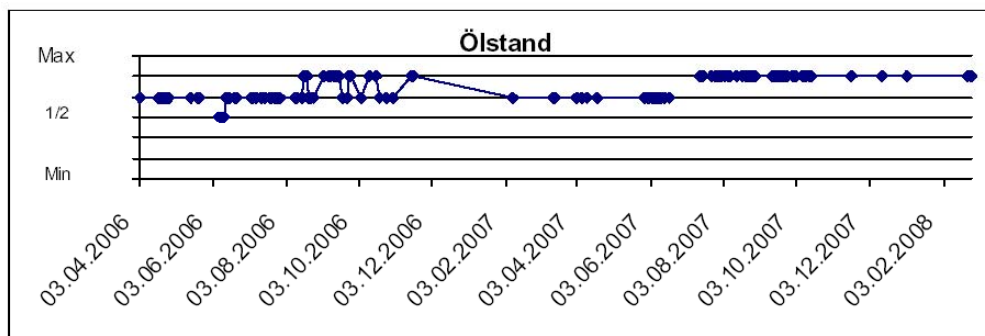
Fahrzeug: 28 Fendt Farmer 309 C



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. 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, Laubbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Düsen 1, 3 und 4 wiesen bei der Anfangsuntersuchung bei 382 TMh einen Defekt hinsichtlich Spritzbild und Dichtheit auf. In der Folge wurden alle Düsen erneuert.

Tabelle 8: 28-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	34	37	8	12	270	265	defekt	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	34	37	7	5	270	265	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	34	36	23	4	270	265	defekt	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	34	36	9	4	270	265	defekt	i.O.	Düse 4

i.O.....in Ordnung

Bei der Enduntersuchung wurde eine geringfügige Verbesserung des Kompressionsdruckes festgestellt. Die Messung des Druckverlustes im Brennraum zeigte ebenfalls einen normalen Zustand. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war geringfügig gesunken.

Die Düsen wiesen bei der Enduntersuchung eine Belagskruste am Schaft und auf der Düsen Spitze auf. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 21: 28-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung



Abbildung 22: 28-NÖ Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen bis teilweise grauen Belag versehen, welcher in den Randbereichen und rund um die Düsendurchführung in eine geringe Belagskruste überging.



Abbildung 23: 28-NÖ Einlass- und Auslassventile

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer Belagskruste mittlerer Stärke versehen. Die Auslasskanäle waren mit einem schwarzen, russartigen Film überzogen.

Der Feuerstegbereich war jeweils scharf abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar.



Abbildung 24: 28-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 25: 28-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen, bis teilweise grauen Belagsfilm versehen, der sich in den Randbereichen stellenweise bis zur Belagskruste verstärkte.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt Farmer 309 C wurde im Dezember 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 382 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1-Tank-System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 920 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Der Traktor Fendt Farmer 309 C ist mit einer Turbokupplung ausgestattet. Laut Bedienungsanleitung darf diese Turbokupplung unter 1500 U/min keiner Dauerbelastung ausgesetzt werden. Deshalb wurde auf Leistungs- und Emissionsmessungen verzichtet.

Die Viskosität bei 40°C nahm mit zunehmender Laufzeit ab. Die maximale Abnahme lag bei rund 15%. Die Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 100°C zeigten eine ähnliche Entwicklung mit rund 10% Abnahme. Die Analyseergebnisse waren sowohl bei den Verschleißelementen als auch bei den Parametern Rapsöl- und Russgehalt im unbedenklichen Bereich.

Bei den Rapsölproben aus der Ölmühle gab es hauptsächlich zu Beginn des Projektes Grenzwertüberschreitungen beim Parameter Gesamtverschmutzung. Ab 2005 lagen die Analysenwerte dieses Parameters bei den gezogenen Stichproben mit einer Ausnahme unterhalb des vorgegebenen Grenzwertes. Bei den Lager- und Traktortankproben wurden Über- beziehungsweise Unterschreitungen bei den Parametern Oxidationsstabilität und Wassergehalt festgestellt.

Bei der Enduntersuchung wurde eine geringfügige Verbesserung des Kompressionsdruckes festgestellt werden. Die Messung des Druckverlustes im Brennraum zeigte ebenfalls einen normalen Zustand. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war geringfügig gesunken. Die Düsen wiesen bei der Enduntersuchung eine Belagskruste am Schaft und auf der Düsen spitze auf. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen bis teilweise grauen Belag versehen, welcher in den Randbereichen und rund um die Düsendurchführung in eine geringe



Belagskruste übergang. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer Belagskruste mittlerer Stärke versehen. Die Auslasskanäle waren mit einem schwarzen, russartigen Film überzogen.

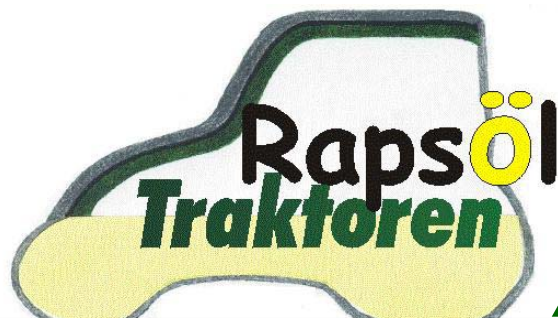
Der Feuerstegbereich war jeweils scharf abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen bis teilweise grauen Belagsfilm versehen, der sich in den Randbereichen stellenweise bis zur Belagskruste verstärkte.





29-NÖ

29-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt Farmer 308 C
Umrüstung:	Dezember 2005
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.479 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt Farmer 308 C
Motortype	BF4M2012C
Erstmalige Zulassung	07.04.2005
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	01070579
Anzahl Zylinder	4
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	11 Liter
Nennleistung	77 kW
Nenn Drehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	4.038 cm ³
Bohrung x Hub	101 x 126 mm
Verdichtungsverhältnis	19 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	270 bar
Kraftstofftank	108 Liter
Eigengewicht	4.410 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Dezember 2005
bei TMh	488
Enduntersuchung	Februar 2008
bei TMh	1967

Umrüstung

Umrüstsystem	Waldland Eintanksystem
Umrüster	Waldland VWP

1. Leistungsmessung

Der Traktor Fendt Farmer 308 C ist mit einer Turbokupplung ausgestattet. Laut Bedienungsanleitung darf diese Turbokupplung unter 1500 U/min keiner Dauerbelastung ausgesetzt werden. Bei der Leistungsmessung zu Versuchsbeginn trat bei nur kurzer Belastung ein Kupplungsschaden auf. Deshalb wurde in der Folge auf Leistungs- und Emissionsmessungen verzichtet.



Abbildung 26: 29-NÖ Schaden an der Turbokupplung

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 des Umrüsters auf 250 Betriebsstunden reduziert. Während der Projektlaufzeit wurden sechs Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 278 TMh untersucht. Von 41 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 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%.

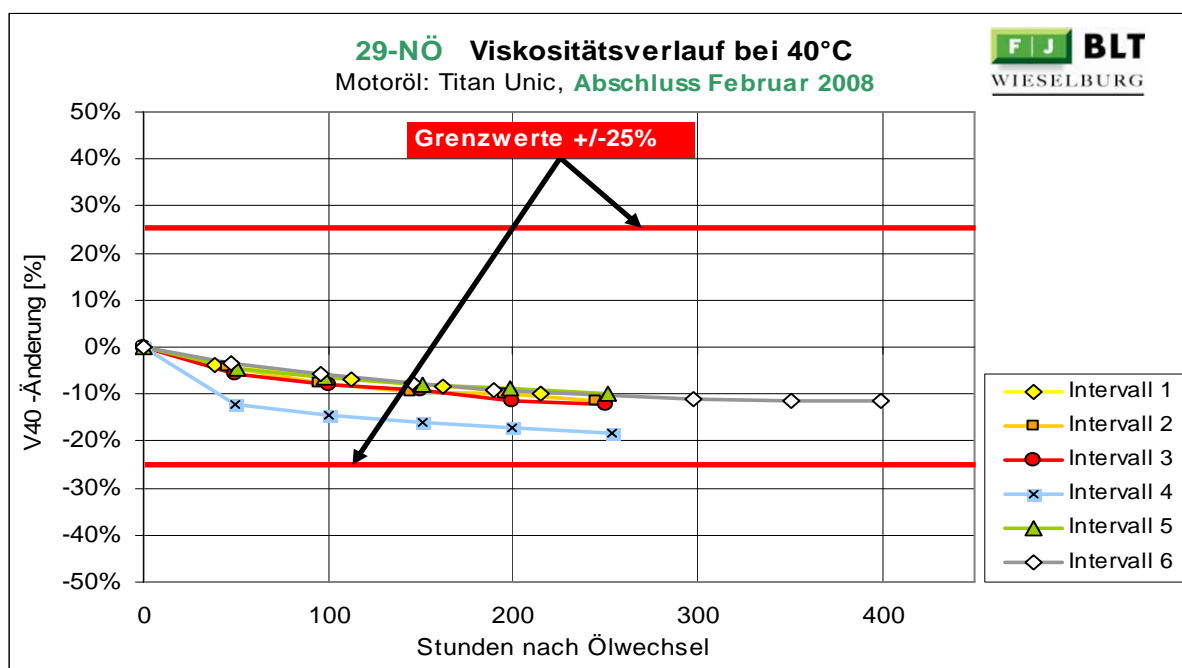


Abbildung 27: 29-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Änderungen der Viskosität bei 40°C zeigten bis auf Intervall 4 einen sehr ähnlichen Verlauf. Die maximalen Abnahmen der Viskosität bei 40°C lagen bei ca. 13%, bei Intervall 4 bei knapp 20%. Ein ähnliches Bild wurde bei den Viskositätsergebnissen bei 100°C beobachtet. Bis auf einen Ausreißer im Intervall 4 waren die Verlaufskurven deckungsgleich. Die maximale Viskositätsabnahme lag 9%.

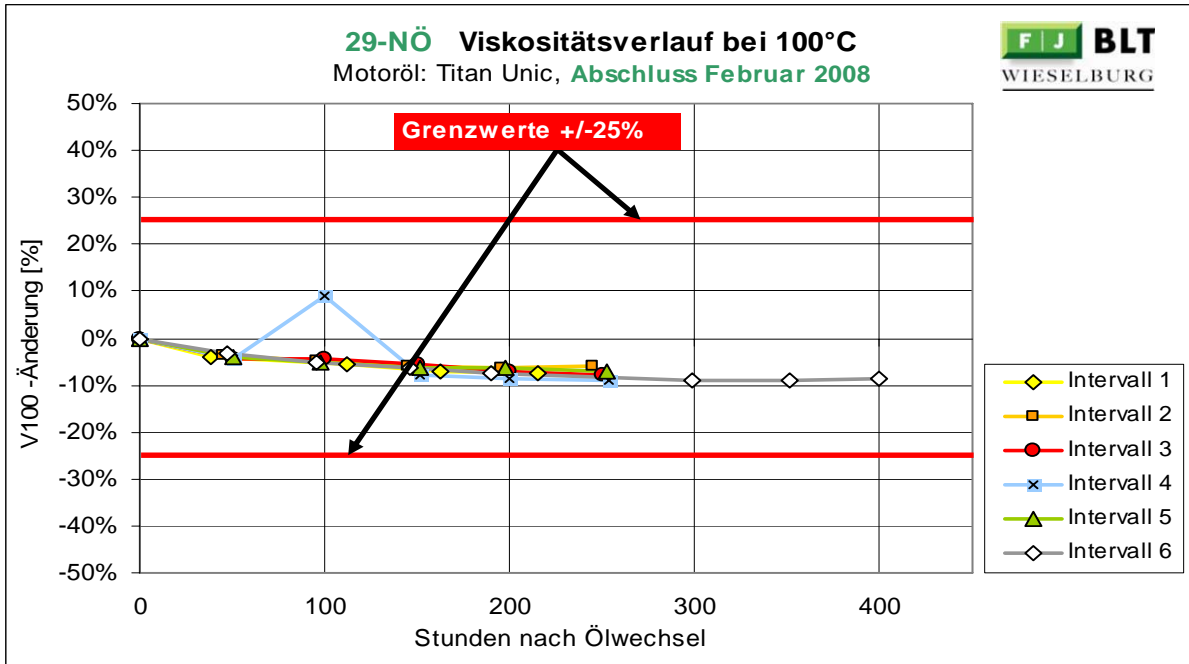


Abbildung 28: 29-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

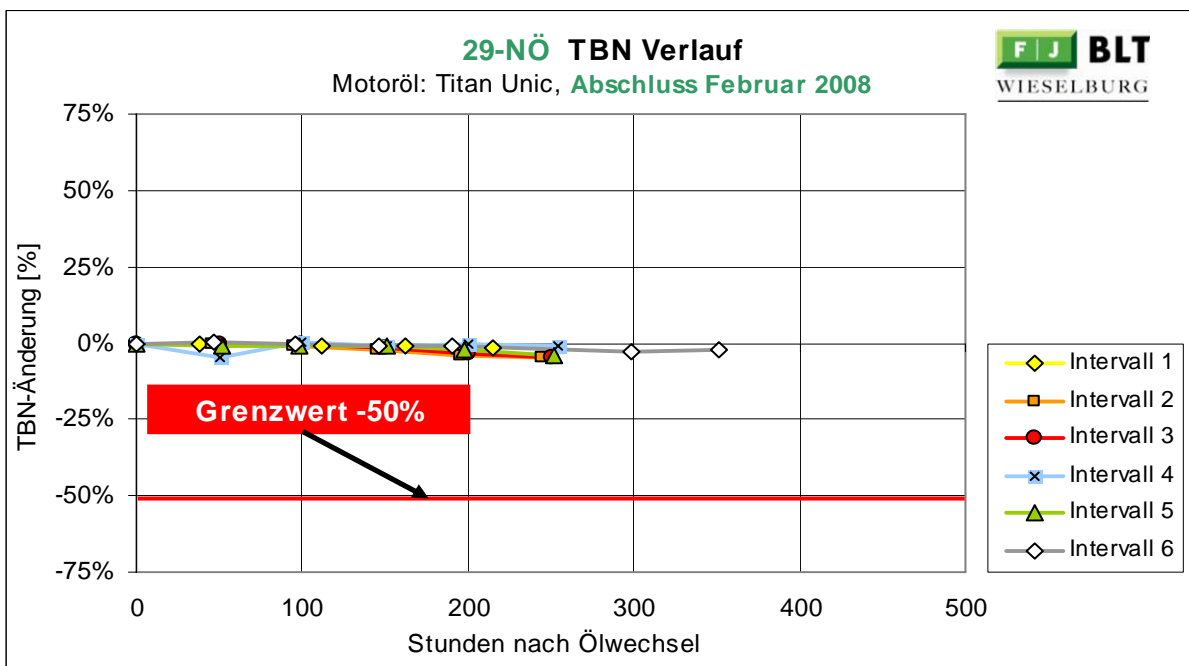


Abbildung 29: 29-NÖ Änderung der Total Base Number



Bei den TBN-Analysenwerten wurde über die Laufzeit praktisch keine Veränderung festgestellt.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 14 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden. Die Untersuchungsergebnisse lagen bei allen Parametern im unbedenklichen Bereich.

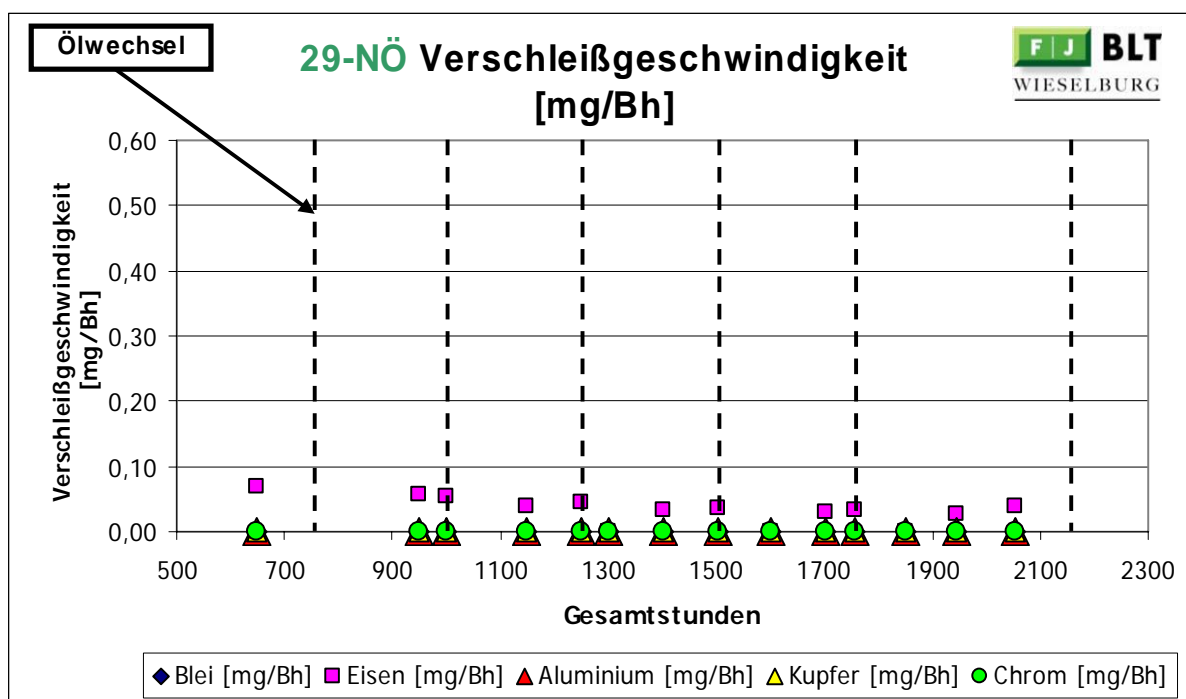


Abbildung 30: 29-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

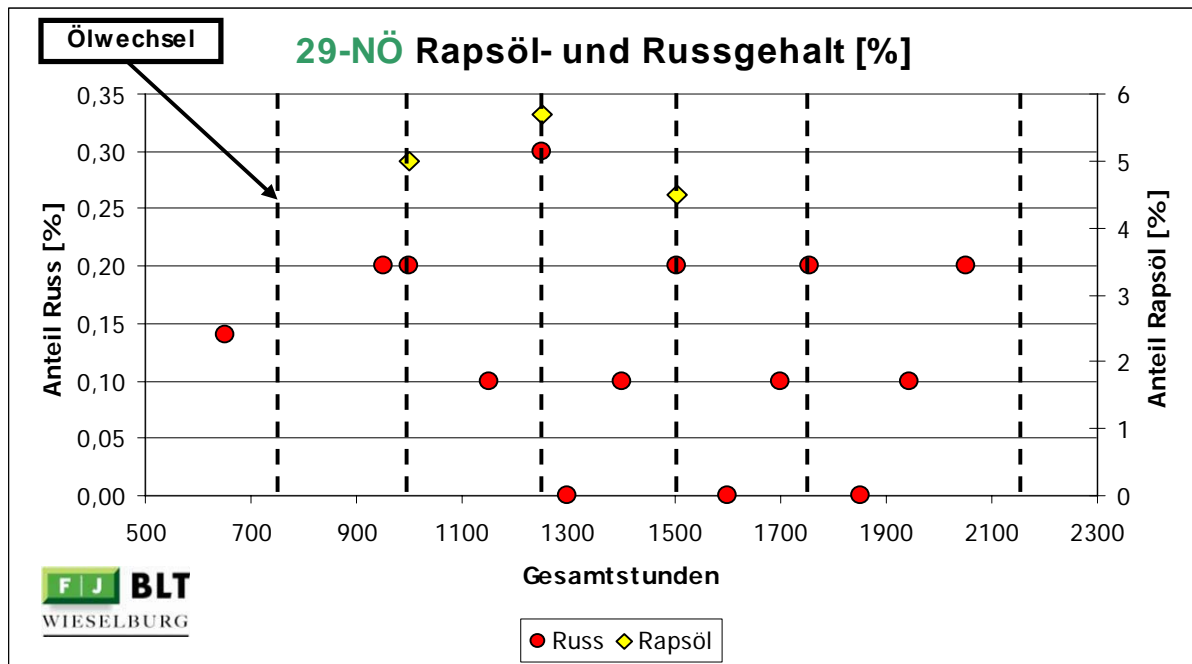


Abbildung 31: 29-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle, vier Proben aus dem Lagertank sowie fünf 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 Analyseergebnisse der Lagertank- und Traktortankproben dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den untersuchten Lagertankproben wurde beinahe durchgehend der Grenzwert beim Parameter Wassergehalt überschritten. Beim Parameter Gesamtverschmutzung wurde eine Überschreitung festgestellt. Der Grenzwert der Oxidationsstabilität wurde zweimal unterschritten.

Tabelle 9: 29-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-%]
12.05.2006	916	34,97	8,50	0,83		6,31	0,064
29.09.2006	921	34,94	18,60	0,63		6,13	0,086
25.05.2007	920	35,20	31,28	1,42	1,93	2,08	0,085
23.07.2007	920	35,18	5,76	1,48	4,39	3,25	0,086

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Die Überschreitungen des Wassergehaltsgrenzwertes bei den Traktortankproben bestätigten die bereits im Lagertank detektierten Ergebnisse. Bei der ersten gezogenen Traktortankprobe wurde der Grenzwert der Gesamtverschmutzung deutlich überschritten. Der Dieselmotorkraftstoffanteil lag bei der gezogenen Winterprobe erklärbar hoch bei 21%. In den restlichen Kraftstoffproben wurden nur geringe bis gar keine Dieselmotorkraftstoffanteile festgestellt.



Tabelle 10: 29-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 [%]
16.01.2006	904	20,49	36,70	0,72		0,054	21
12.05.2006	916	35,98	10,00	0,79	5,33	0,057	5
29.09.2006	920	34,32	17,40	0,64	4,77	0,098	0
25.05.2007	920	35,24	10,98	1,40	3,50	0,085	0
23.07.2007	917	32,50	5,16	1,42	2,37	0,077	3



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 1.448 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 7.468 Liter Rapsöl und 495 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 5,50 Liter je Traktormeterstunde. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 6%. Der Traktor wurde rund zur Hälfte im „schweren und normalen Lastbereich“ und zur anderen Hälfte im „leichten Lastbereich“ und für „Stößentransporte“ eingesetzt. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 374 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: 29 Fendt Farmer 308



Allgemeine Daten:

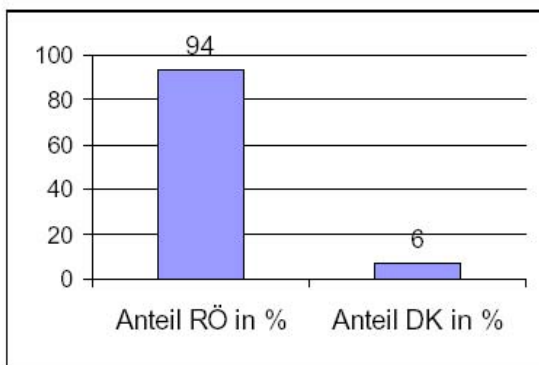
Erster Eintrag: 23. Dez. 05 bei TMh: 491
 Letzter Eintrag 27. Dez. 07 bei TMh: 1939,0 TMh lt. Traktortagebuch **1448,0**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 374

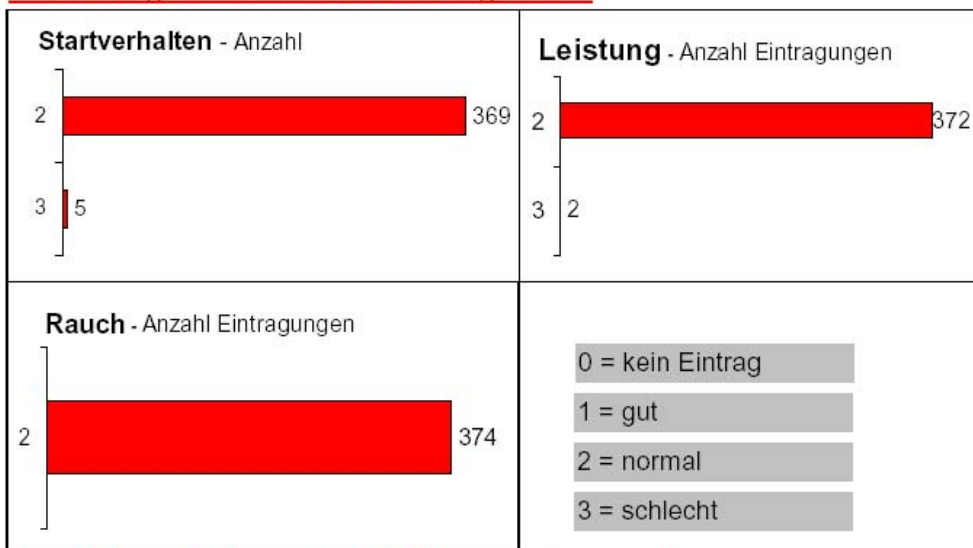
Tankmengen:

Diesel in l: 495
 Rapsöl in l: 7468

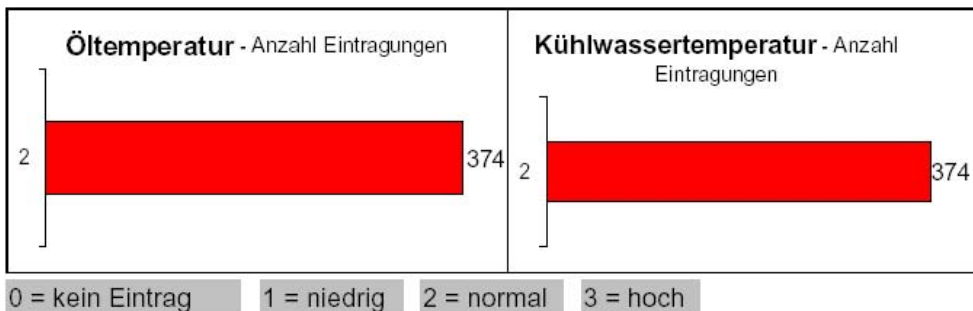
durchschnittlicher Verbrauch/h:
5,50



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



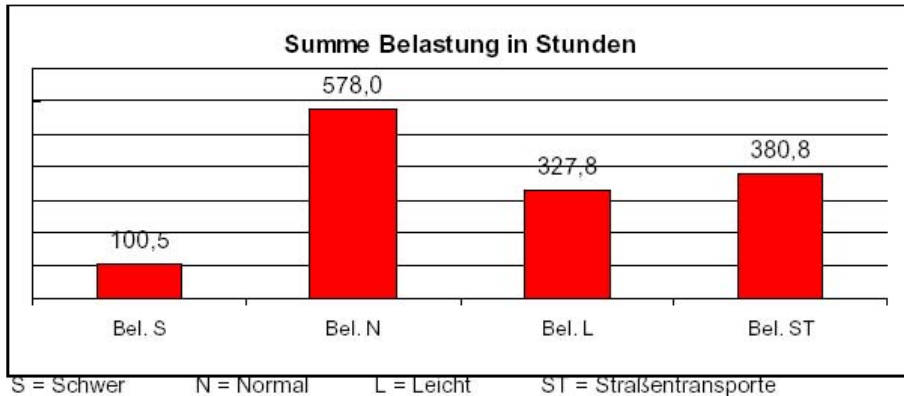


Traktortagebuch

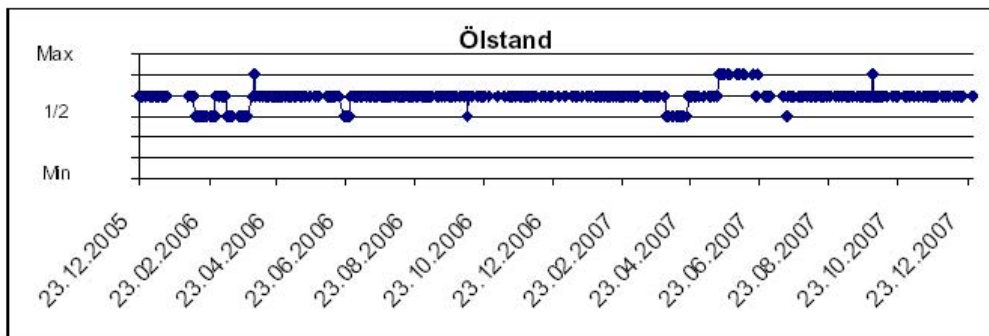
Fahrzeug: 29 Fendt Farmer 308



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. 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

Alle vier Düsen wiesen bei der Anfangsuntersuchung eine schlechte Zerstäubung sowie ein nur schwaches Knarrgeräusch auf und wurden folglich getauscht.

Tabelle 11: 29-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	34	36	8	0	270	265	defekt	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	34	38	6	22	270	260	defekt	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	34	38	8	0	270	265	defekt	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	34	36	8	25	270	265	defekt	i.O.	Düse 4

i.O.....in Ordnung

Bei der Enduntersuchung wurde durchgehend eine Verbesserung des Kompressionsdruckes festgestellt. Die Messung des Druckverlustes im Brennraum zeigte einen normalen Zustand. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war geringfügig gesunken.

Der Schaft der Einspritzdüsen wies teilweise einen massiven, krustenartigen Belag auf. Die Düsen spitzen waren ebenfalls verkrustet, die Düsenlöcher waren alle frei.



Abbildung 32: 29-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

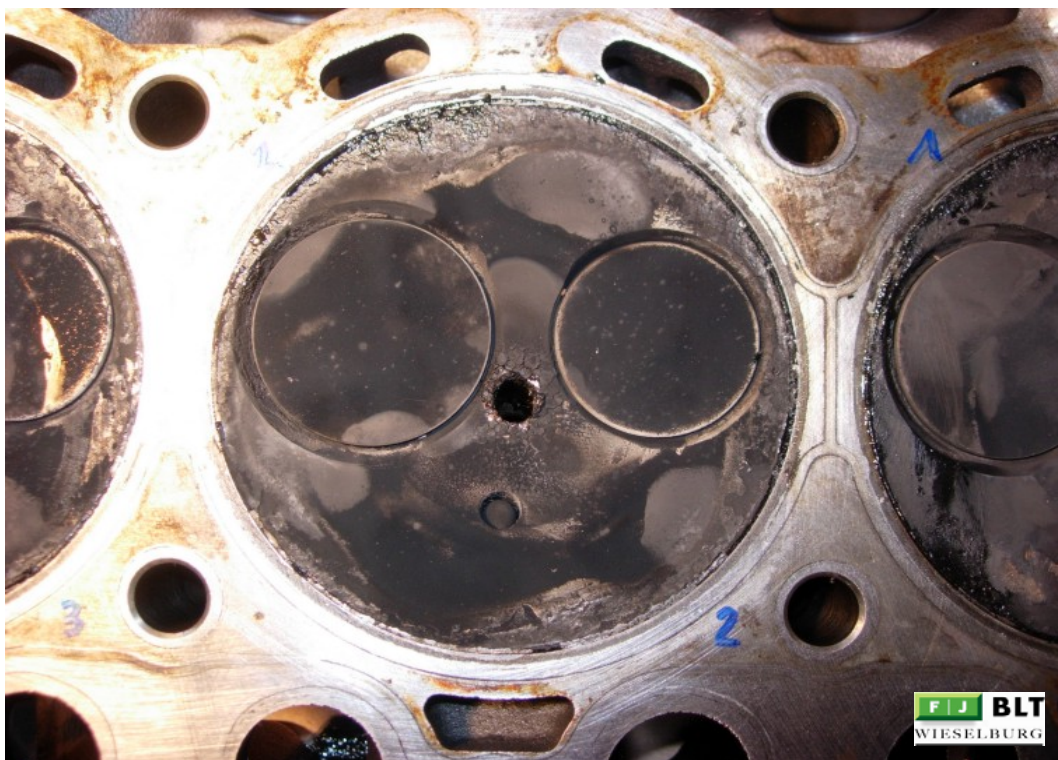


Abbildung 33: 29-NÖ Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen Belag versehen, welcher in den Randbereichen und rund um die Düsendurchführung in eine geringe Kruste überging.



Abbildung 34: 29-NÖ Einlass- und Auslassventile

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer massiven Belagskruste mittlerer Stärke versehen. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen, russartigen Film bedeckt. Die Ein- und Auslasskanäle waren geringfügig belegt.

Der Feuerstegbereich war klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen, bis teilweise grauen Belagsfilm versehen. Dieser Belag verstärkte sich im Randbereich stellenweise bis zu einer Belagskruste. In der Kolbenmulde war ebenfalls eine geringe Verkrustung ersichtlich. Das Spritzbild war jeweils deutlich sichtbar.

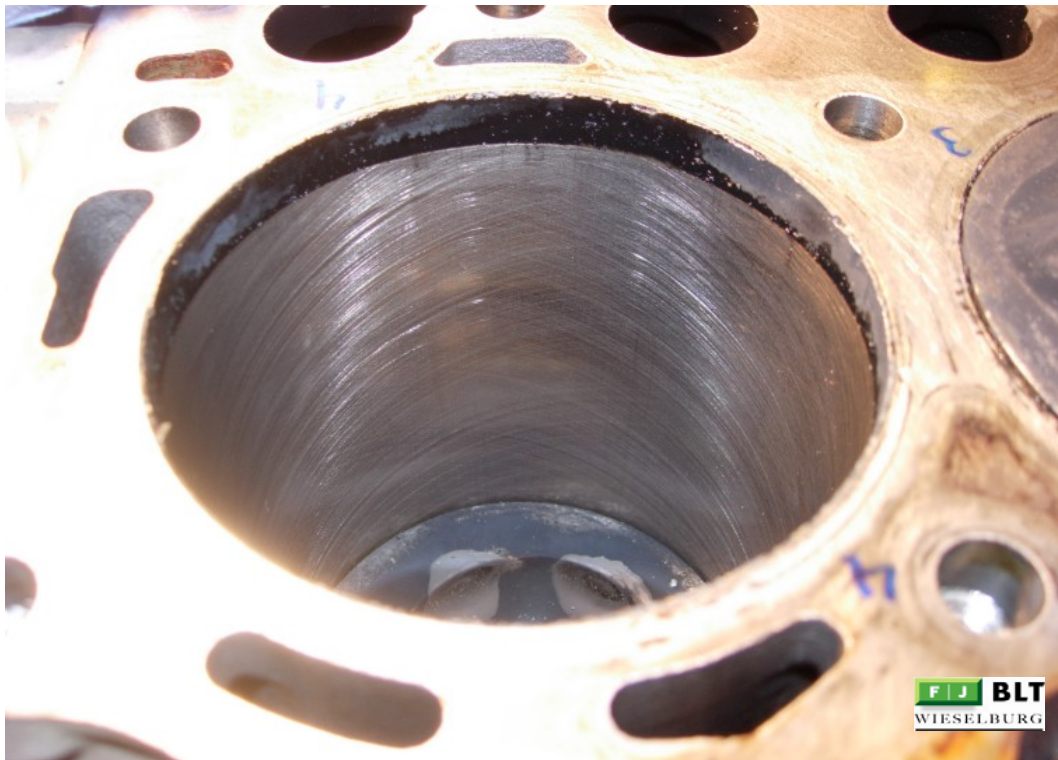


Abbildung 35: 29-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 36: 29-NÖ Kolbenboden



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt Farmer 308 C wurde im Dezember 2005 bei einer bisherigen Laufleistung von 488 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1-Tank-System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 1.479 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Der Traktor Fendt Farmer 308 C ist mit einer Turbokupplung ausgestattet. Laut Bedienungsanleitung darf diese Turbokupplung unter 1500 U/min keiner Dauerbelastung ausgesetzt werden. Bei der Leistungsmessung zu Versuchsbeginn trat bei nur kurzer Belastung in diesem Drehzahlbereich ein Kupplungsschaden auf. Deshalb wurde in der Folge auf Leistungs- und Emissionsmessungen verzichtet.

Die Änderungen der Viskosität bei 40°C zeigten bis auf Intervall 4 einen sehr ähnlichen Verlauf. Die maximalen Abnahmen der Viskosität bei 40°C lagen bei ca. 13%, bei Intervall 4 bei knapp 20%. Ein ähnliches Bild wurde bei den Viskositätsergebnissen bei 100°C beobachtet. Bis auf einen Ausreißer im Intervall 4 waren die Verlaufskurven deckungsgleich. Die maximale Viskositätsabnahme lag 9%. Bei den TBN-Analysenwerten wurde über die Laufzeit praktisch keine Veränderung festgestellt. Die Untersuchungsergebnisse bei den Parametern Rapsöl- und Russgehalt sowie den Verschleißelementen lagen bei allen Parametern im unbedenklichen Bereich.

Bei den untersuchten Lagertankproben wurde beinahe durchgehend der Grenzwert beim Parameter Wassergehalt überschritten. Beim Parameter Gesamtverschmutzung wurde eine Überschreitung festgestellt. Der Grenzwert der Oxidationsstabilität wurde zweimal unterschritten. Die Überschreitungen des Wassergehaltsgrenzwertes bei den Traktortankproben bestätigten die bereits im Lagertank detektierten Ergebnisse. Bei der ersten gezogenen Traktortankprobe wurde der Grenzwert der Gesamtverschmutzung deutlich überschritten. Der Dieselkraftstoffanteil lag bei der gezogenen Winterprobe erklärbar hoch bei 21%. In den restlichen Kraftstoffproben wurden nur geringe bis gar keine Dieselanteile festgestellt.



Bei der Enduntersuchung konnte eine Verbesserung des Kompressionsdruckes festgestellt werden. Die Messung des Druckverlustes im Brennraum zeigte einen normalen Zustand. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen ist geringfügig gesunken. Der Schaft der Einspritzdüsen wies teilweise einen massiven krustenartigen Belag auf. Die Düsen spitzen waren ebenfalls verkrustet, die Düsenlöcher waren alle frei.

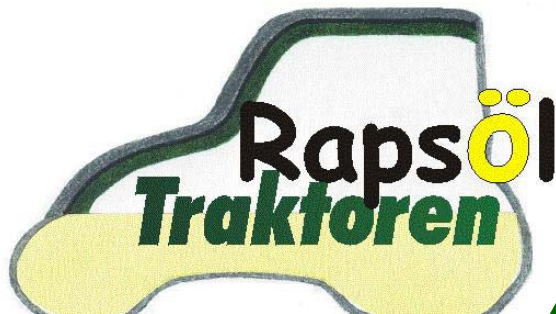
Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen Belag versehen, welcher in den Randbereichen und rund um die Düsendurchführung in eine geringe Kruste überging. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer Belagskruste mittlerer Stärke versehen. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen, rissartigen Film bedeckt. Die Ein- und Auslasskanäle waren geringfügig belegt.

Der Feuerstegbereich war klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen, bis teilweise grauen Belagsfilm versehen. Dieser Belag verstärkte sich im Randbereich stellenweise bis zu einer Belagskruste. In der Kolbenmulde war ebenfalls eine geringe Verkrustung ersichtlich. Das Spritzbild war jeweils deutlich sichtbar.



30-NÖ

30-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Steyr 9145 A
Umrüstung:	Februar 2006
Umrüttlösung:	Elsbett 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.165 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Steyr 9145 A
Motortype	WD 620.83
Erstmalige Zulassung	27.11.2001
Motorhersteller	SISU Diesel
Motor Nr.	L 16 634
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	20 Liter
Nennleistung	110,2 kW
Nenn Drehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	6.596 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 120 mm
Verdichtungsverhältnis	16,5:1
Einspritzpumpe	Bosch Reiheneinspritzpumpe A-PES
Einspritzdruck	230 + 10 bar Öffnungsdruck
Kraftstofftank	219 Liter
Eigengewicht	5.425 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Februar 2006
bei TMh	2.146
Enduntersuchung	Februar 2008
bei TMh	3.311

Umrüstung

Umrüstsystem	Elsbett Zweitanksystem
Umrüster	Lagerhaus Hollabrunn

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 Messung waren die Leistungskurven beinahe ident. Da es über die Laufzeit keine Änderung hinsichtlich der Leistung gab, wurde auch bei Versuchsende dasselbe Verhältnis der Leistungskurven der beiden Kraftstoffe zueinander festgestellt. Der Kraftstoffverbrauch nahm über die Projektlaufzeit bei Dieseltrieb leicht zu, bei Rapsölbetrieb blieb der Verbrauch beinahe konstant.

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

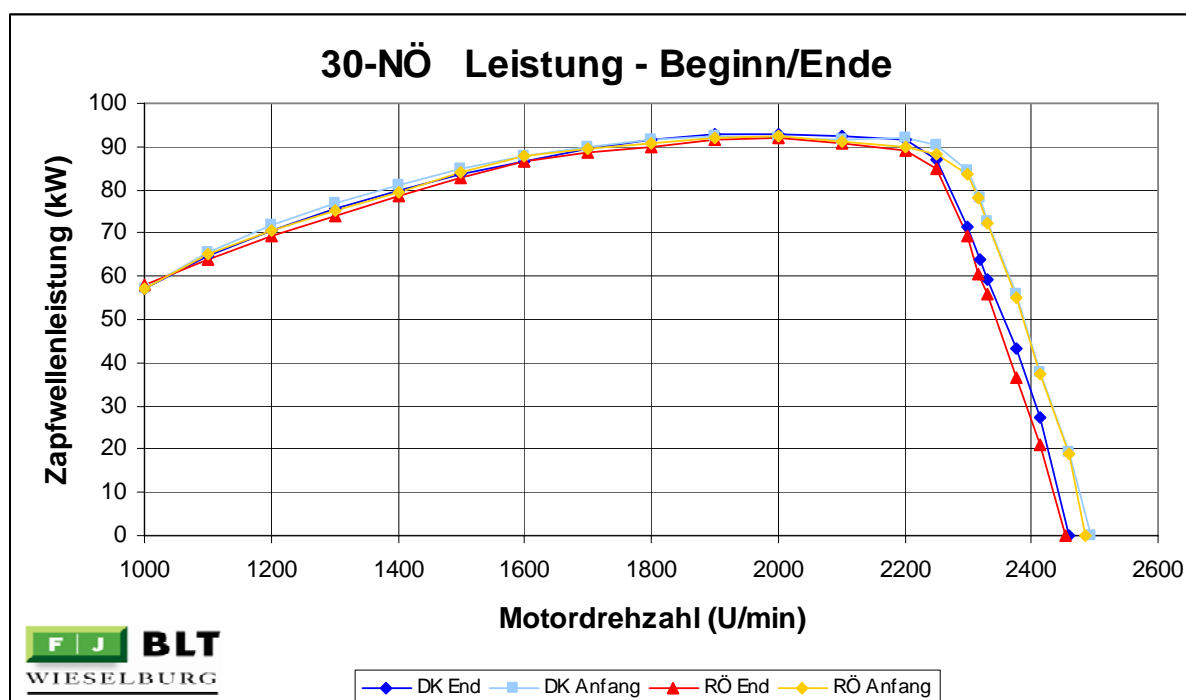


Abbildung 37: 30-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

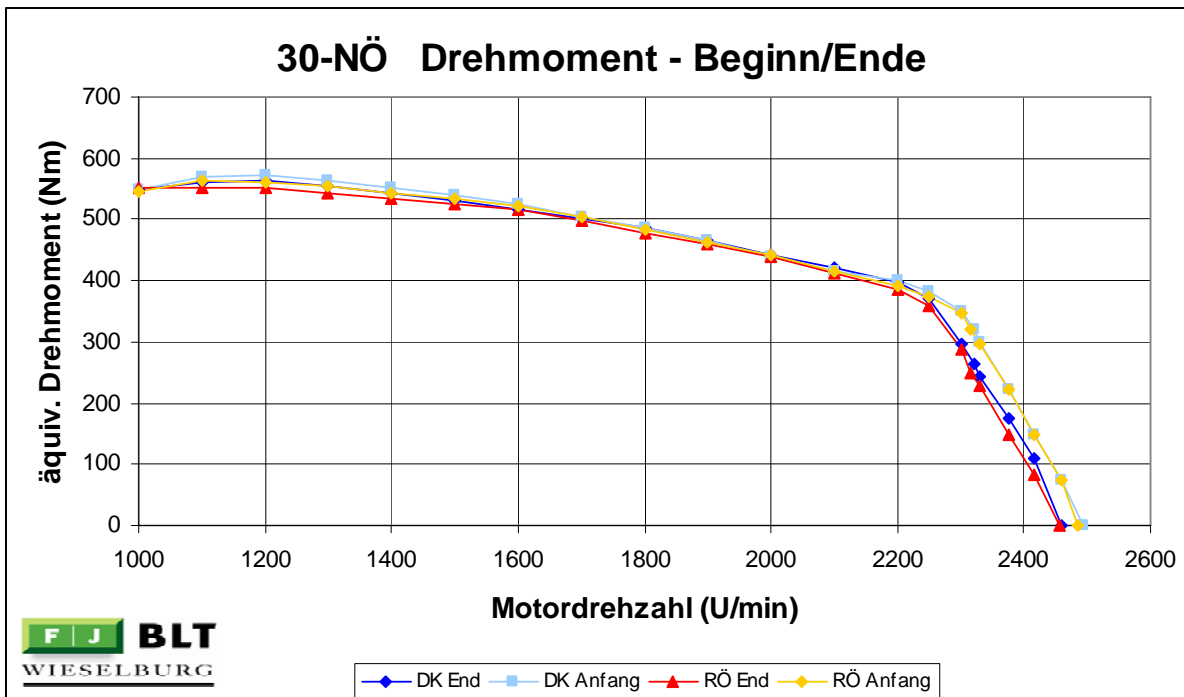


Abbildung 38: 30-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

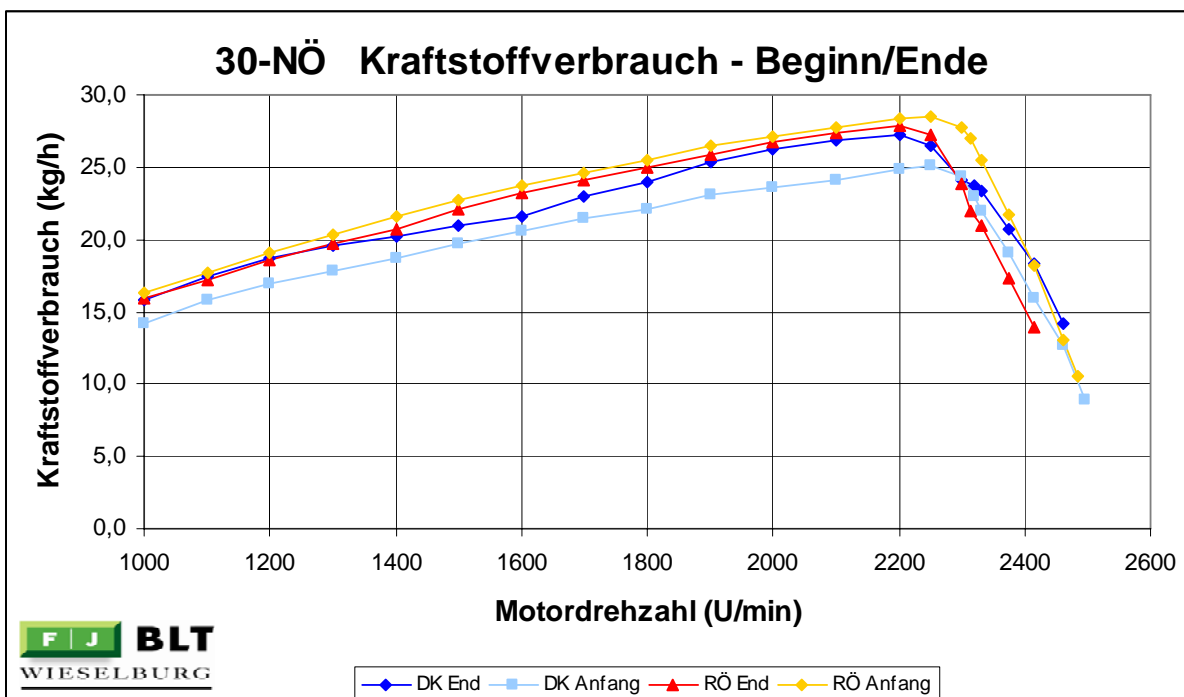


Abbildung 39: 30-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

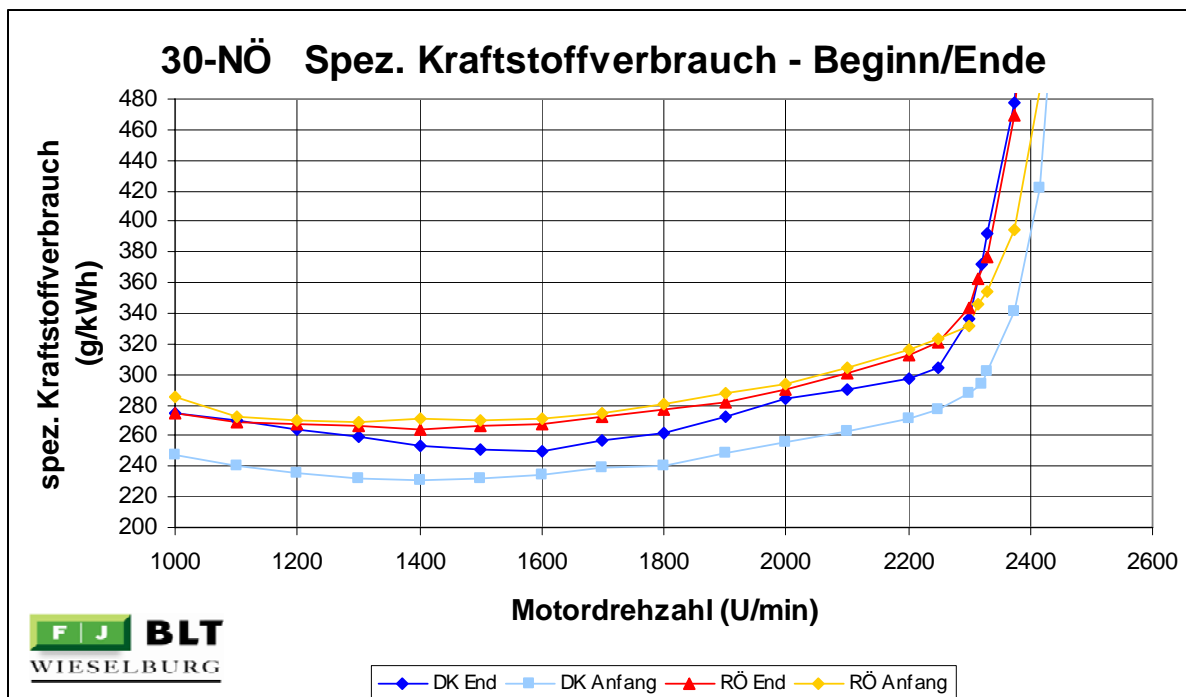


Abbildung 40: 30-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden ebenfalls im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende gemessen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment. Es konnte bei Versuchsende ein geringer Anstieg verzeichnet werden.

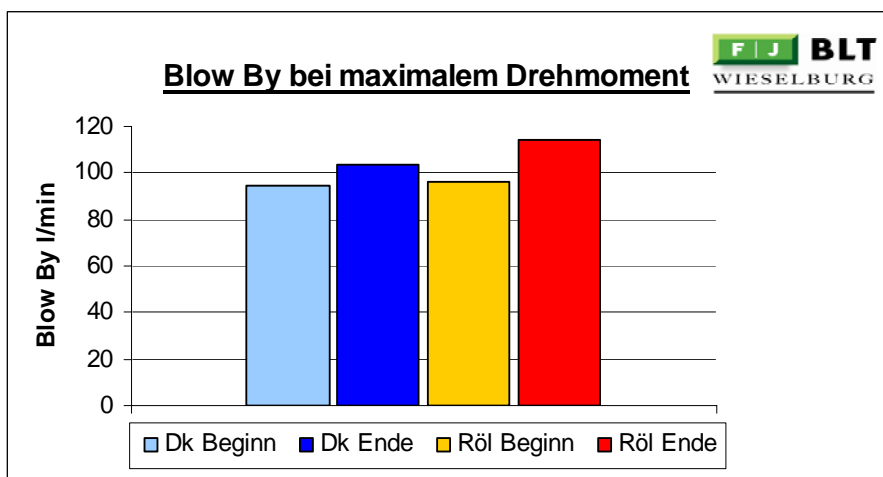


Abbildung 41: 30-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenwasserstoffemissionen waren bei Dieselbetrieb deutlich höher als bei Rapsölbetrieb. Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei der Anfangsuntersuchung bei Rapsölbetrieb etwas geringer als bei Dieselbetrieb; bei Versuchsende war das Verhältnis umgekehrt. Die NO_x-Emissionen waren bei der Anfangsuntersuchung bei beiden Kraftstoffen in ähnlicher Größe, bei der Enduntersuchung waren die entsprechenden Werte bei Dieselbetrieb drastisch höher als bei Rapsölbetrieb.

Tabelle 12: 30-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	15.03.2006	04.02.2008	14.03.2006	06.02.2008
CO	3,37	3,38	3,49	2,24
HC	0,37	0,35	1,16	1,22
NO _x	21,27	17,98	21,70	23,64

Partikelmessung

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

Tabelle 13: 30-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	2. Messung	Datum
RÖ	0,452	0,431	04.02.2008
DK	0,311	0,313	06.02.2008

Bei Rapsölbetrieb wurden knapp 50% höhere Partikelemissionen als bei Dieselbetrieb festgestellt. Sie waren somit die höchsten im Rahmen des Projekts gemessenen Werte.

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 250 Betriebsstunden, diese Werte wurden auf Empfehlung des Umrüsters beibehalten.

Während der Projektlaufzeit wurden vier Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 264 TMh, sowie ein Intervall (letztes angefangenes) zu 82 TMh untersucht. Von 26 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT 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. Insgesamt wurden 19% der alle 50 TMh zu ziehenden Proben 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%.

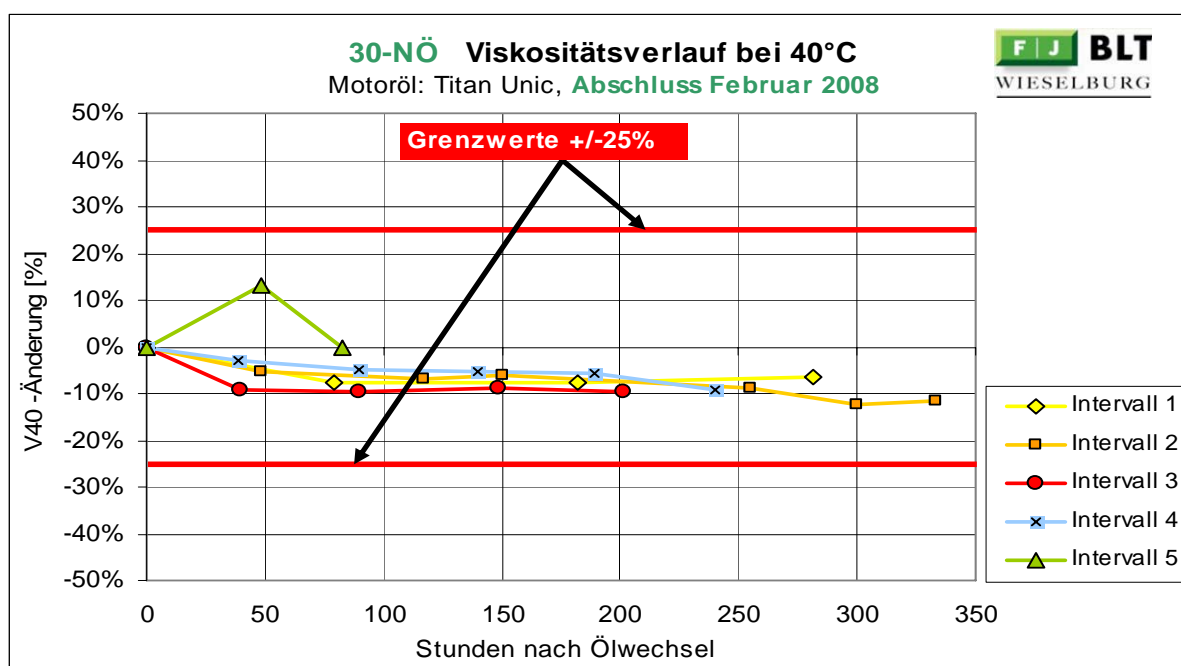


Abbildung 42: 30-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsverläufe waren bis auf einen Ausreißer im Intervall 5 sowohl bei 40°C als auch bei 100°C sehr gleichmäßig. Die maximalen Abnahmen lagen bei rund 10%.

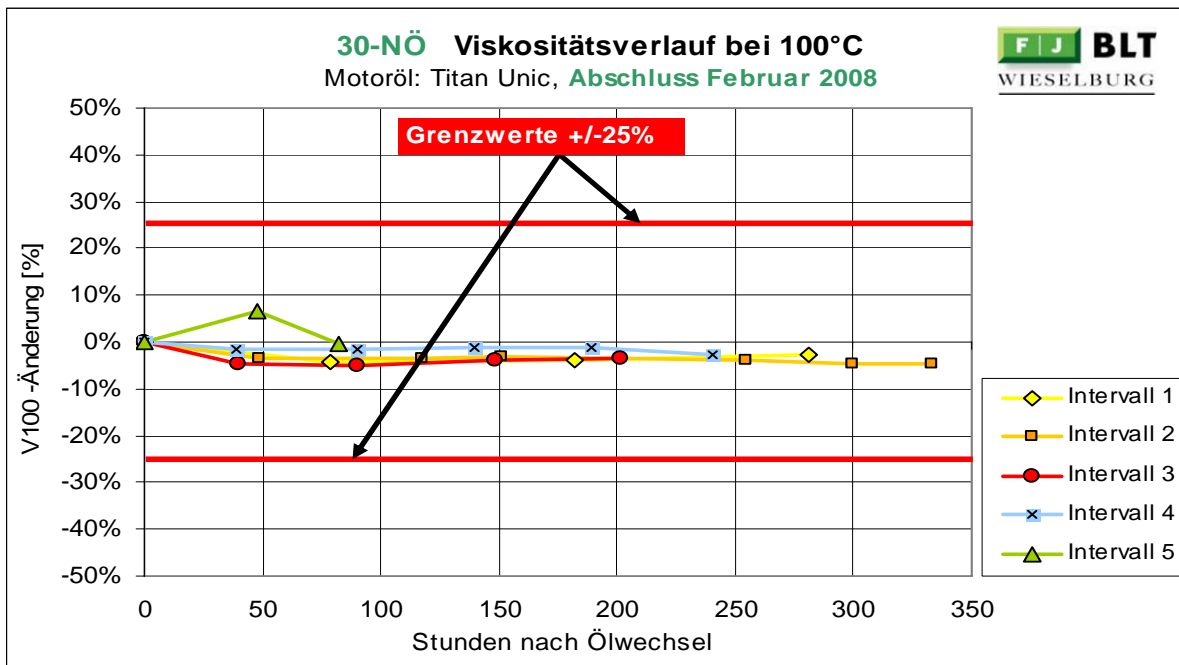


Abbildung 43: 30-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

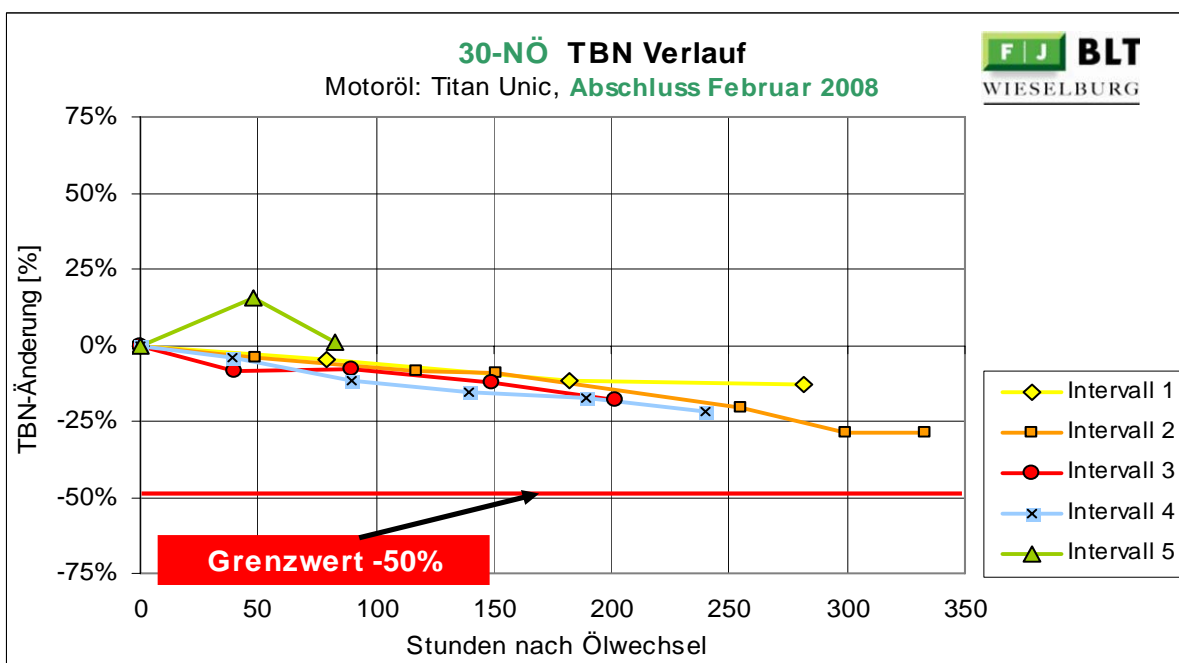


Abbildung 44: 30-NÖ Änderung der Total Base Number

Die maximale Abnahme der TBN-Ergebnisse lag im Bereich von 27%. Die Werte der untersuchten Intervalle waren nahezu deckungsgleich.



Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 10 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie den Gehalt an Verschleißelementen untersucht wurden.

Die analysierten Verschleißelemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom zeigten keine Überschreitungen der Grenzwerte der Verschleißgeschwindigkeit, lediglich der Bleieintrag war absolut gesehen zu hoch.

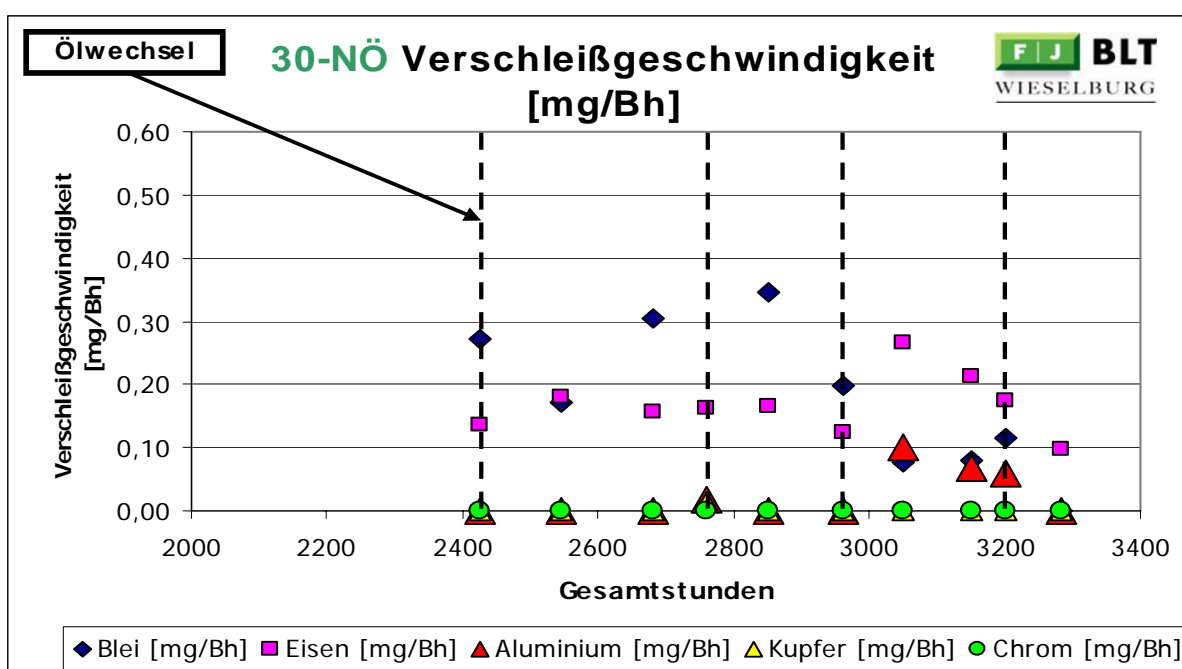


Abbildung 45: 30-NÖ Verschleißgeschwindigkeit

Der für den Russgehalt festgelegte Grenzwert von maximal 3% wurde deutlich unterschritten. Die Werte des Rasölgehaltes waren durchwegs hoch. Beim letzten Intervall wurde der festgesetzte Grenzwert von 15% überschritten.

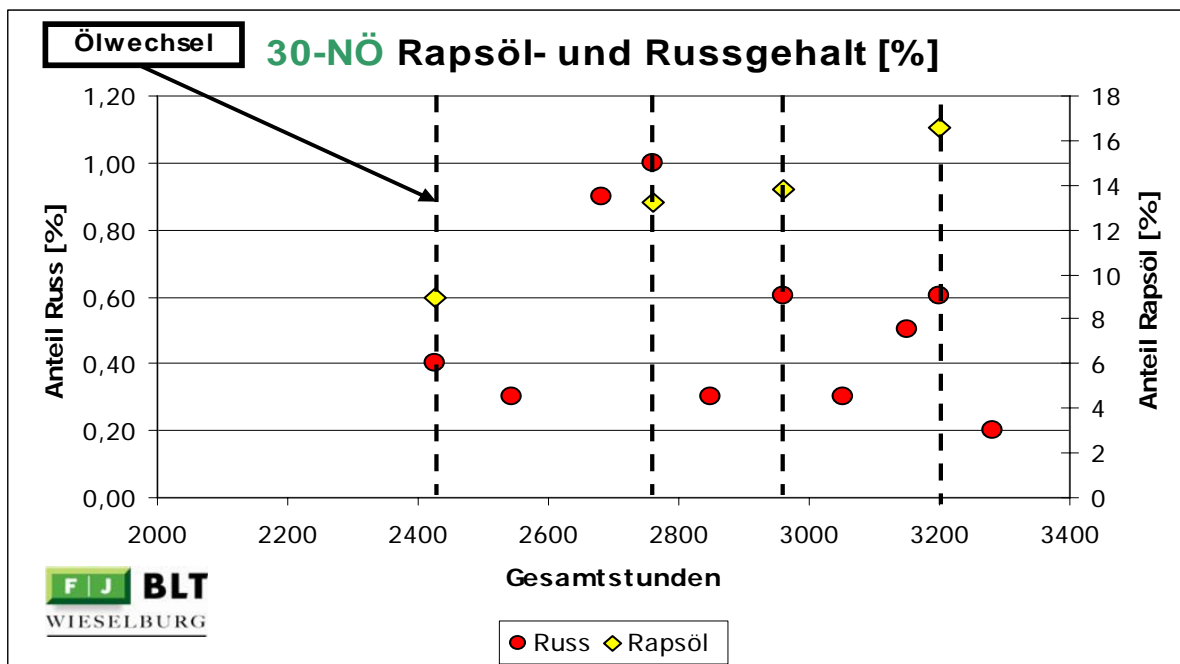


Abbildung 46: 30-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Die meisten physikalisch-chemischen Parameter der untersuchten Proben sind als unauffällig einzustufen. Auffällig ist der recht hohe Kraftstoffeintrag, der in einem Fall den festgelegten Grenzwert von 15% überschreitet. Ebenso kommt es insbesondere bei Blei bei einigen Proben zu einer erheblichen Überschreitung des festgelegten Grenzwertes von 10 Milligramm je Kilogramm, im extremsten Fall um mehr als das 30-fache des Grenzwertes.

3. Kraftstoffqualität

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der hauseigenen Ölmühle. Insgesamt wurden jeweils fünf Proben aus dem Lager- und dem Traktortank entnommen. 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 dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht der Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Der Grenzwert des Parameters Gesamtverschmutzung wurde mehrmals überschritten. Jeweils einmal wurde der Grenzwert bei den Parametern Neutralisationszahl und Wassergehalt nicht eingehalten. Die Ergebnisse der Oxidationsstabilität lagen dreimal unter dem geforderten Mindestwert.

Tabelle 14: 30-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-%]
06.03.2006	916	34,70	25,60	1,71	6,52	5,96	0,059
12.07.2006	919	33,08	10,35	2,06	4,65	6,11	0,072
14.02.2007	920	34,76	14,85	0,95	6,77	4,43	0,073
24.05.2007	920	34,79	29,70	0,90	1,98	6,02	0,076
30.07.2007	920	34,75	39,32	1,65	2,60	7,09	0,054

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Die zweimalige Unterschreitung des Toleranzbereiches der Dichte war auf einen höheren Dieselanteil zurückzuführen, welcher durch Spülvorgänge und als Lecköl bei Dieselmotorbetrieb systembedingt in den Rapsöltank gelangte. Der Dieselanteil betrug bei den gemessenen Proben bis zu 40%. Einmal wurde der Grenzwert des Parameters Gesamtverschmutzung überschritten.

Tabelle 15: 30-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 [%]
15.03.2006	905	23,79	10,80	1,59	3,74	0,044	16
12.07.2006	895	15,77	20,28	1,48	5,06	0,059	31
14.02.2007	908	21,90	12,53	0,81	3,33	0,055	14
24.05.2007	886	12,31	16,16	0,64	2,54	0,059	40
30.07.2007	918	32,88	27,50	1,65	4,60	0,056	3



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 eineinhalb Jahren 1.094 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 8.345 Liter Rapsöl und 2.089 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 9,54 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit 2-Tank-System Umrüstung bei 20%. Der Traktor wurde überwiegend im schweren Lastbereich eingesetzt. Das Traktortagebuch wurde nicht vollständig geführt, die Auswertungen beruhen auf Eintragungen von 103 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: 30 Steyr 9145



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 24. Mär. 06 bei TMh: 2174,7
 Letzter Eintrag 03. Dez. 07 bei TMh: 3268,6 TMh lt. Traktortagebuch **1093,9**

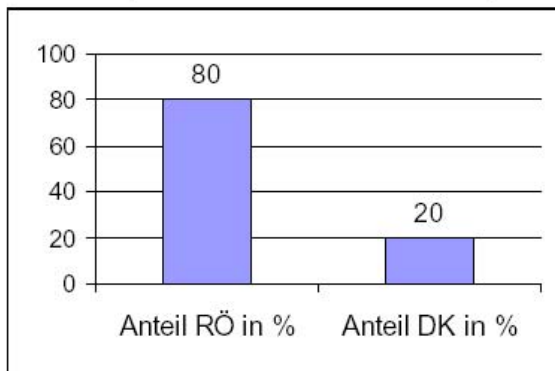
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 103

Tankmengen:

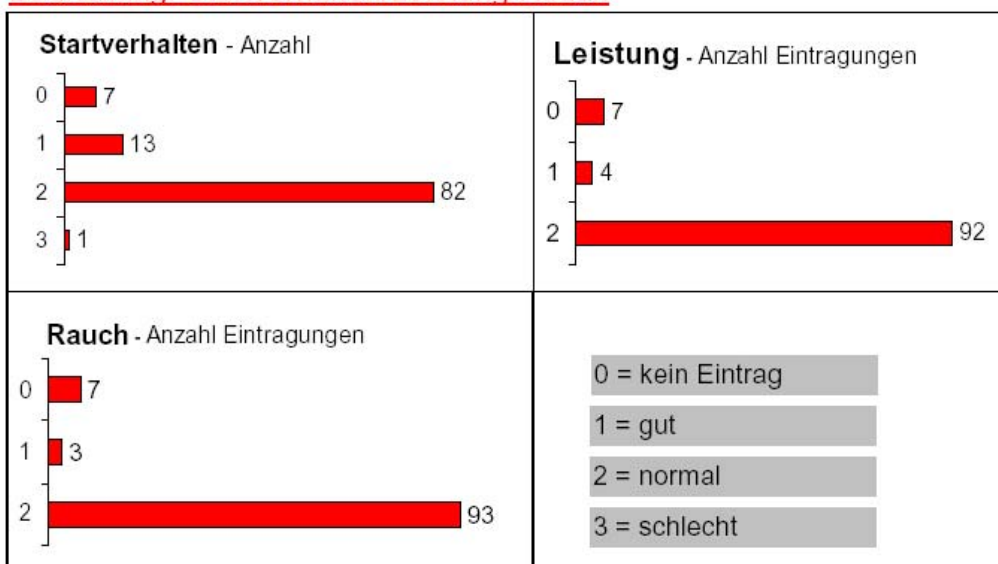
Diesel in l: 2089
 Rapsöl in l: 8345

durchschnittlicher Verbrauch/h:

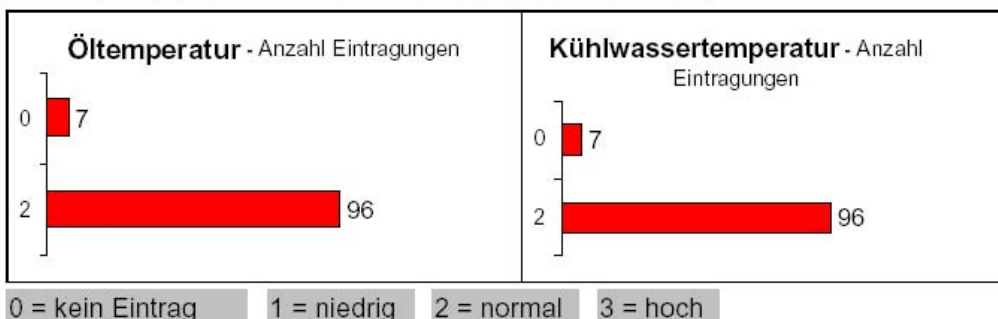
9,54



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



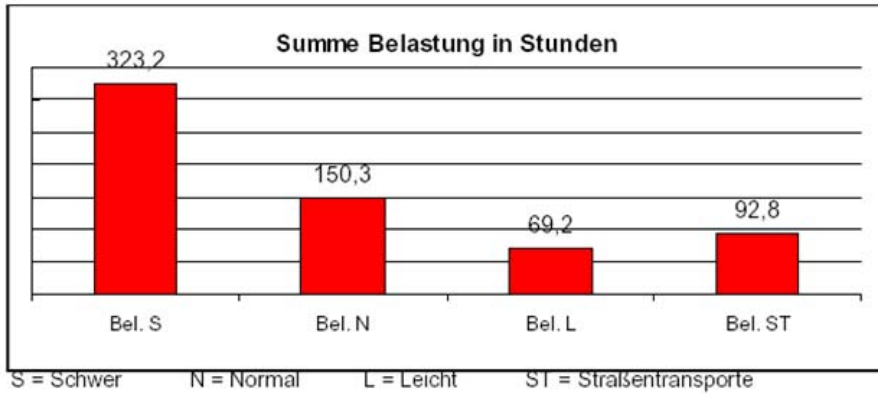


Traktortagebuch

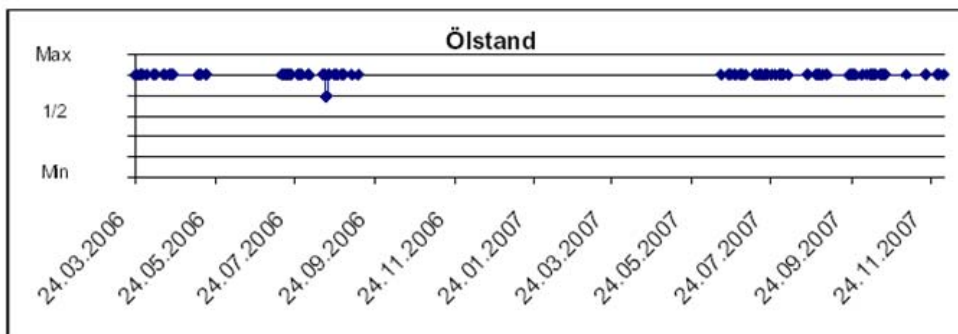
Fahrzeug: 30 Steyr 9145



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf





5. Dokumentationen 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

Die im Zuge der Anfangsuntersuchung untersuchte Düse 6 war defekt und wurde erneuert.

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte keine nennenswerten Unterschiede. Die Druckverlustmessung im Brennraum lag im Normalbereich, lediglich Zylinder 6 zeigte einen etwas erhöhten Wert. Der Düsenöffnungsdruck sank um bis zu 25 bar.

Tabelle 16: 30-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	26	28	27	11	245	235	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	23	26	34	22	250	230	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	24	24	25	30	250	225	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	24	26	16	4	250	230	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	24	28	30	6	255	230	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	22	20	34	50	245	240	defekt	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Einspritzdüsen waren hauptsächlich an der Düsen Spitze belegt. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 47: 30-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feuchten Belag versehen, welcher in den Randbereichen teilweise in eine Belagskruste überging.



Abbildung 48: 30-NÖ Zylinderkopf



Abbildung 49: 30-NÖ Auslass- und Einlassventil

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich mit einer schwarzen, feucht aussehenden Kruste versehen. Im Einlasskanal wurde ebenfalls eine geringe Belagskruste festgestellt werden. Die Auslasskanäle waren mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigten keine Verkrustung. Die Auslassventile der Zylinder 2 und 5 waren beim Öffnen schwergängig. An den Ventilsitzen von Zylinder 2 und 6 waren Russeinschläge ersichtlich.

Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, trockenen Belag versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar.

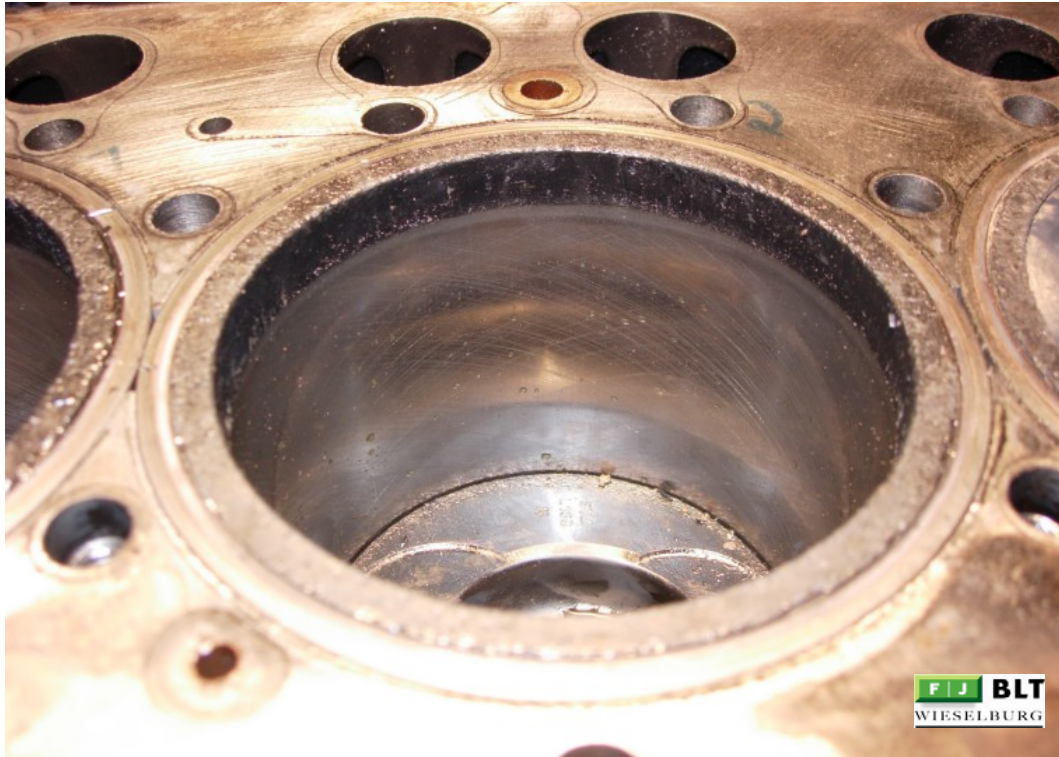


Abbildung 50: 30-NÖ Zylinderlaufbüchse

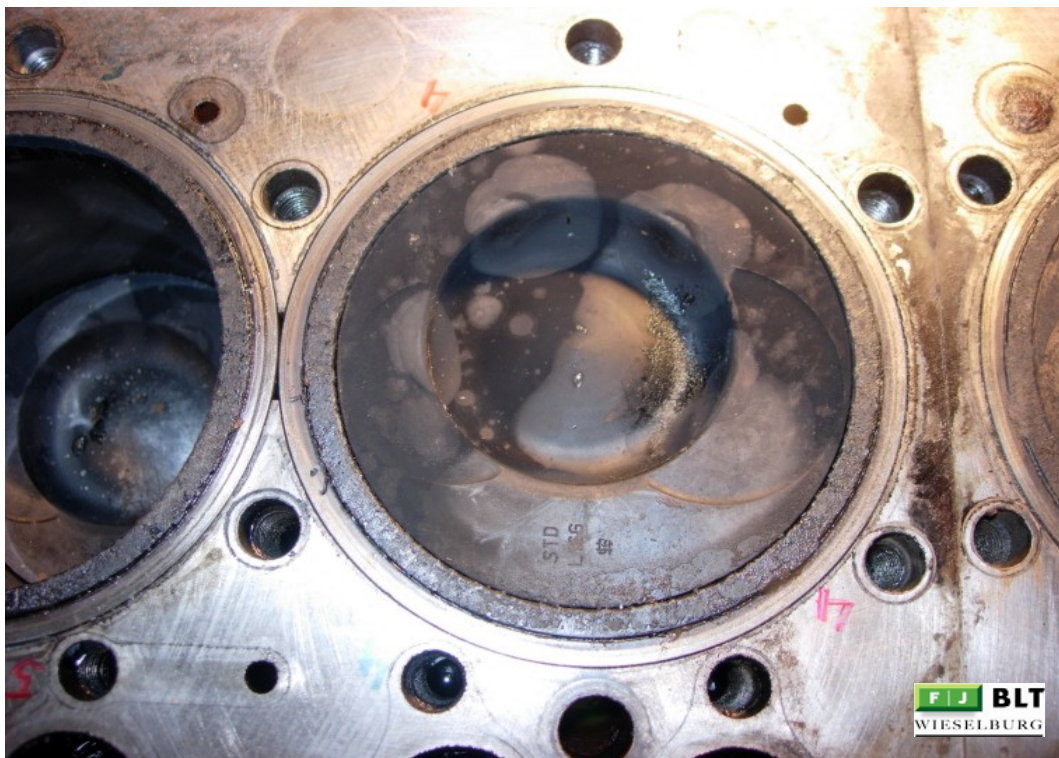


Abbildung 51: 30-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem grau-schwarzen, trockenen Belagsfilm überzogen. Stellenweise war örtlich begrenzt eine geringfügige Kruste ersichtlich. Das Spritzbild war ebenfalls teilweise ersichtlich.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Steyr 9145 A wurde im Februar 2006 bei einer bisherigen Laufleistung von 2.146 Traktormeterstunden im Lagerhaus Hollabrunn auf ein Elsbett 2-Tank-System umgerüstet. Im Zuge der Umrüstung wurde die Stanadyne Einspritzpumpe gegen eine Bosch Reiheneinspritzpumpe getauscht. Der Traktor wurde insgesamt 1.165 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Während des Versuchszeitraumes wurden vom Betreiber keine Störungen gemeldet.

Die Leistungskurve war bereits zu Versuchsbeginn bei Dieselbetrieb beinahe mit jener bei Rapsölbetrieb identisch. Über die Laufzeit veränderten sich die Kurven kaum, sodass auch zu Versuchsende dasselbe Bild festgehalten werden konnte. Der Kraftstoffverbrauch stieg bei Dieselbetrieb leicht an, bei Rapsölbetrieb blieb er nahezu konstant.

Die Kohlenwasserstoffemissionen waren bei Dieselbetrieb deutlich höher als bei Rapsölbetrieb. Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei der Anfangsuntersuchung bei Rapsölbetrieb etwas geringer als bei Dieselbetrieb; bei Versuchsende war das Verhältnis umgekehrt. Die NO_x-Emissionen waren bei der Anfangsuntersuchung bei beiden Kraftstoffen in ähnlicher Größe, bei der Enduntersuchung waren die entsprechenden Werte bei Dieselbetrieb drastisch höher als bei Rapsölbetrieb. Bei Rapsölbetrieb wurden knapp 50% höhere Partikelemissionen als bei Dieselbetrieb festgestellt. Sie waren somit die höchsten im Rahmen des Projekts gemessenen Werte.

Die Viskositätsverläufe waren bis auf einen Ausreißer im Intervall 5 sowohl bei 40°C als auch bei 100°C sehr gleichmäßig. Die maximalen Abnahmen lagen bei rund 10%. Die maximale Abnahme der TBN-Ergebnisse lag im Bereich von 27%. Die Werte der untersuchten Intervalle waren nahezu deckungsgleich. Die analysierten Verschleißelemente Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom zeigten keine Überschreitungen der Grenzwerte der Verschleißgeschwindigkeit, lediglich der Bleieintrag war absolut gesehen zu hoch. Der für den Russgehalt festgelegte



Grenzwert von maximal 3% wurde deutlich unterschritten. Die Werte des Rasölgehaltes waren durchwegs hoch. Beim letzten Intervall wurde der festgesetzte Grenzwert von 15% überschritten.

Bei den Lagertankproben wurde beinahe durchgehend der Grenzwert für den Parameter Gesamtverschmutzung überschritten. Weiters wurde jeweils eine Überschreitung der Neutralisationszahl- und Wassergehaltsgrenzwerte festgestellt. Aufgrund des höheren Dieselanteils bei den Traktortankproben wurde im Vergleich zu den entsprechenden Lagertankproben eine allgemeine Verbesserung der Qualität beobachtet.

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte keine nennenswerten Unterschiede. Die Druckverlustmessung im Brennraum lag im Normalbereich, lediglich Zylinder 6 zeigte einen etwas erhöhten Wert. Der Düsenöffnungsdruck sank um bis zu 25 bar. Die Einspritzdüsen waren hauptsächlich an der Düsen Spitze belegt. Die Düsenlöcher waren allesamt frei. Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feuchten Belag versehen, welcher in den Randbereichen teilweise in eine Belagskruste überging. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich mit einer schwarzen, feucht aussehenden Kruste versehen. Im Einlasskanal wurde ebenfalls eine geringe Belagskruste festgestellt. Die Auslasskanäle waren mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigten keine Verkrustung. Die Auslassventile der Zylinder 2 und 5 waren beim Öffnen schwergängig. An den Ventilsitzen von Zylinder 2 und 6 waren Russeinschläge ersichtlich.

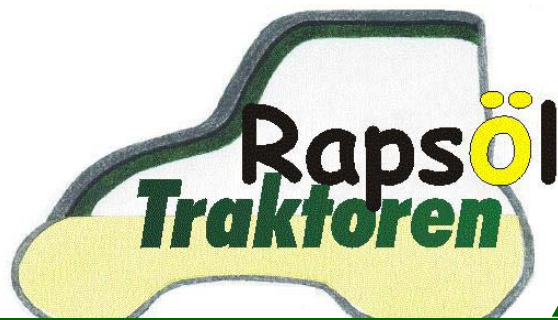
Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, trockenen Belag versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem grau-schwarzen, trockenen Belagsfilm überzogen. Stellenweise war örtlich begrenzt eine geringfügige Kruste ersichtlich. Das Spritzbild war ebenfalls teilweise ersichtlich.





31-NÖ

31-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Steyr 6190 CVT
Umrüstung:	Februar 2006
Umrüttlösung:	Elsbett 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.426 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Steyr 6190 CVT
Motortype	WD 620.99
Erstmalige Zulassung	08.03.2005
Motorhersteller	SISU Diesel
Motor Nr.	P 14320
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	15 Liter
Nennleistung	141 kW
Nenn Drehzahl	2100 min ⁻¹
Hubraum	6596 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 120 mm
Verdichtungsverhältnis	18,5:1
Einspritzpumpe	Bosch VP 30
Einspritzdruck	270 + 10bar (Öffnungsdruck)
Kraftstofftank	309 Liter
Eigengewicht	6.800 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Februar 2006
bei TMh	604
Enduntersuchung	Februar 2008
bei TMh	2030

Umrüstung

Umrüstsystem	Elsbett Zweitanksystem
Umrüster	Lagerhaus Hollabrunn



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 der Versuchsmessungen konnte bei Dieselbetrieb dieselbe Leistung wie bei Rapsöl festgestellt werden. Über die Laufzeit kam es bei beiden Kraftstoffen zu einer massiven Leistungsabnahme, die auf eine defekte Einspritzpumpe zurückzuführen war.

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

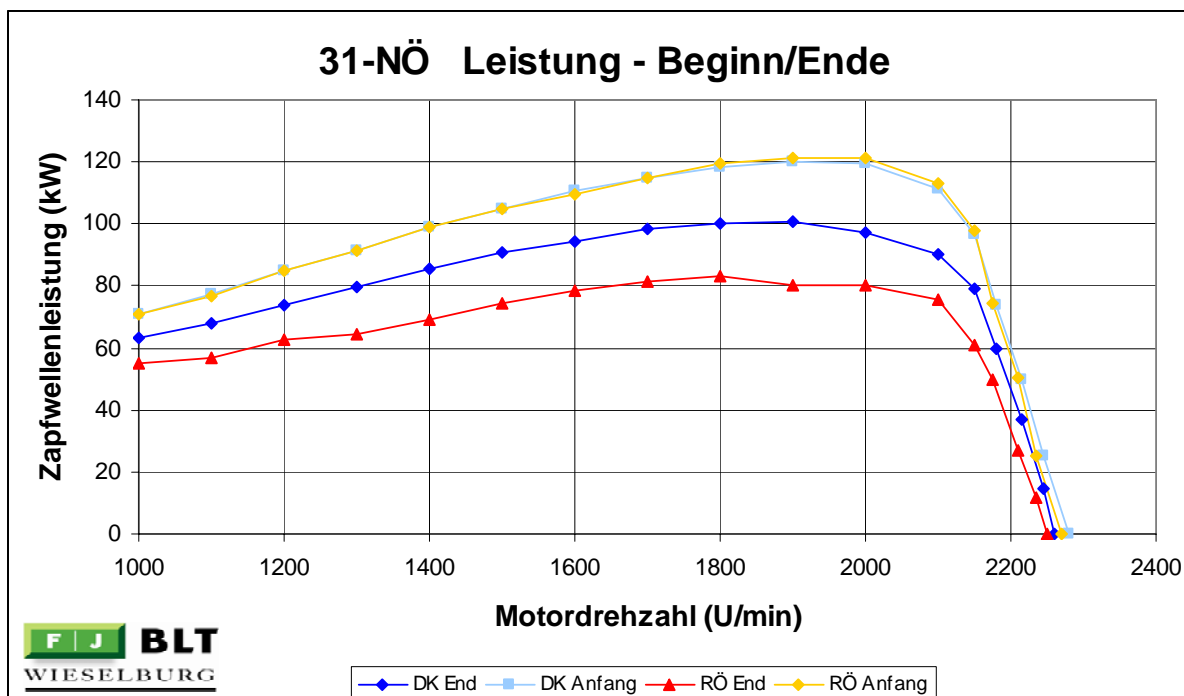


Abbildung 52: 31-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

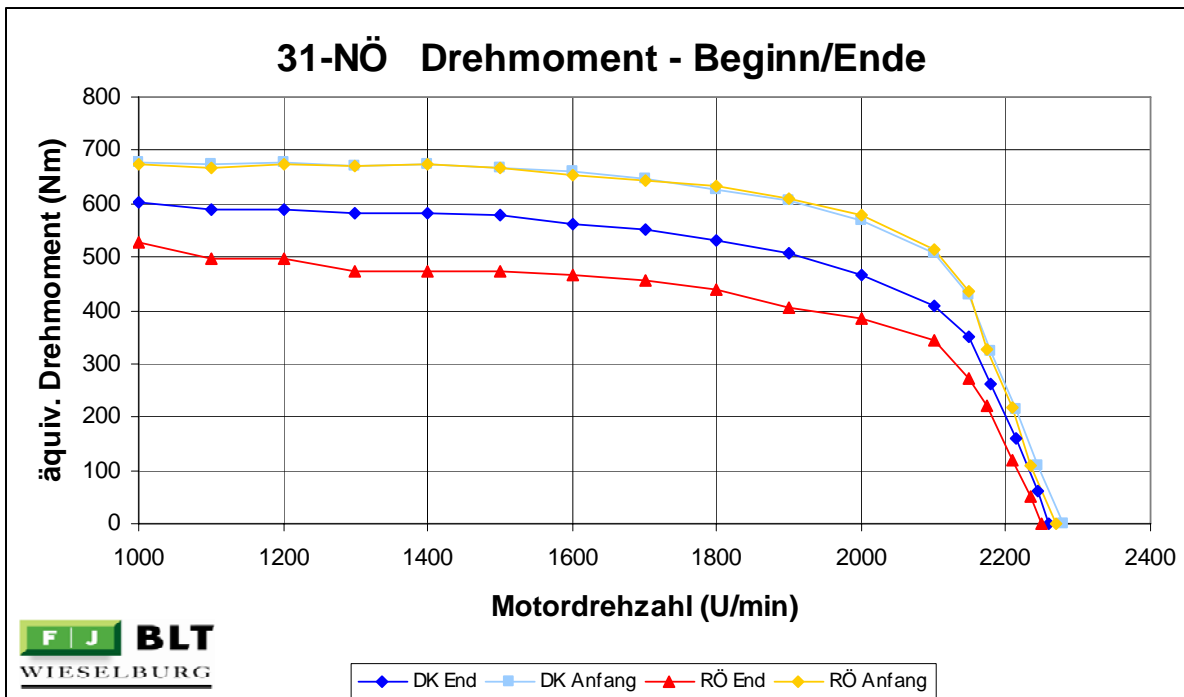


Abbildung 53: 31-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

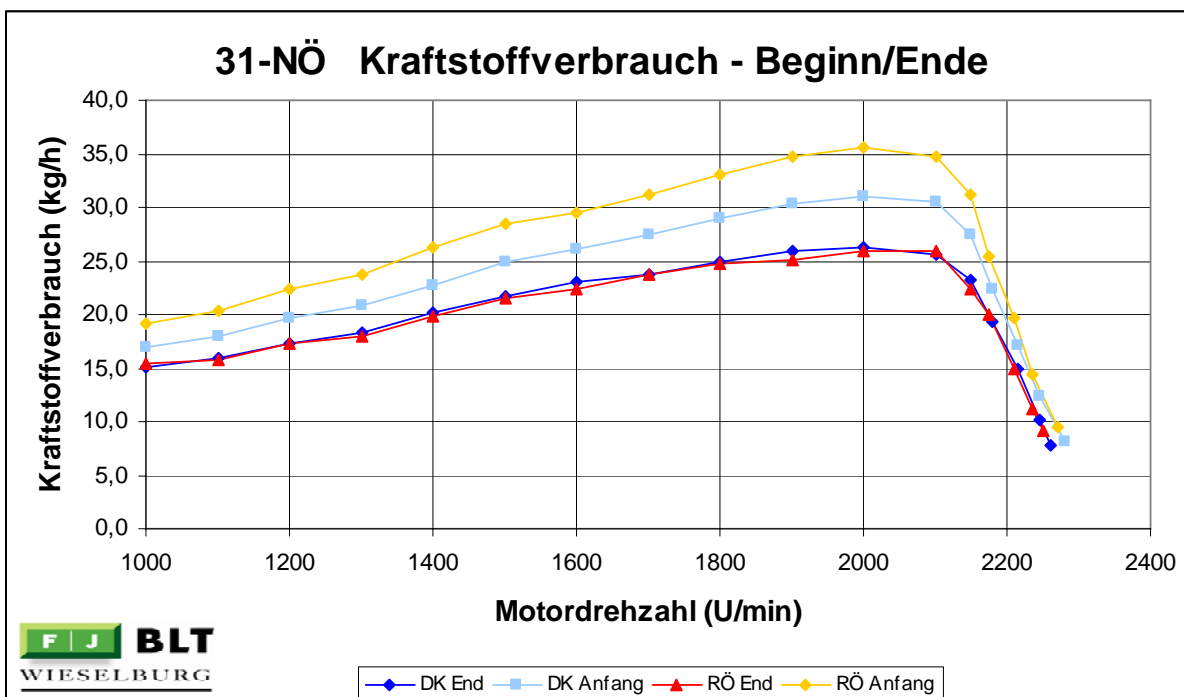


Abbildung 54: 31-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

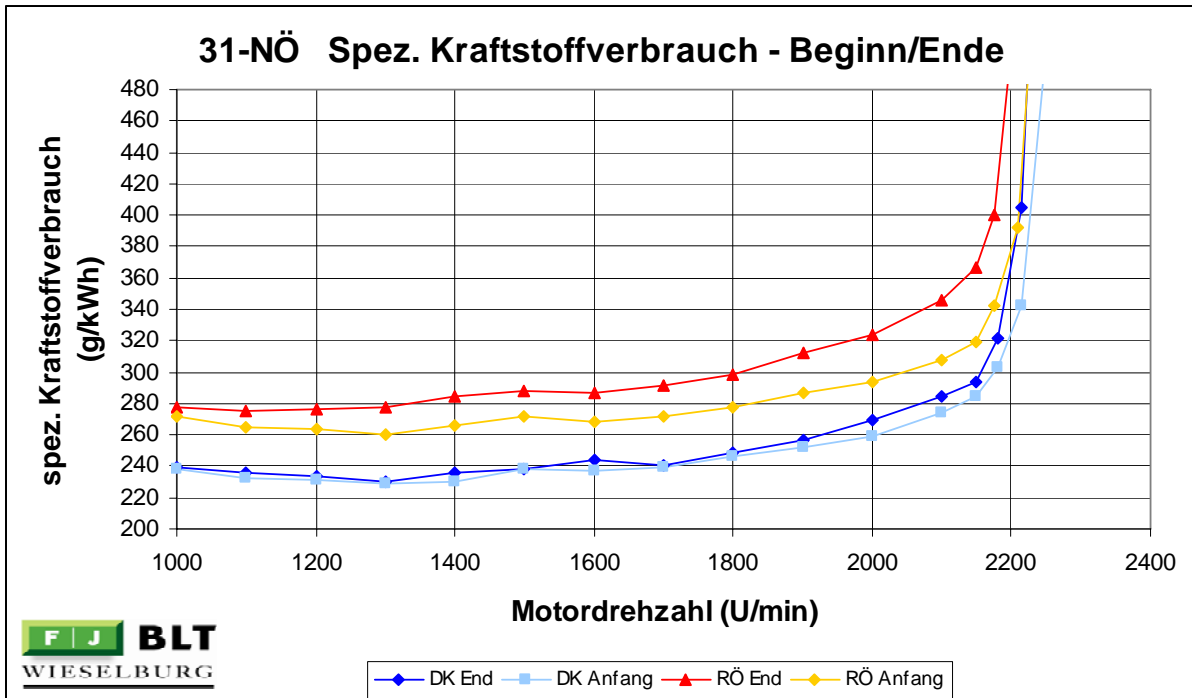


Abbildung 55: 31-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

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 Versuchende wurde ein geringer Anstieg im Vergleich zur Anfangsuntersuchung beobachtet.

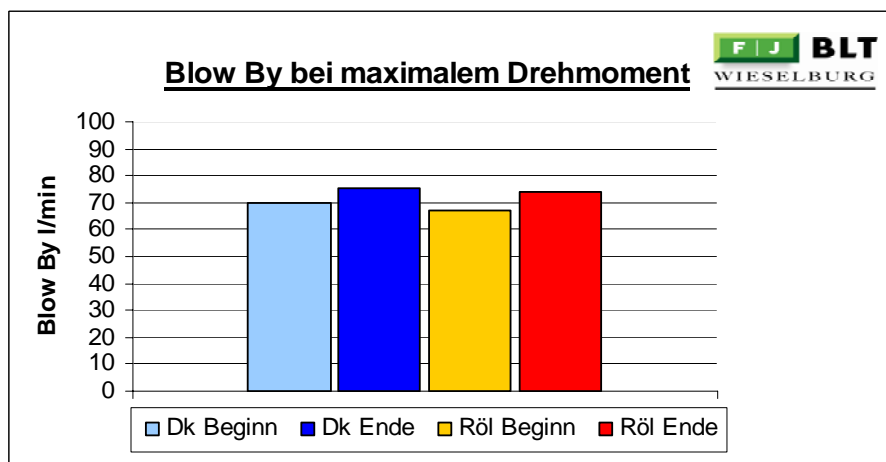


Abbildung 56: 31-NÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb sowohl bei der Anfangsuntersuchung als auch bei der Enduntersuchung höher als bei Dieselbetrieb. Die Kohlenwasserstoffemissionen lagen bei beiden Untersuchungsterminen bei Rapsölbetrieb deutlich unter den Werten des Dieselbetriebes. Bei den Stickoxidemissionen zeigte sich ein davon abweichendes Bild. Bei der Anfangsuntersuchung waren bei Rapsölbetrieb höhere Werte festzustellen, bei der Enduntersuchung bei Dieselbetrieb.

Tabelle 17: 31-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	22.03.2006	30.01.2008	22.03.2006	30.01.2008
CO	1,43	1,83	1,09	1,31
HC	0,26	0,29	0,52	0,55
NOx	7,59	6,38	6,81	6,90

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 18: 31-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	Messergebnis	Datum
RÖ	0,390	30.01.2008
DK	0,356	30.01.2008

Die Partikelmasse war bei Rapsölbetrieb geringfügig höher als bei Dieselbetrieb. Die emittierte Partikelmasse beider Kraftstoffe lag jeweils deutlich über dem Mittelwert aller gemessenen Traktoren.

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 des Umrüsters auf 250 Betriebsstunden verkürzt.

Während der Projektlaufzeit wurden sechs Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 234 TMh im Rapsölbetrieb untersucht. Von 34 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 so genannter Blotter Spot Test angefertigt. Die Motorölproben wurden sehr regelmäßig entnommen, lediglich zu Beginn der Projektteilnahme fehlten einmal die Frischöl- sowie die 5-min-Probe.

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%.

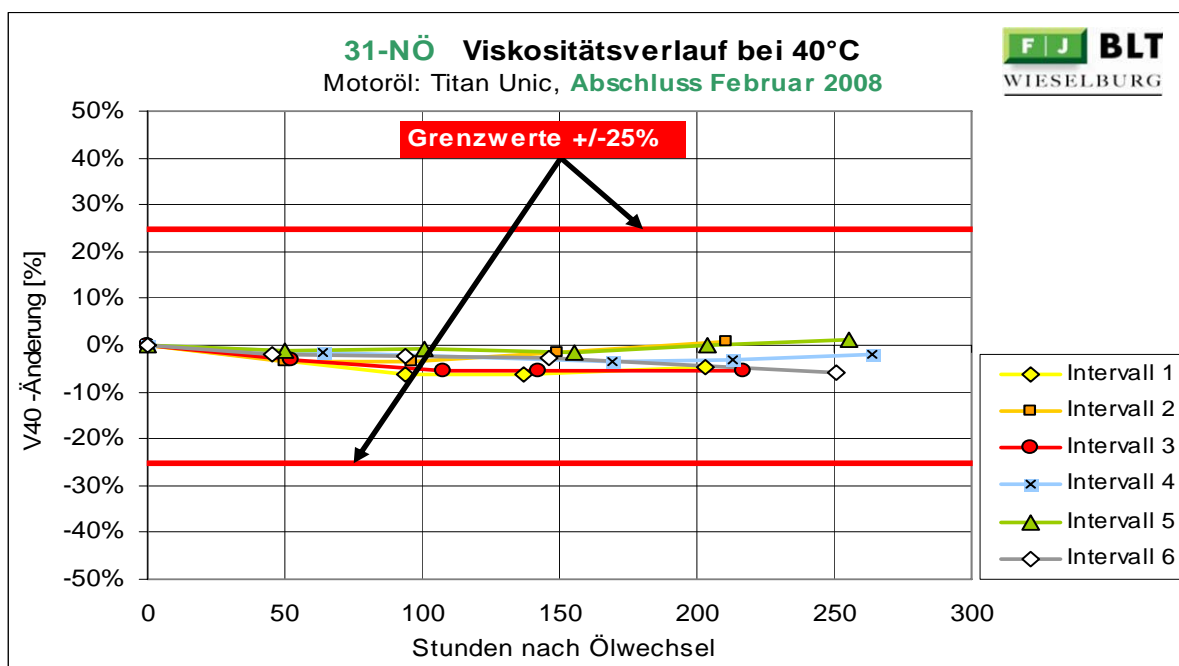


Abbildung 57: 31-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsverläufe bei 40°C sowie bei 100°C zeigten über die Laufzeit nur sehr geringe Schwankungen.

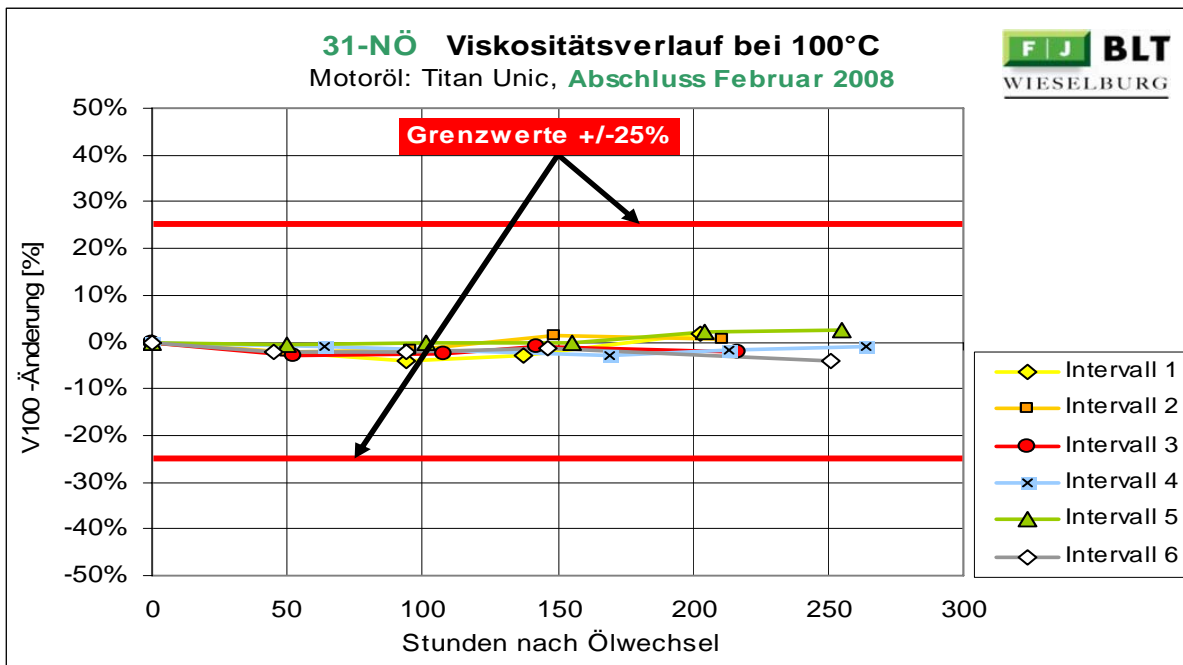


Abbildung 58: 31-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

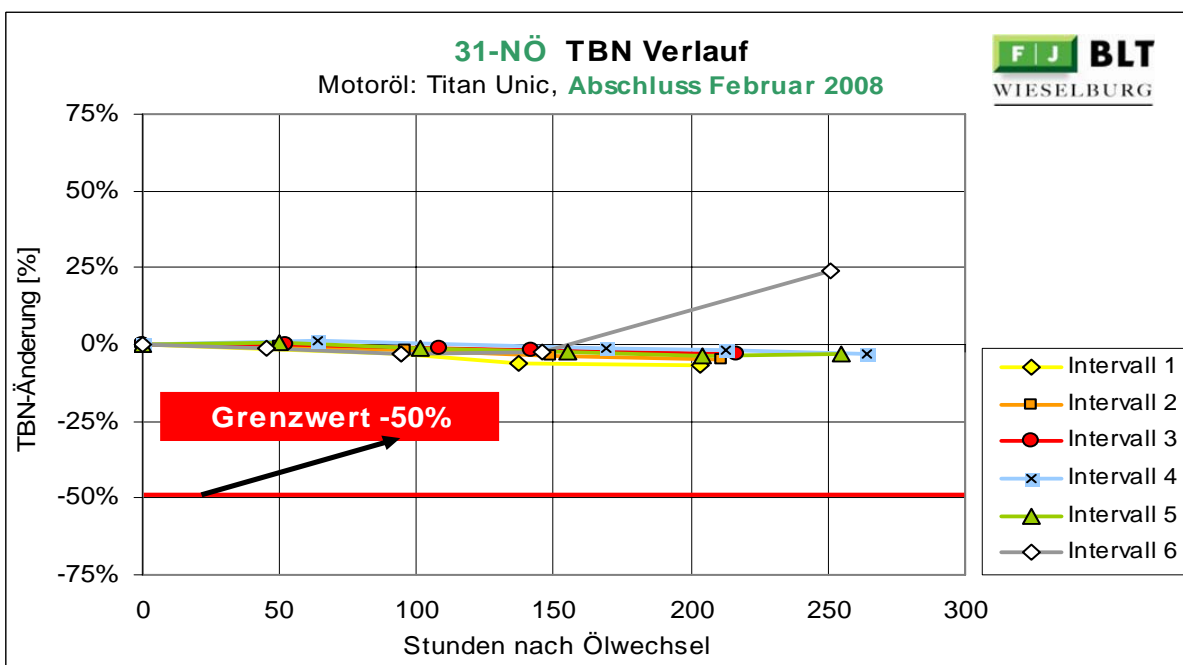


Abbildung 59: 31-NÖ Änderung der Total Base Number

Die Verläufe der TBN waren mit Ausnahme des Intervalls 6 ebenfalls sehr gleichmäßig. Hinsichtlich des letzten Intervalls stieg die TBN innerhalb von 100 TMh von 10,8 auf 13,7 Milligramm KOH je Gramm. Diese Probe wurde zur Kontrolle mehrmals mit demselben Ergebnis analysiert.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 11 Proben zur Firma Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsgehalt, sowie den Gehalt an Verschleißmetallen untersucht wurden.

Bei den analysierten Verschleißelementen Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom wurde der Grenzwert für die Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 mg/Bh deutlich unterschritten.

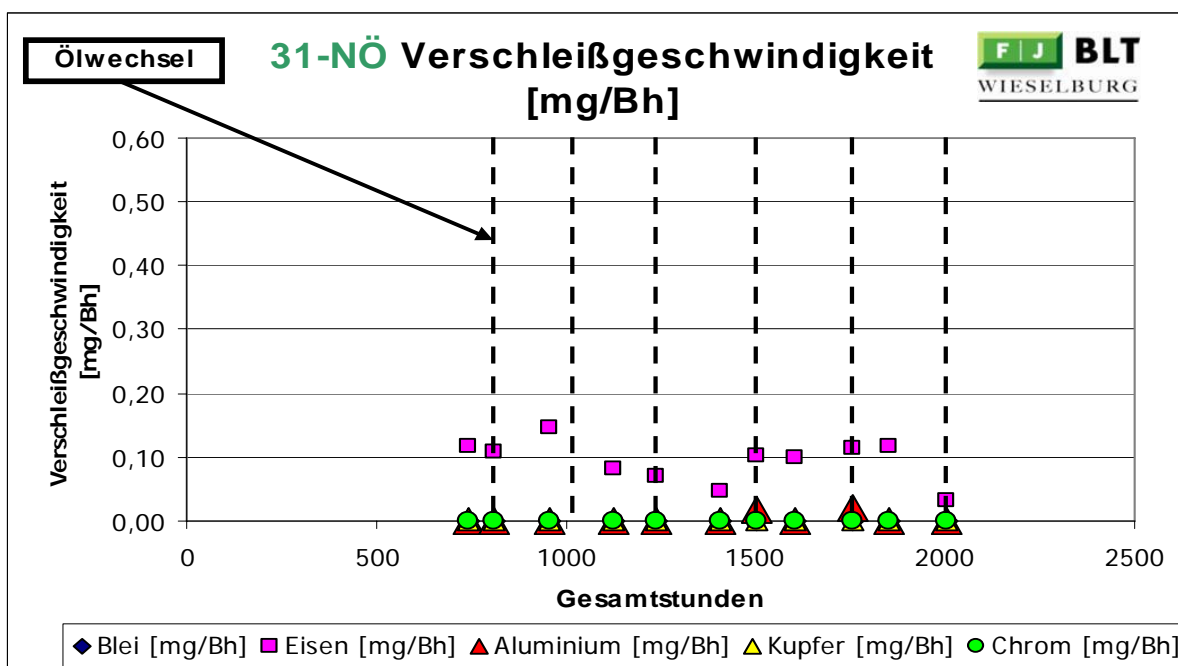


Abbildung 60: 31-NÖ Verschleißgeschwindigkeit

Die Russgehalte wiesen maximale Werte von 2% auf. Sie waren somit unter dem mit 3% fixierten Grenzwert. Die maximalen Rapsölgehalte lagen bei rund 5% und somit deutlich unter dem Grenzwert von 15%.

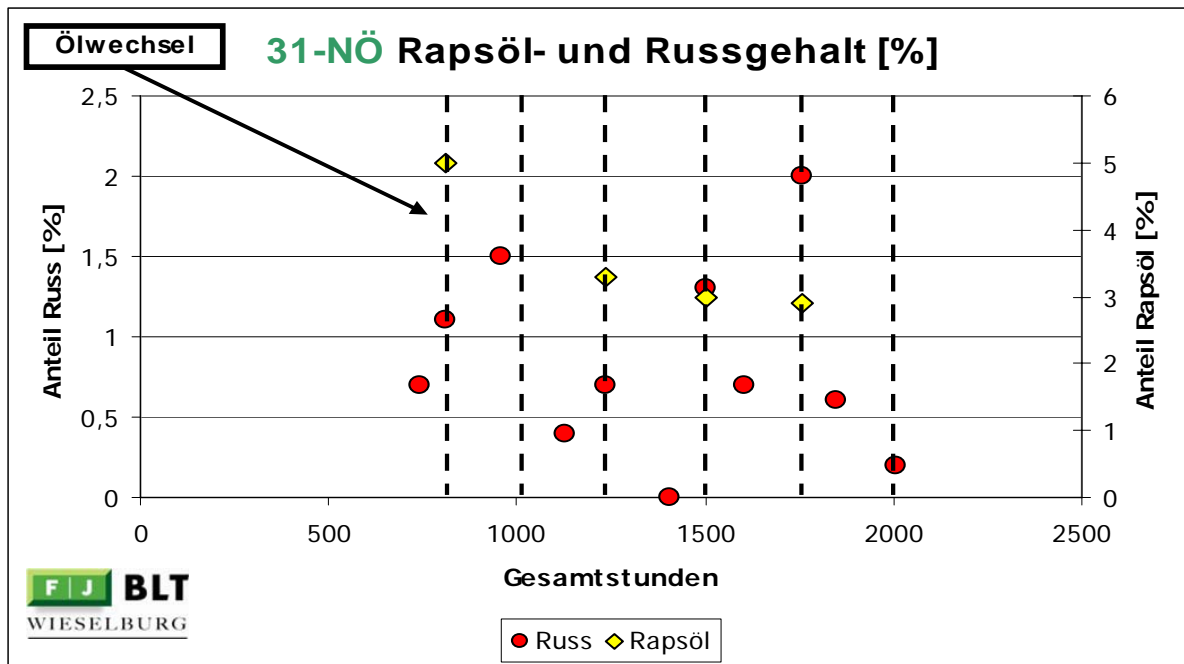


Abbildung 61: 31-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Andrä aus Zwölfaxing. Insgesamt wurden 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 einzelnen Analyseergebnisse dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Grenzwertüberschreitungen bzw. -unterschreitungen gab es bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Oxidationsstabilität sowie zu Beginn des Projektes beim Wassergehalt. Die Grenzwertüberschreitungen der Gesamtverschmutzung traten durchgängig auf und waren zum Teil beträchtlich.

Tabelle 19: 31-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-%]
12.07.2006	921	34,76	18,58	1,32	0,83	4,92	0,082
16.11.2006	919	34,90	39,85	0,99	3,07	3,67	0,079
14.02.2007	919	34,98	39,18	0,97		4,92	0,064
07.05.2007	920	34,88	24,72	0,68	2,73	2,97	0,059
30.07.2007	920	34,80	51,72	1,67	2,50		0,058

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Bei den Proben aus dem Traktortank wurden Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt festgestellt. Die im Vergleich zu den Lagertankproben viel geringeren Überschreitungen waren auch auf den Dieselmotorkraftstoff zurückzuführen. Der Dieselmotorkraftstoff gelangte durch Spülvorgänge oder als Lecköl bei Dieselmotorbetrieb systembedingt in den Rapsöltank. Der Dieselmotorkraftstoffanteil betrug bei den untersuchten Proben bis zu 93%.

Tabelle 20: 31-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 [%]
15.03.2006	902	22,43	10,10	1,29	9,94	0,047	17
12.07.2006	908	22,30	10,83	1,35	4,55	0,081	17
15.09.2006	847	3,12	2,88	0,09		0,023	93
16.11.2006	914	28,73	22,33	0,99	4,20	0,084	8
14.02.2007	918	32,57	25,65	1,00	3,82	0,060	3
07.05.2007	917	34,75	12,42	0,71	1,94	0,059	4
30.07.2007	919	33,27	12,54	1,58	4,63	0,060	2

4. Auswertungen Datenlogger

Während der Gesamtbetriebsdauer von 1.426 Stunden wurden über 1.120 Betriebsstunden mit einem Datenlogger Messwerte aufgezeichnet. 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 und ausgewertet. Nachfolgend sind die Ergebnisse dargestellt.

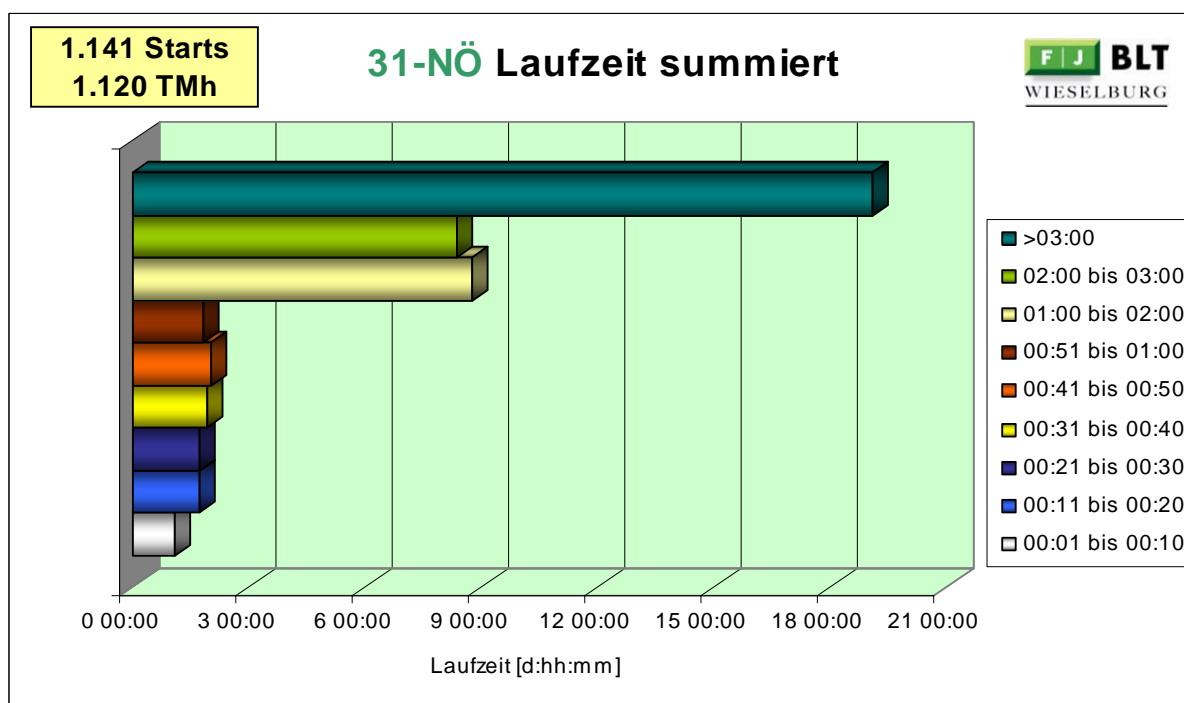


Abbildung 62: 31-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit

Bei diesem Traktor lagen die aufsummierten Maxima in den Kategorien „1 bis größer 3 Stunden“.

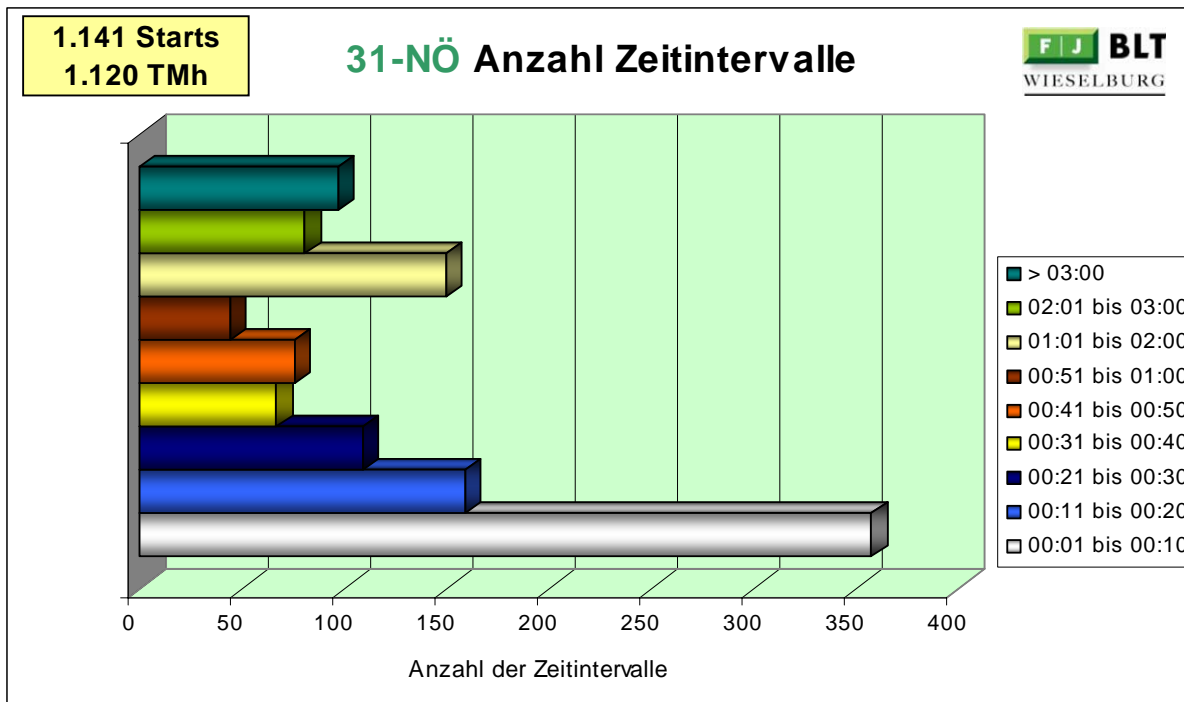


Abbildung 63: 31-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts

Lediglich 30 % aller aufgezeichneten Starts fiel in die Kategorie „1 bis 10 Minuten“. Dieser Traktor lag somit deutlich unter dem Mittelwert der Datenloggerauswertungen der anderen Traktoren. Etwas mehr als ein Drittel der Starts entfiel auf Kaltstarts.

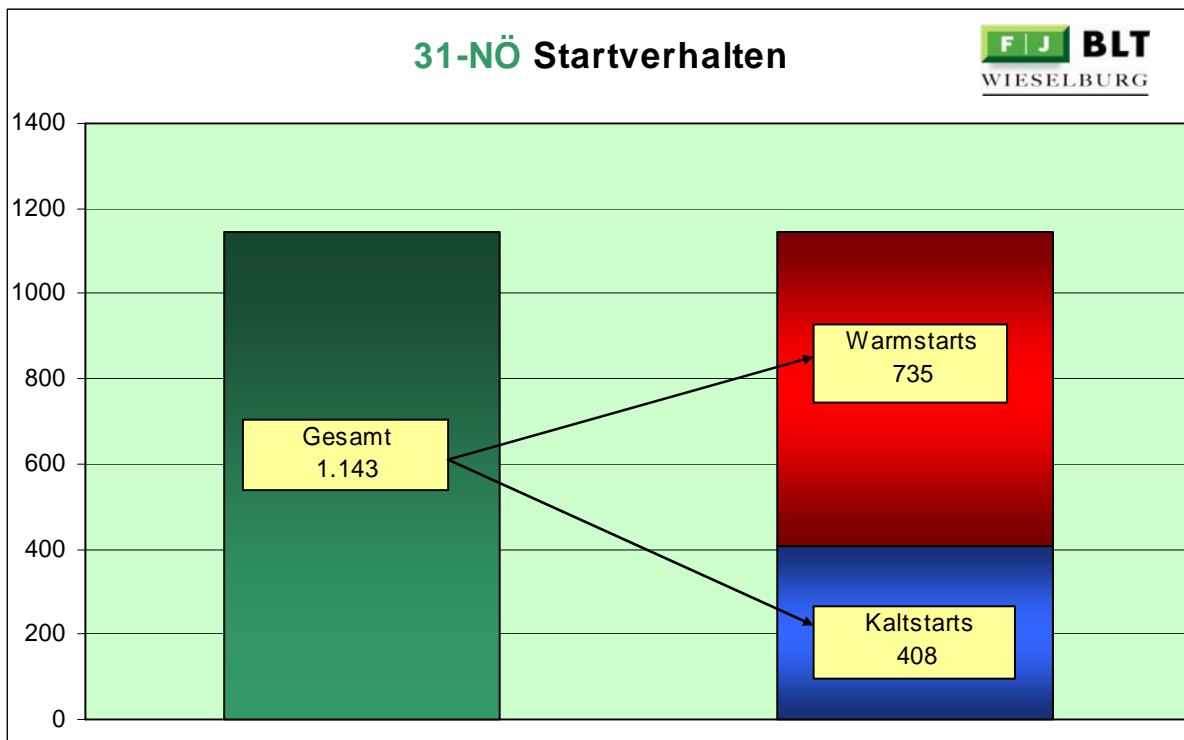


Abbildung 64: 31-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts

Nachfolgend sind die Häufigkeitsverteilungen der Kanäle Motoröl-, Kühlflüssigkeit-, sowie Kraftstofffiltertemperatur dargestellt. Bei den Motoröltemperaturen lagen die meisten Messwerte in den für Motoröl typischen Kategorien „70 bis 100°C“

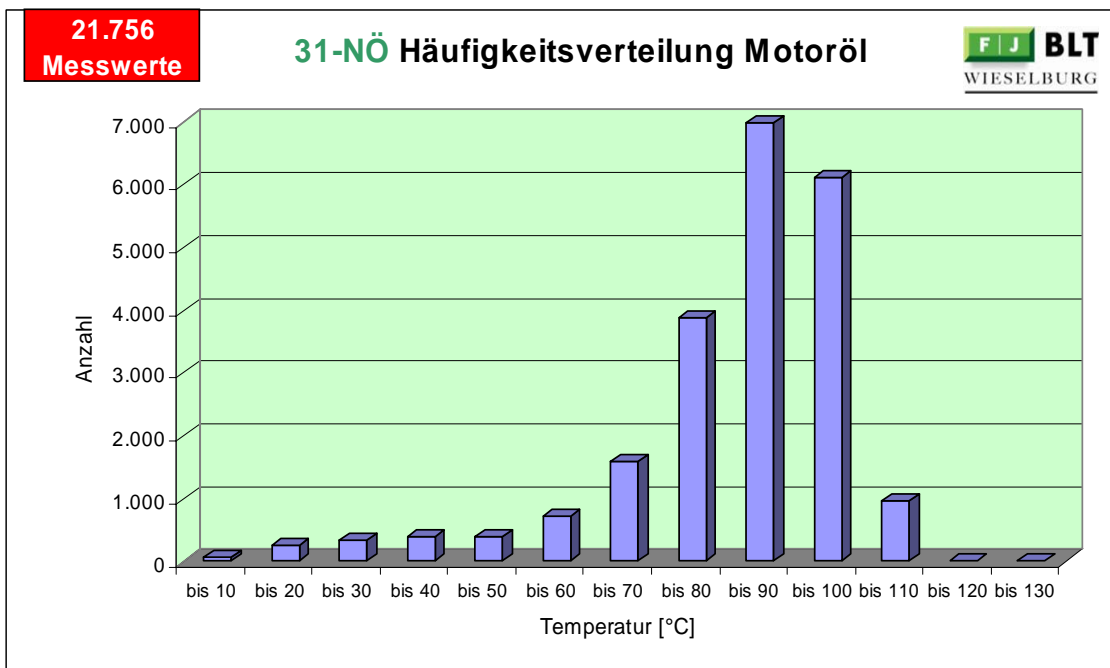


Abbildung 65: 31-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur

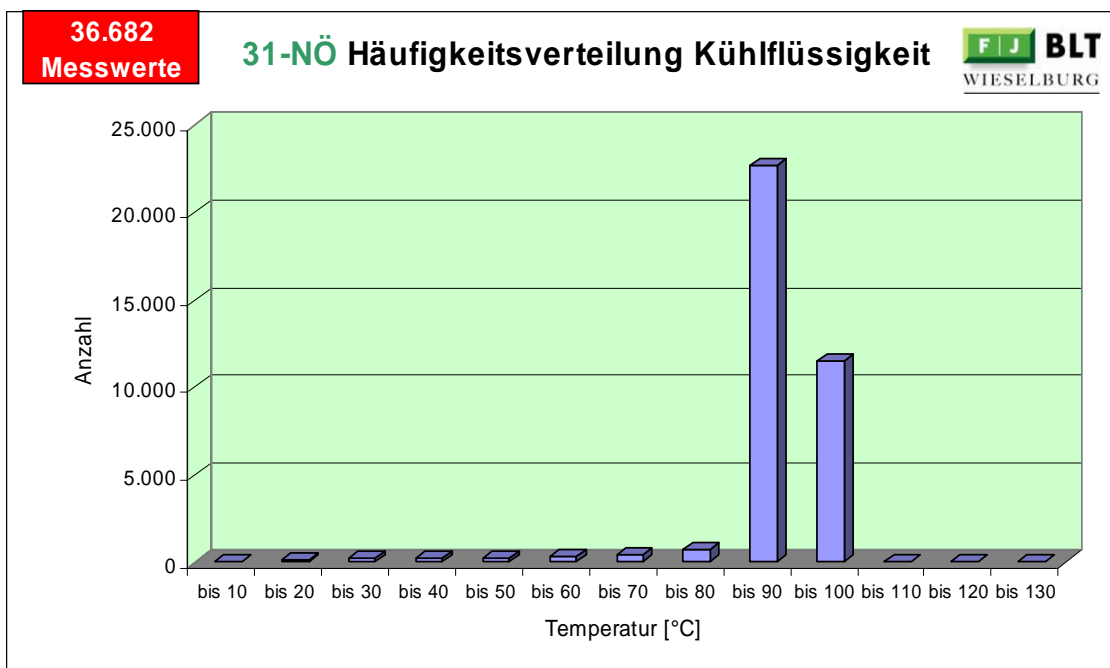


Abbildung 66: 31-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur



Bei den Kühlflüssigkeitstemperaturwerten lagen beinahe alle Messwerte in den Temperaturkategorien „80 bis 100°C“. Diese Verteilung ist ein Hinweis für eine hohe Auslastung des Traktors.

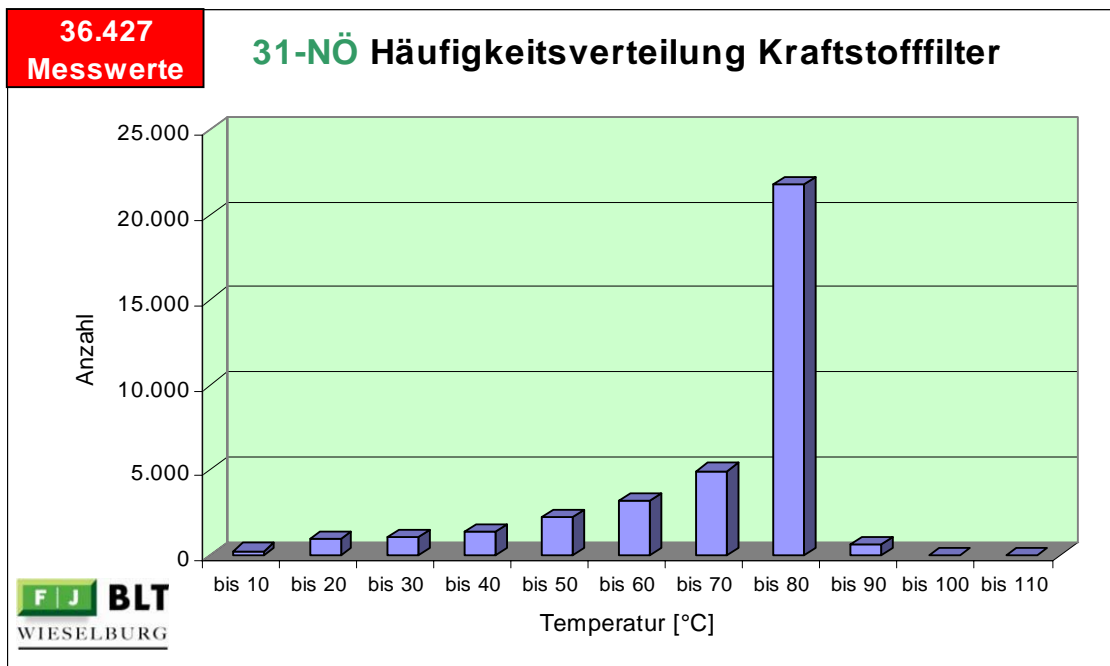


Abbildung 67: 31-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur

Die Kraftstofffiltertemperaturen streuten in einem breiteren Bereich. Auffallend war der hohe Anteil – rund 60 % - aller Messwerte in der Kategorie „70 bis 80°C“



5. Auswertungen aus dem Traktortagebuch

Während der 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 eineinhalb Jahren 883 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert. Die Aufzeichnungen wurden nicht vollständig durchgeführt.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 11.711 Liter Rapsöl und 2.378 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 15,96 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit 2-Tank-System Umrüstung bei 17%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im schweren Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen aus lediglich 54 Tagen.

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



Traktortagebuch

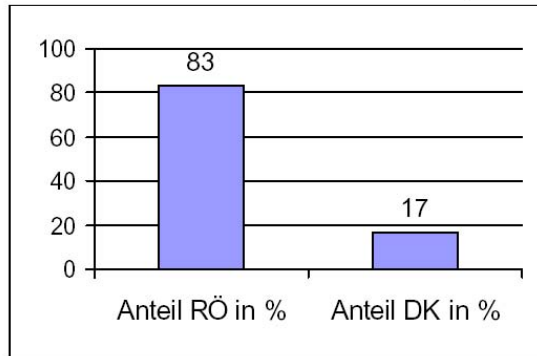
Fahrzeug: 31 Steyr 6190 CVT



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 01. Apr. 06 bei TMh: 647
 Letzter Eintrag: 20. Jul. 07 bei TMh: 1530,0 TMh lt. Traktortagebuch: **883,0**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 54

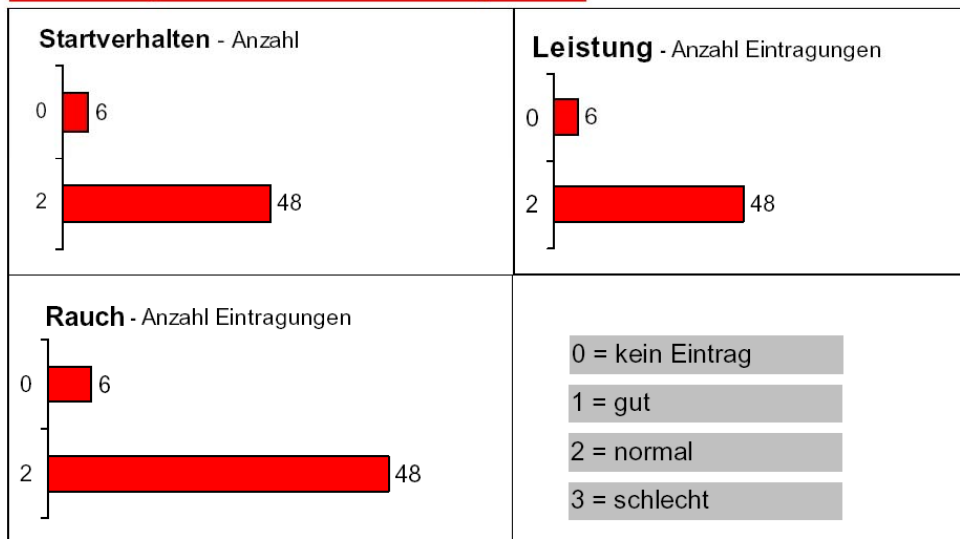


Tankmengen:

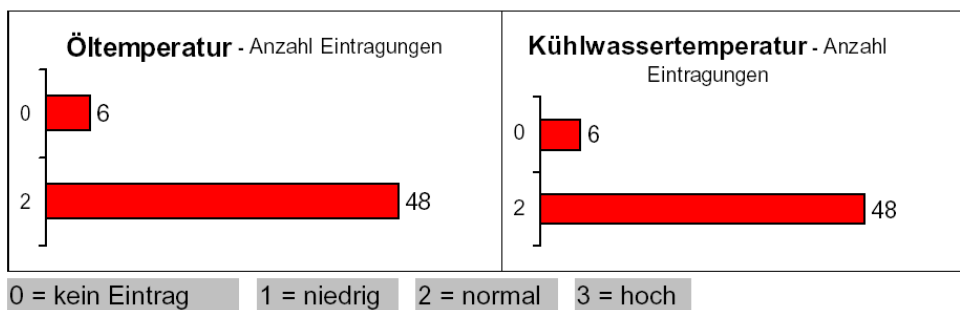
Diesel in l: 2378
 Rapsöl in l: 11711

durchschnittlicher Verbrauch/h:
15,96

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



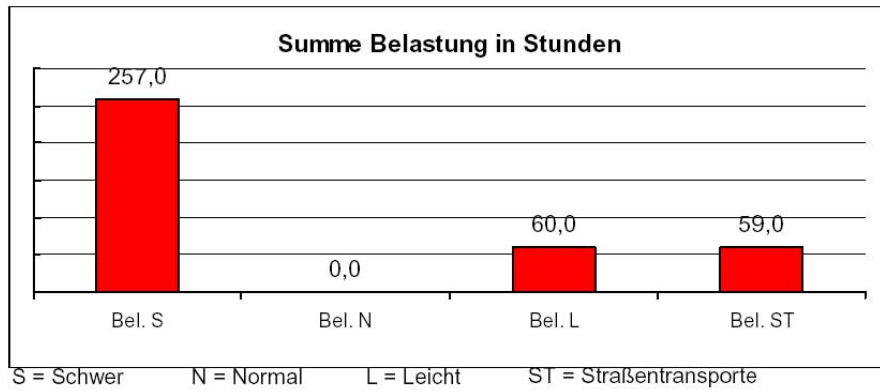


Traktortagebuch

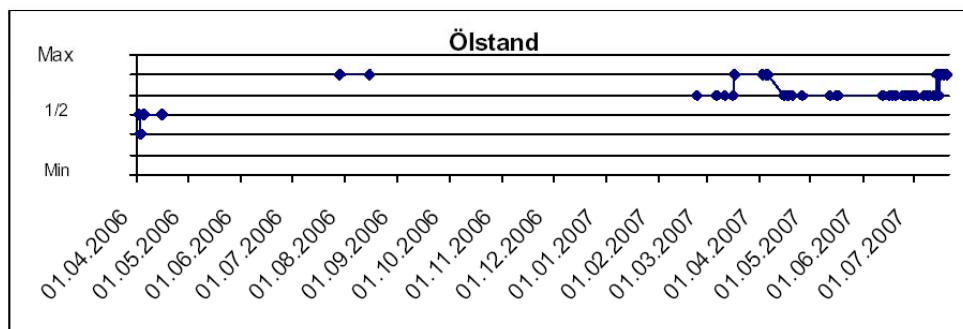
Fahrzeug: 31 Steyr 6190 CVT



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 das Spritzbild der Einspritzdüsen 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, Laubbüchse und Kolbenboden).

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte einen geringfügigen Anstieg. Die Druckverlustmessung im Brennraum lag im Normalbereich, lediglich Zylinder 2 zeigte einen erhöhten Wert.

Tabelle 21: 31-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	31	34	18	14	265	245	i.O.	tropft	Düse 1
Zylinder 2	30	32	18	40	265	245	i.O.	tropft	Düse 2
Zylinder 3	30	34	17	14	260	255	i.O.	tropft	Düse 3
Zylinder 4	30	32	17	10	265	260	i.O.	tropft	Düse 4
Zylinder 5	30	33	18	16	265	260	i.O.	tropft	Düse 5
Zylinder 6	31	34	17	10	265	260	i.O.	tropft	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war bei der Enduntersuchung generell etwas niedriger als bei der Anfangsuntersuchung. Die Düsen waren hinsichtlich Spritzbild und Dichtheit alle als defekt einzustufen. Die Düsen tropften und es wurde kein Strahl ausgebildet.

Die Einspritzdüsen waren am Schaft und der Düsen spitze teilweise mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Düsenlöcher waren mit Ausnahme der Düsenlöcher von Düse 6 allesamt frei.



Abbildung 68: 31-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen, welcher in den Randbereichen teilweise in eine geringe Belagskruste überging.

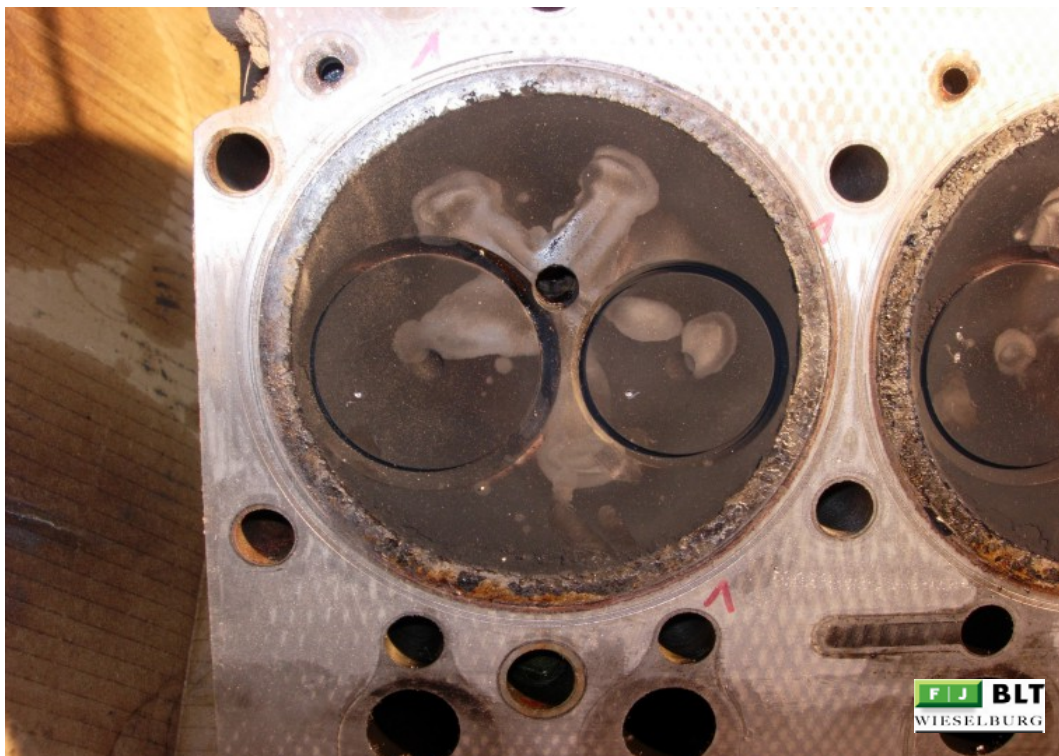


Abbildung 69: 31-NÖ Zylinderkopf



Abbildung 70: 31-NÖ Einlass- und Auslassventile

Die Einlassventile sind vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich mit einer massiven, schwarzen Kruste versehen. Eine geringfügige Belagskruste wurde auch im Einlasskanal beobachtet. Die Ventilsitze waren bis auf ein Ventil des Zylinders 2 alle in Ordnung. Hier wurde im Rahmen der Messung des Druckverlustes ein leichtes Blasgeräusch festgestellt. Der Auslasskanal zeigte einen geringfügigen Belag.

Der Feuerstegbereich war klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, feucht glänzenden, bis teilweise trockenen und grau gefärbten Belag versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar.



Abbildung 71: 31-NÖ Zylinderlaufbüchse

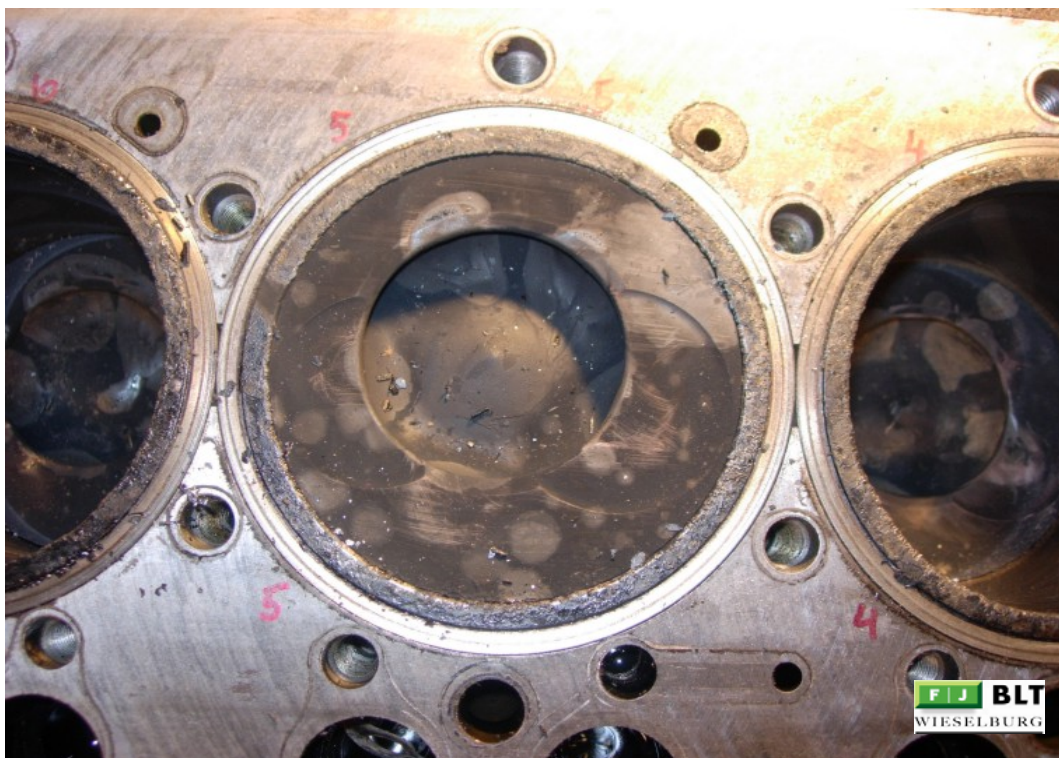


Abbildung 72: 31-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem grau-schwarzen, trockenen Belagsfilm überzogen. Das Spritzbild war teilweise ersichtlic.



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Steyr 6190 CVT wurde im Februar 2006 bei einer bisherigen Laufleistung von 604 Traktormeterstunden im Lagerhaus Hollabrunn auf ein Elsbett 2-Tank-System umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 1.426 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Während des Versuchszeitraumes wurden vom Betreiber keine Störungen gemeldet.

Zu Versuchsbeginn wurden idente Leistungskurven bei Diesel- und Rapsölbetrieb festgestellt. Über die Laufzeit kam es durch einen Defekt der Einspritzpumpe zu einem massiven Leistungsverlust sowohl bei Diesel- als auch bei Rapsölbetrieb.

Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb sowohl bei der Anfangsuntersuchung als auch bei der Enduntersuchung höher als bei Dieselmotoren. Die Kohlenwasserstoffemissionen lagen bei beiden Untersuchungsterminen bei Rapsölbetrieb deutlich unter den Werten des Dieselmotors. Bei den Stickoxidemissionen zeigte sich ein davon abweichendes Bild. Bei der Anfangsuntersuchung waren bei Rapsölbetrieb höhere Werte festzustellen, bei der Enduntersuchung bei Dieselmotoren. Die Partikelmasse war bei Rapsölbetrieb geringfügig höher als bei Dieselmotoren. Die emittierte Partikelmasse beider Kraftstoffe lag jeweils deutlich über dem Mittelwert aller gemessenen Traktoren.

Die Untersuchungsergebnisse der Motorölproben waren bei allen untersuchten Parametern unauffällig.

Grenzwertüberschreitungen bzw. -unterschreitungen gab es bei den Lagertankkraftstoffproben bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Oxidationsstabilität sowie zu Beginn des Projektes beim Wassergehalt. Die Grenzwertüberschreitungen der Gesamtverschmutzung traten durchgängig auf und waren zum Teil beträchtlich.



Bei den Proben aus dem Traktortank wurden Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt festgestellt. Die im Vergleich zu den Lagertankproben viel geringeren Überschreitungen waren auch auf den Dieselkraftstoffanteil zurückzuführen. Der Dieselkraftstoff gelangte durch Spülvorgänge oder als Lecköl bei Dieselbetrieb systembedingt in den Rapsöltank. Der Dieselanteil betrug bei den untersuchten Proben bis zu 93%.

Die Auswertungen der Datenloggermesswerte bestätigten einen hohen Anteil der Einsatzzeiten in den Kategorien über 1 Stunde Betriebsdauer. Die Temperaturverteilungen wiesen auf eine hohe Auslastung hin. Das Maximum der Kraftstoffiltertemperaturmesswerte in der Kategorie „70 bis 80°C“ ist als hoch einzustufen.

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte einen geringfügigen Anstieg. Die Druckverlustmessung im Brennraum lag im Normalbereich, lediglich Zylinder 2 zeigte einen etwas erhöhten Wert.

Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war bei der Enduntersuchung generell etwas niedriger als bei der Anfangsuntersuchung. Die Düsen waren hinsichtlich Spritzbild und Dichtheit alle als defekt einzustufen. Die Düsen tropften und es wurde kein Strahl ausgebildet. Die Einspritzdüsen waren am Schaft und der Düsen Spitze teilweise mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Düsenlöcher waren mit Ausnahme der Düsenlöcher von Düse 6 allesamt frei.

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen, welcher in den Randbereichen teilweise in eine geringe Belagskruste überging.

Die Einlassventile sind vom Ventilteller bis hin zum Schaftbereich mit einer massiven, schwarzen Kruste versehen. Eine geringfügige Belagskruste wurde auch im Einlasskanal beobachtet. Die Ventilsitze waren bis auf ein Ventil des Zylinders 2 alle in Ordnung. Hier wurde im Rahmen der Messung des Druckverlustes ein leichtes Blasgeräusch festgestellt. Der Auslasskanal zeigt einen geringfügigen Belag.



Der Feuerstegbereich war klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, feucht glänzenden, bis teilweise trockenen und grau gefärbten Belag versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar.

Die Kolbenböden waren mit einem grau-schwarzen, trockenen Belagsfilm überzogen. Das Spritzbild war teilweise ersichtlich.

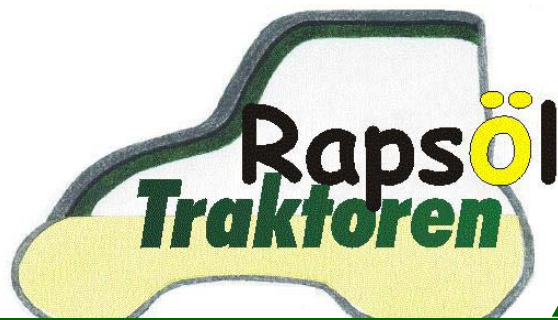
Die Einspritzpumpe wurde demontiert und zur Reparatur gebracht. Laut Reparaturbericht mussten das Mengenmagnetventil und der Drehwinkelsensor erneuert werden. Die Einspritzpumpe wurde gereinigt, geprüft und neu eingestellt.

Im Dieseltank des Traktors wurden bei der Enduntersuchung mehrere Liter Wasser vorgefunden.



32-NÖ

32-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt 714
Umrüstung:	März 2006
Umrüttlösung:	Waldland VWP 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	745 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt Vario 714
Motortype	BF6M2013C
Erstmalige Zulassung	31.03.2005
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	01071812
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	16,5 Liter
Nennleistung	104 kW
Nenn Drehzahl	2100min ⁻¹
Hubraum	5702 cm ³
Bohrung x Hub	98 x 126mm
Verdichtungsverhältnis	18,5 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	250 bar
Kraftstofftank	304 Liter
Eigengewicht	6.190 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	März 2006
bei TMh	248
Enduntersuchung	Juni 2008
bei TMh	993

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.

Zu Beginn der Versuchsmessung war die Leistungskurve bei Dieselbetrieb etwas geringer als bei Rapsölbetrieb. Über die Laufzeit blieben die Leistungskurven beider Kraftstoffe nahezu gleich, sodass sich auch zu Versuchsende dasselbe Bild ergab.

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

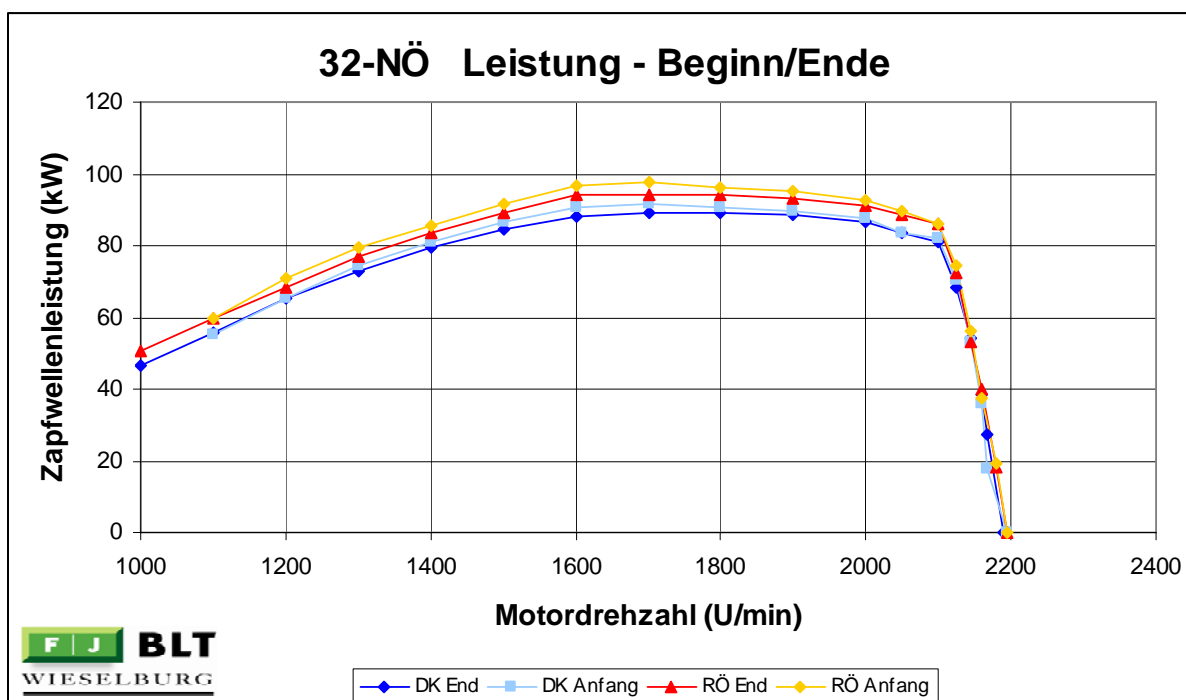


Abbildung 73: 32-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

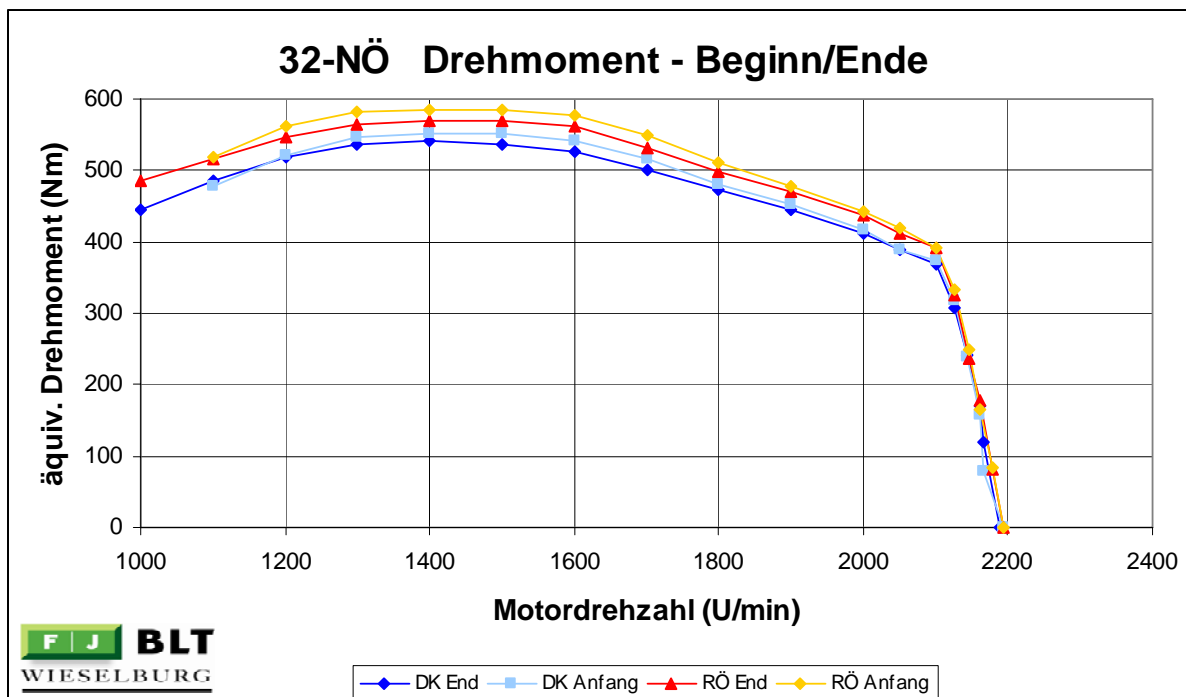


Abbildung 74: 32-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

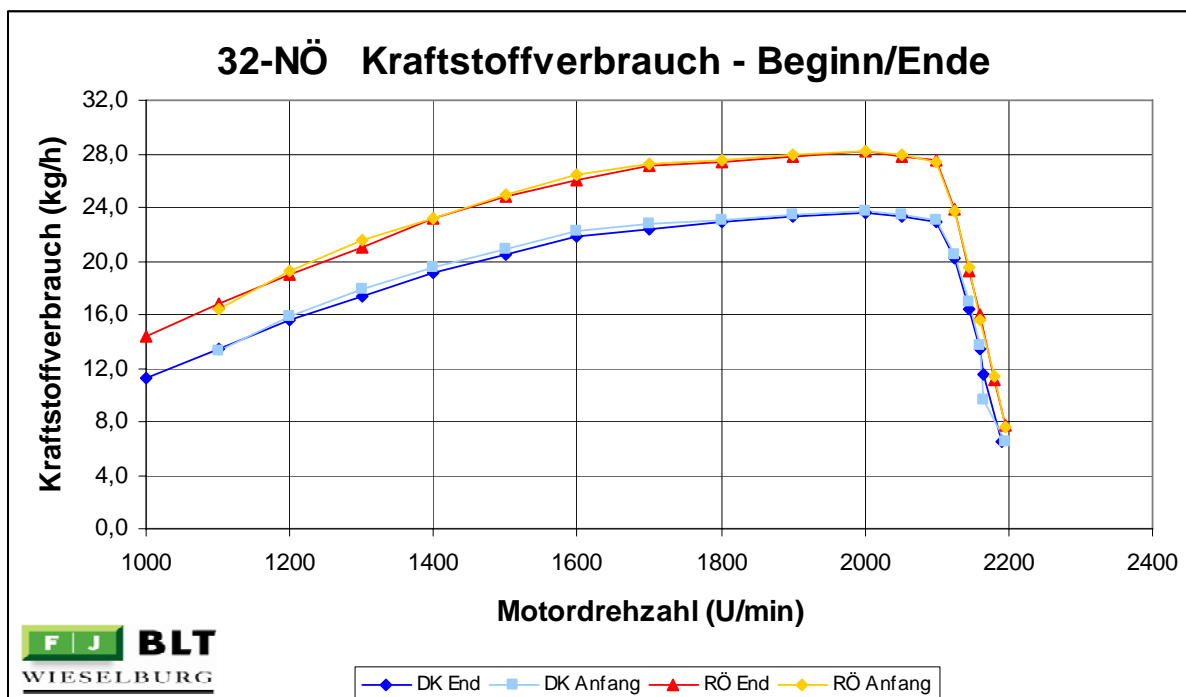


Abbildung 75: 32-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

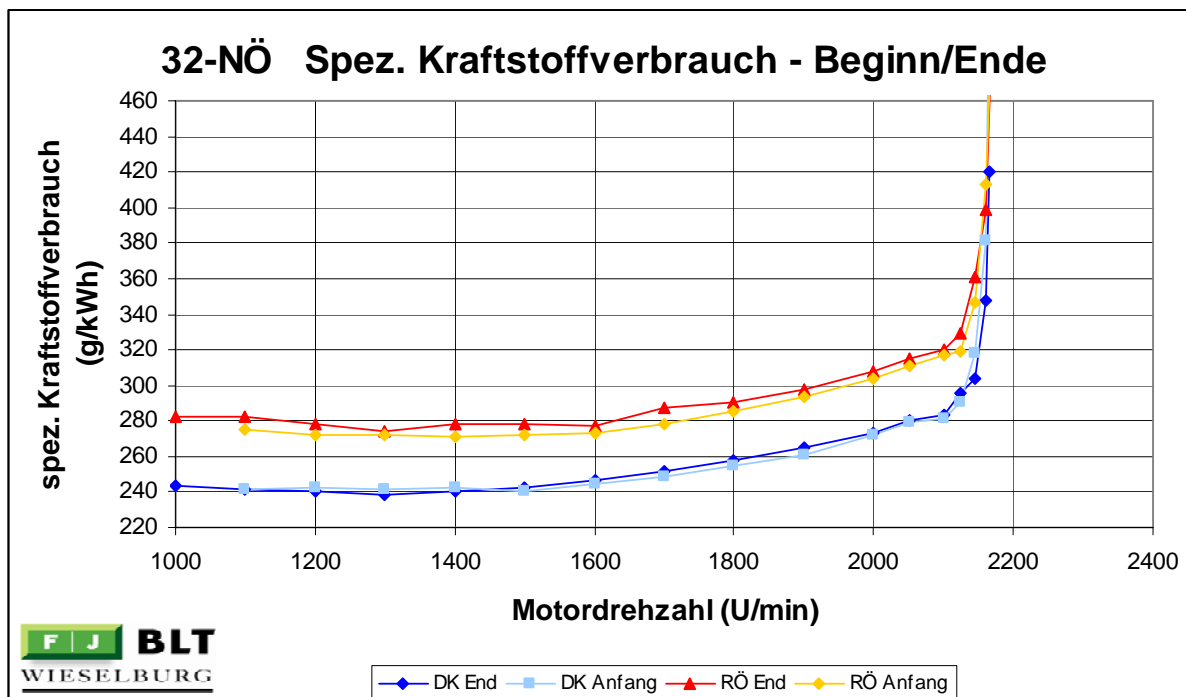


Abbildung 76: 32-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

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 eine deutliche Reduktion der Blow-by Werte beobachtet.

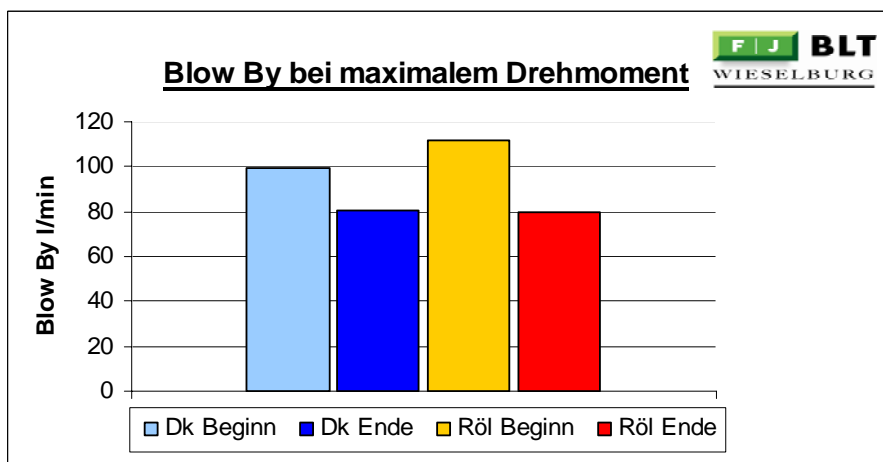


Abbildung 77: 32-NÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Bei der Anfangsuntersuchung lagen die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen bei Rapsölbetrieb deutlich unter den entsprechenden Werten bei Dieselbetrieb, die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselbetrieb.

Bei der Enduntersuchung lagen die CO-Emissionen bei Rapsölbetrieb nur mehr geringfügig unter denen bei Dieselbetrieb. Die niedrigen Kohlenwasserstoffemissionen hatten sich bei Rapsölbetrieb über die Laufzeit noch verringert. Die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb bei der Enduntersuchung ähnlich hoch wie bei der Anfangsuntersuchung. Bei Dieselbetrieb waren die NO_x-Emissionen über die Laufzeit gesunken.

Tabelle 22: 32-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	30.03.2006	16.04.2008	29.03.2006	16.04.2008
CO	1,42	2,14	2,47	2,41
HC	0,22	0,16	0,69	0,67
NO _x	8,39	8,42	8,22	6,94

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 23: 32-NÖ Ergebnisse aus der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	2. Messung	Datum
RÖ	0,187	0,190	16.04.2008
DK	0,373	0,388	16.04.2008

Die emittierte spezifische Partikelmasse war bei Dieselbetrieb doppelt so hoch wie bei Rapsölbetrieb.

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 des Umrüsters auf 250 Betriebsstunden reduziert.

Während der Projektlaufzeit wurden zwei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 257 TMh, sowie ein Intervall (letztes angefangenes) zu 190 TMh 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. 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%.

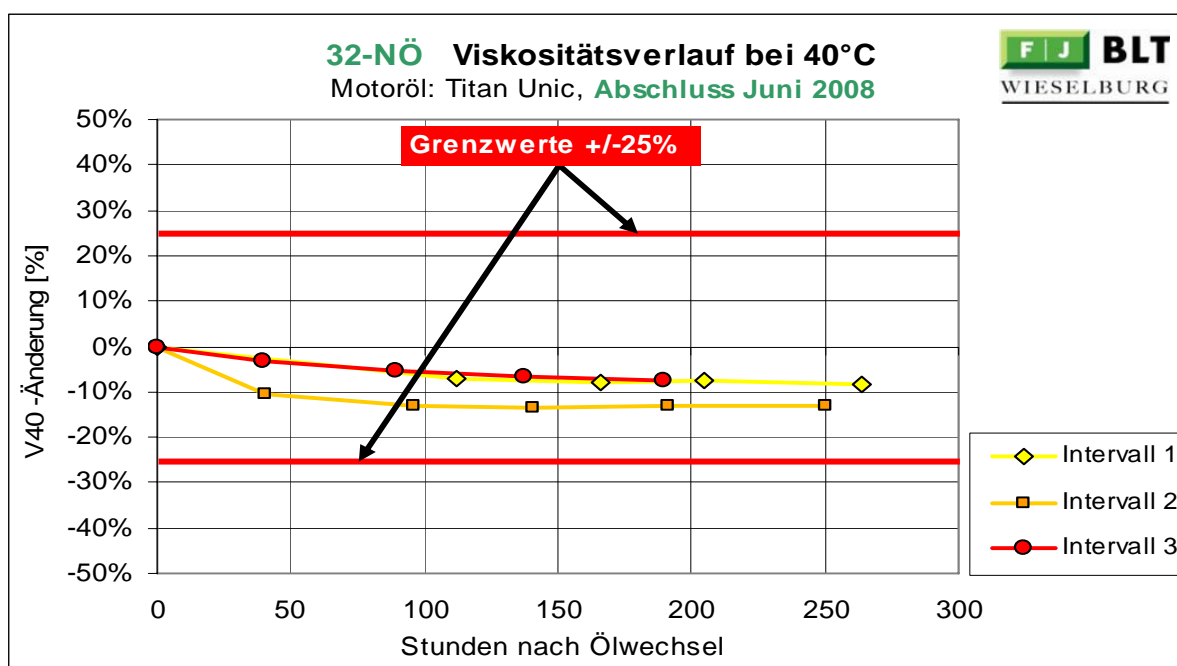


Abbildung 78: 32-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsuntersuchungsergebnisse zeigten einen gleichmäßigen Verlauf. Die maximale Abnahme lag bei Messwerten der Viskosität bei 40°C bei rund 13%. Die Analyseergebnisse der Viskosität bei 100°C pendelten in einem Bereich von $\pm 6\%$ des Bezugswertes.

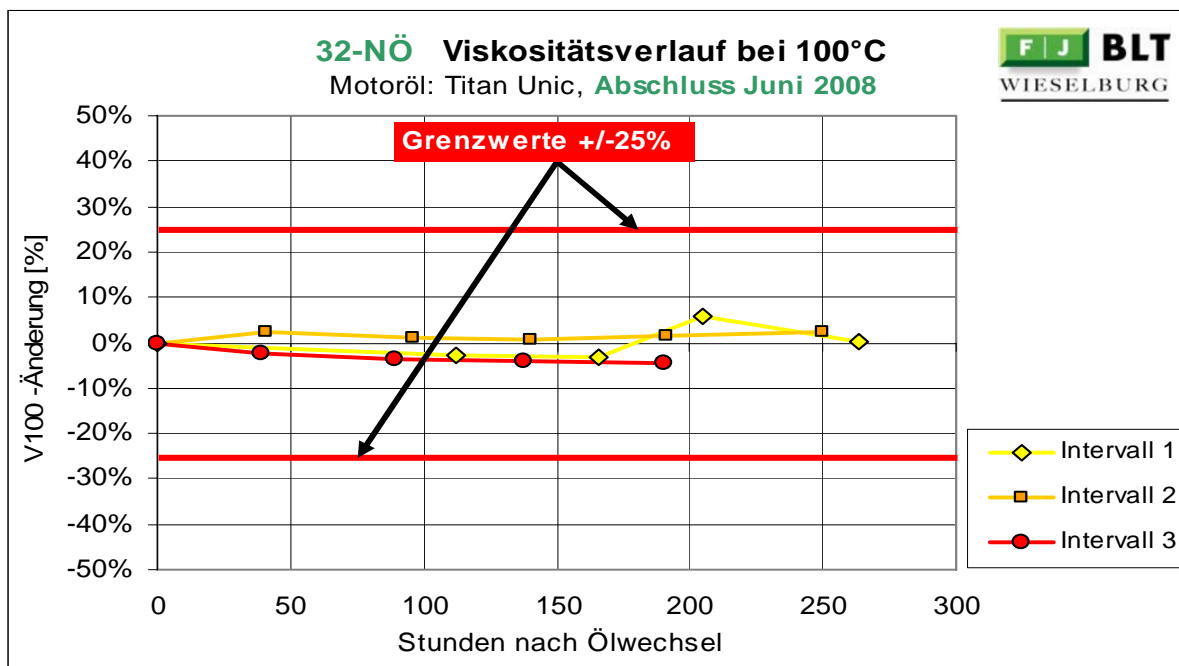


Abbildung 79: 32-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

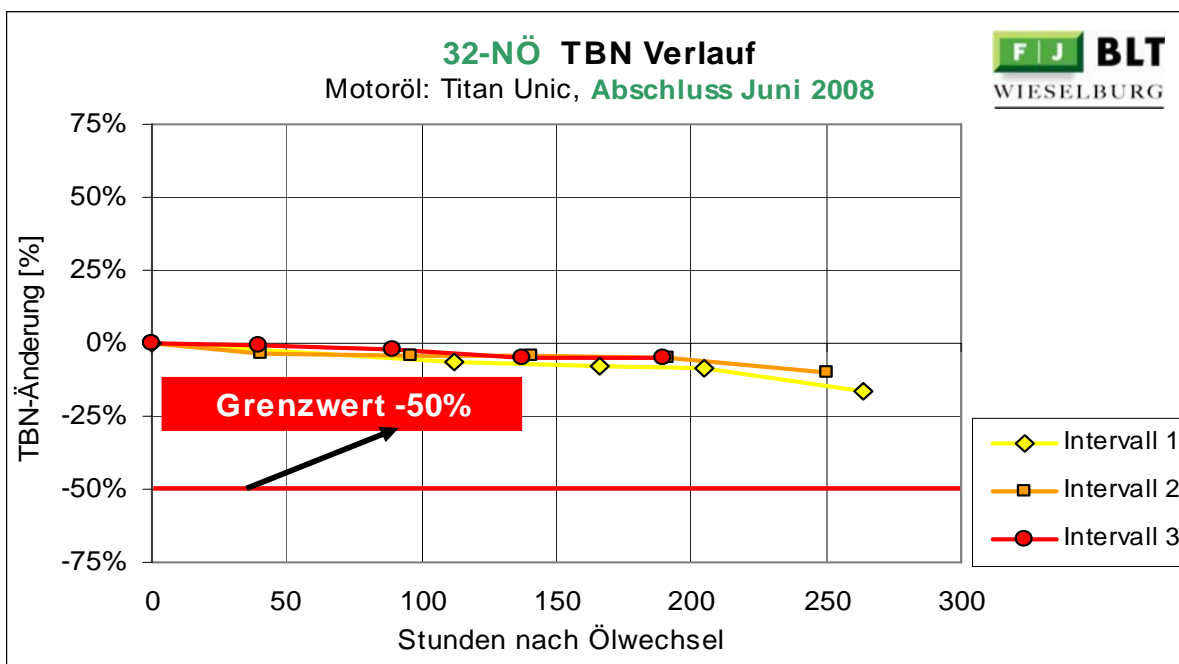


Abbildung 80: 32-NÖ Änderung der Total Base Number



Die TBN-Untersuchungsergebnisse zeigten gegen Ende des Ölwechselintervalls eine maximale Abnahme von 20% und waren somit im unbedenklichen Bereich.

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

Die Verschleißgeschwindigkeit lag bei allen analysierten Elementen - Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom – unter dem festgelegten Grenzwert von 0,5 mg/Bh.

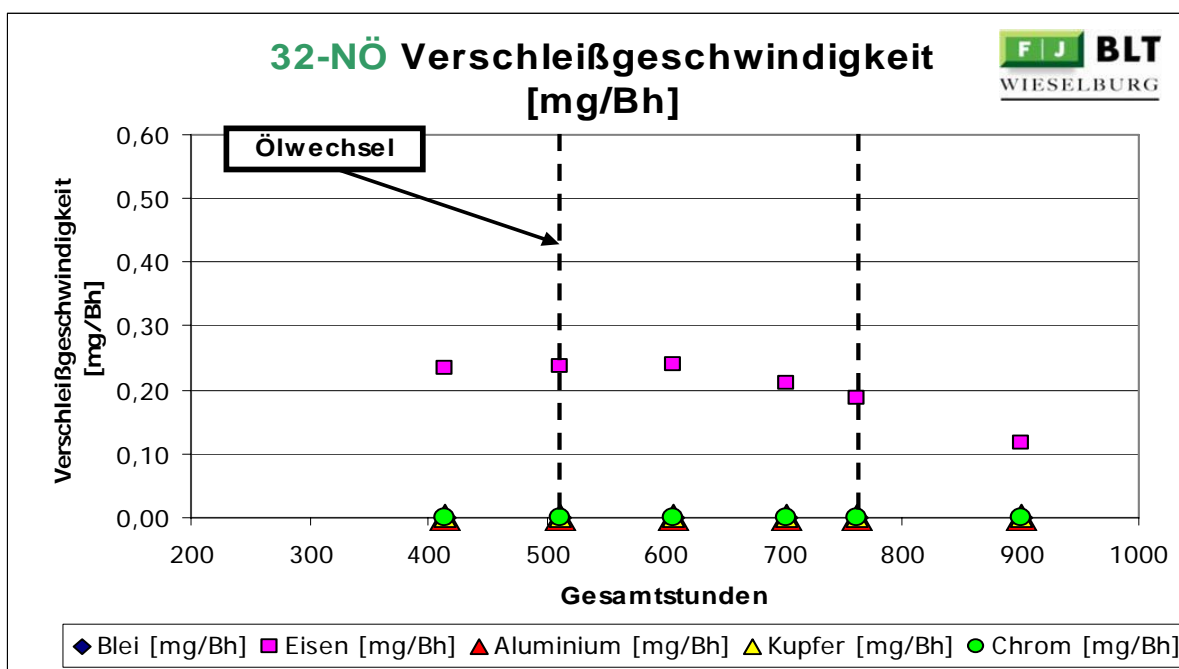


Abbildung 81: 32-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

Der maximal festgestellte Rapsölgehalt der Motorölprobe lag etwas über 11%. Die maximalen Russgehalte lagen bei 1%.

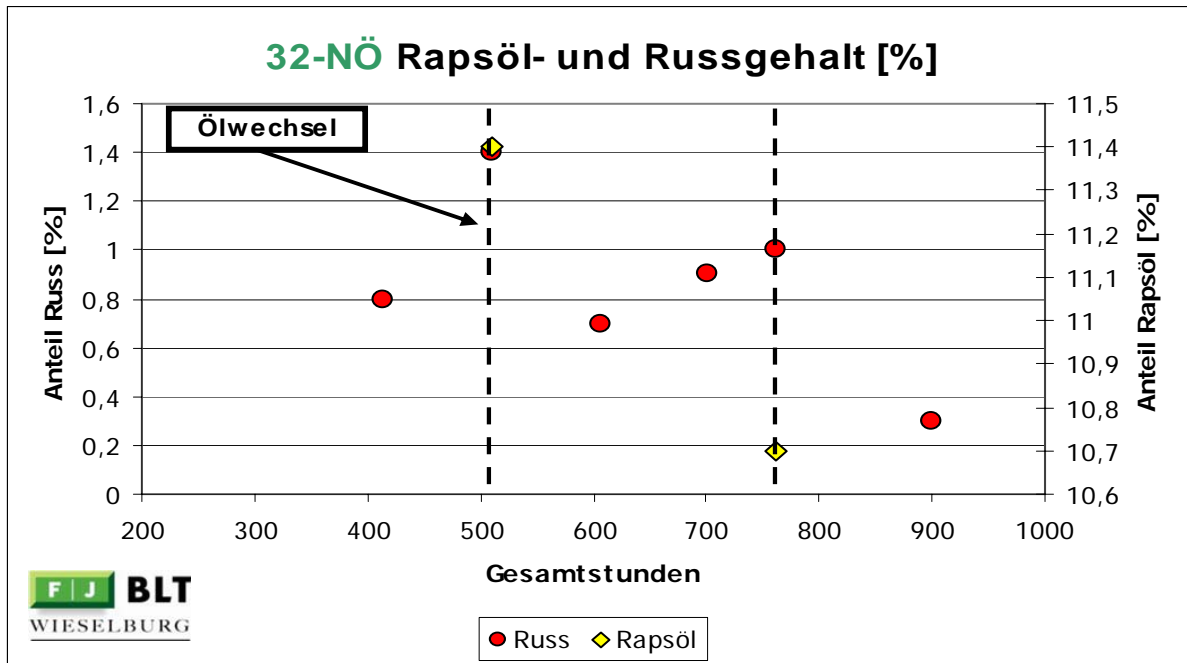


Abbildung 82: 32-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Waldland – Öl und Bioenergie Kautzen. Insgesamt wurden 21 Proben aus der Ölmühle sowie jeweils drei 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 entsprechenden Analyseergebnisse der Kraftstoffproben aus dem Lagertank und dem Traktortank dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den Lagertankproben wurden jeweils einmal Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Phosphorgehalt und Wassergehalt festgestellt.

Tabelle 24: 32-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-%]
22.05.2006	916	33,12	13,70	0,50	6,22	7,02	0,071
11.10.2006	918	33,46	18,43	0,99	6,07	20,29	0,087
03.05.2007	920	34,98	3,28	0,96	5,15	7,09	0,067

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Die Überschreitungen der Grenzwerte bei den Traktortankproben waren auf die entsprechenden Lagertankproben zurückzuführen. Der Dieselanteil betrug bis zu 69%.

Tabelle 25: 32-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 [%]
22.05.2006	908	25,28	11,05	0,49	6,21	0,071	13
11.10.2006	918	32,99	13,50	1,07	17,83	0,092	2
03.05.2007	864	5,71	4,66	0,39	2,50	0,024	69



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 16 Monaten 478 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Die Angaben über die Tankmengen waren nicht vollständig. Deshalb konnte kein plausibler Verbrauch berechnet werden.

Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im schweren und normalen Lastbereich eingesetzt. Die Auswertungen dieses Traktortagebuches beruhten auf Eintragungen von 78 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

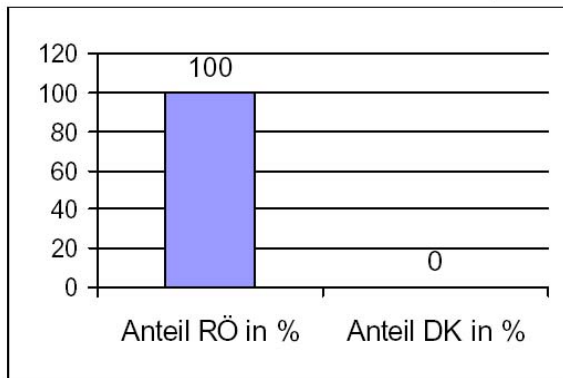
Fahrzeug: 32 Fendt



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 18. Apr. 06 bei TMh: 275
 Letzter Eintrag 24. Aug. 07 bei TMh: 753,4 TMh lt. Traktortagebuch **478,4**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
78



Tankmengen:

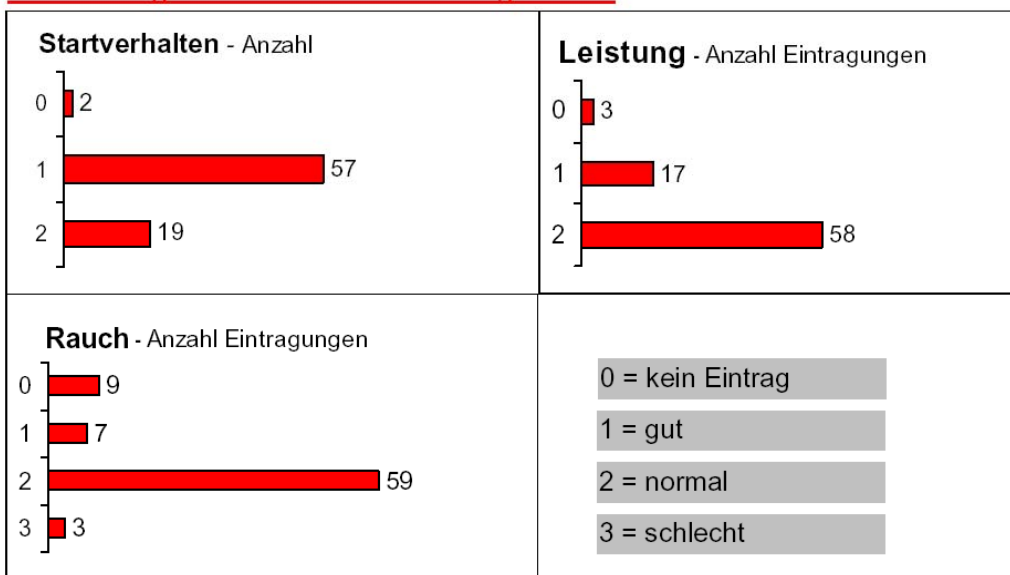
Diesel in l: 0

Rapsöl in l: 650

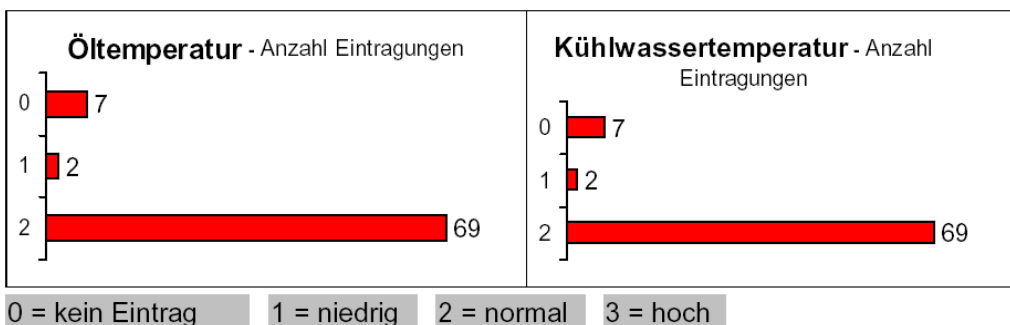
durchschnittlicher Verbrauch/h:

1,36

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



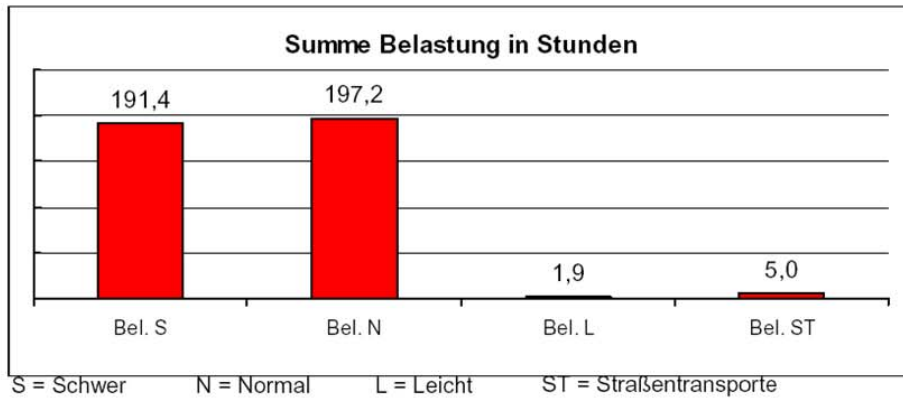


Traktortagebuch

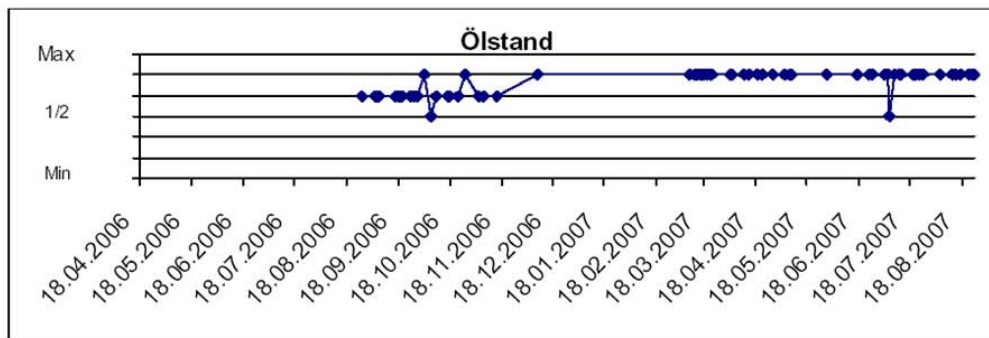
Fahrzeug: 32 Fendt



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

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Im Rahmen der Anfangsuntersuchung konnte keine Überprüfung der Düsen durchgeführt werden. Laut Aussage des Umrüsters wurden die Düsen auf einen Öffnungsdruck von 310 bar eingestellt.

Tabelle 26: 32-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	28	32	22	2	310	285	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	28	32	28	6	310	280	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	28	32	23	4	310	285	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	27	32	22	2	310	280	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	27	33	22	3	310	285	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	27	32	22	2	310	285	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Messung des Kompressionsdruckes zeigte bei Versuchsende im Vergleich zur Anfangsuntersuchung eine geringfügige Erhöhung. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte ebenfalls verbesserte Werte. Hinsichtlich des Düsenöffnungsdruckes wurde ein Druckabfall bis zu 30 bar beobachtet.

Der Schaft der Einspritzdüsen war teilweise mit einer dünnen Belagkruste versehen. Die Düsen spitzen waren etwas stärker belegt, die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 83: 32-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

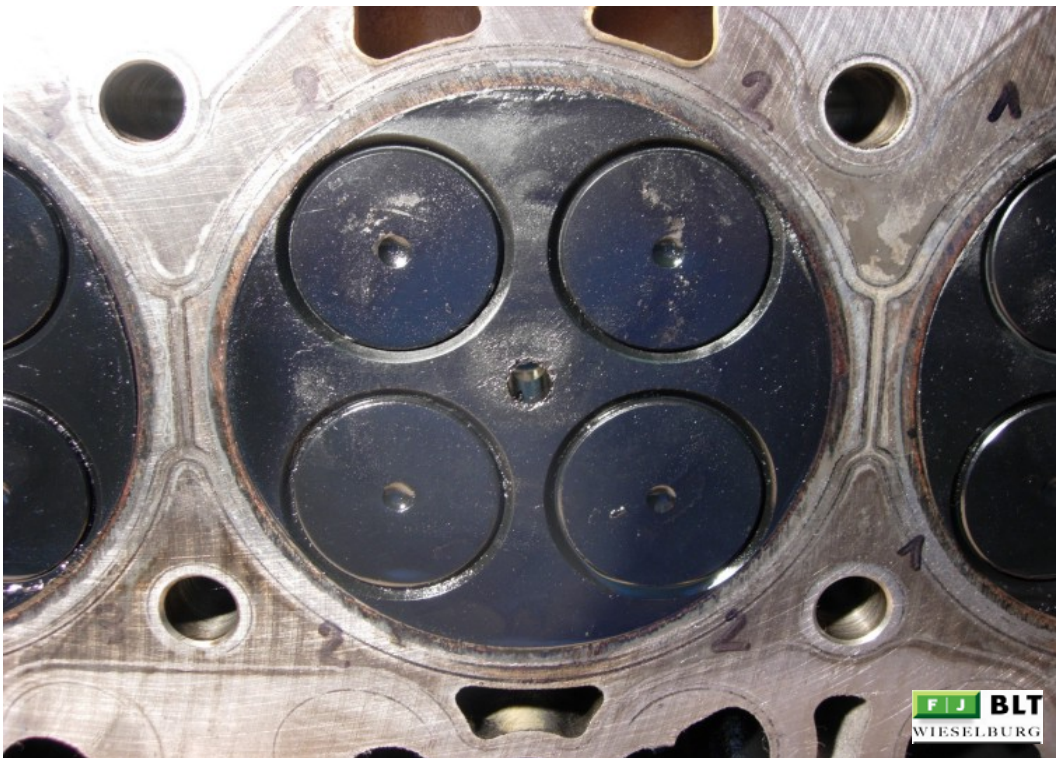


Abbildung 84: 32-NÖ Zylinderkopf



Abbildung 85: 32-NÖ Einlassventile

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feuchten Belag versehen. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer feucht aussehenden Kruste versehen.



Abbildung 86: 32-NÖ Auslassventile

Die Auslassventile waren mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigten keine Verkrustung.

Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Bei Zylinder 3 wurde im Feuerstegbereich ein ca. 1 cm breiter Koksabtrag festgestellt. Die Honung der Laufbüchsen war jeweils deutlich sichtbar. In der Laufbüchse von Zylinder 6 waren im oberen Hubbereich Rostflecken ersichtlich. Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belagsfilm versehen.



Abbildung 87: 32-NÖ Zylinderlaufbüchse

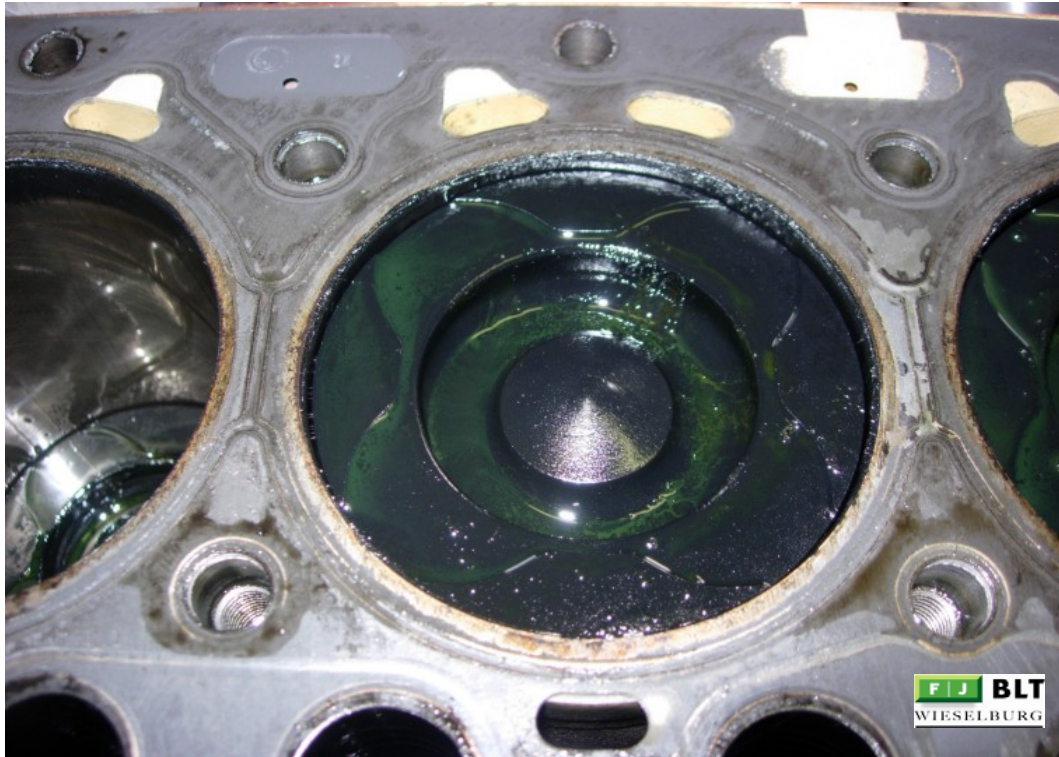


Abbildung 88: 32-NÖ Kolbenboden



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt 714 wurde im März 2006 bei einer bisherigen Laufleistung von 248 Traktormeterstunden von Waldland VWP auf ein VWP 1-Tank System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 745 Betriebsstunden mit diesem System betrieben.

Der Betreiber hat während des Versuchszeitraumes keine Störungen gemeldet.

Zu Beginn der Versuchsmessung war die Leistungskurve bei Dieselbetrieb etwas geringer als bei Rapsölbetrieb. Über die Laufzeit blieben die Leistungskurven beider Kraftstoffe nahezu gleich, sodass sich auch zu Versuchsende dasselbe Bild ergab.

Bei der Anfangsuntersuchung lagen die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen bei Rapsölbetrieb deutlich unter den entsprechenden Werten bei Dieselbetrieb, die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselbetrieb. Bei der Enduntersuchung lagen die CO-Emissionen bei Rapsölbetrieb nur mehr geringfügig unter denen bei Dieselbetrieb. Die niedrigen Kohlenwasserstoffemissionen hatten sich bei Rapsölbetrieb über die Laufzeit noch verringert. Die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb bei der Enduntersuchung ähnlich hoch wie bei der Anfangsuntersuchung. Bei Dieselbetrieb waren die NO_x-Emissionen über die Laufzeit gesunken. Die emittierte spezifische Partikelmasse war bei Dieselbetrieb doppelt so hoch wie bei Rapsölbetrieb.

Die Viskositätsuntersuchungsergebnisse zeigten einen gleichmäßigen Verlauf. Die maximale Abnahme lag bei Messwerten der Viskosität bei 40°C bei rund 13%. Die Analyseergebnisse der Viskosität bei 100°C pendelten in einem Bereich von ±6% des Bezugswertes. Die TBN-Untersuchungsergebnisse zeigten gegen Ende des Ölwechselintervalls eine maximale Abnahme von 20% und waren somit im unbedenklichen Bereich. Die Verschleißgeschwindigkeit lag bei allen analysierten Elementen - Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom – unter dem festgelegten Grenzwert von 0,5 mg/Bh. Der maximal festgestellte Rapsölgehalt der Motorölprobe lag etwas über 11%. Die maximalen Russgehalte lagen bei 1%.



Grenzwertüberschreitungen gab es bei den Rapsölproben aus der Ölmühle hauptsächlich beim Parameter Gesamtverschmutzung. Dieser Parameter wurde in den ersten beiden Projektjahren bei den gezogenen Stichproben durchwegs überschritten. Ab 2005 wurde eine zufrieden stellende Kraftstoffqualität erreicht. Bei den Lagertankproben wurden jeweils einmal Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Phosphorgehalt und Wassergehalt festgestellt. Die Überschreitungen der Grenzwerte bei den Traktortankproben waren auf die entsprechenden Lagertankproben zurückzuführen. Der Dieselanteil betrug bis zu 69%.

Die Messung des Kompressionsdruckes zeigte bei Versuchsende im Vergleich zur Anfangsuntersuchung eine geringfügige Erhöhung. Die Druckverlustmessung im Brennraum lieferte ebenfalls verbesserte Werte. Hinsichtlich des Düsenöffnungsdruckes wurde ein Druckabfall von bis zu 30 bar beobachtet.

Der Schaft der Einspritzdüsen war teilweise mit einer dünnen Belagkruste versehen. Die Düsen spitzen waren etwas stärker belegt, die Düsenlöcher waren allesamt frei. Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feuchten Belag versehen. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer feucht aussehenden Kruste versehen. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigten keine Verkrustung.

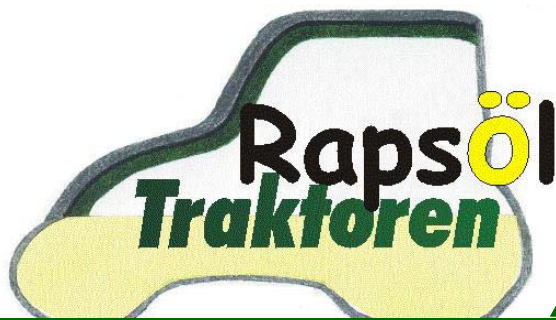
Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Bei Zylinder 3 wurde im Feuerstegbereich ein ca. 1 cm breiter Koksabtrag festgestellt. Die Honung der Laufbüchsen war jeweils deutlich sichtbar. In der Laufbüchse von Zylinder 6 waren im oberen Hubbereich Rostflecken ersichtlich. Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belagsfilm versehen.





33-OÖ

33-OÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Steyr 6155 CVT
Umrüstung:	Juli 2006
Umrüttlösung:	Rapstruck 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.002 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Steyr CVT 6155
Motortype	CNH 620.97/1
Erstmalige Zulassung	06.04.2006
Motorhersteller	SISU Diesel
Motor Nr.	R 14 701
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	20 Liter
Nennleistung	115 kW
Nenn Drehzahl	2100 min ⁻¹
Hubraum	6596 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 120mm
Verdichtungsverhältnis	16,5:1
Einspritzpumpe	Bosch VP30
Einspritzdruck	270 bar
Kraftstofftank	310 Liter
Eigengewicht	6.520 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Juli 2006
bei TMh	155,9
Enduntersuchung	Juni 2008
bei TMh	1.158

Umrüstung

Umrüstsystem	Rapstruck Zweitanksystem
Umrüster	Deschberger Karl

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 der Versuchsmessung wurde eine nahezu idente Leistungskurve beider Kraftstoffe festgestellt. Im unteren Drehzahlbereich war die Leistung bei Rapsölbetrieb höher, bei Nenndrehzahl wiederum wurde eine höhere Leistung bei Dieselbetrieb beobachtet. Über die Laufzeit kam es bei beiden Kraftstoffen zu einem geringen Leistungsverlust.

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

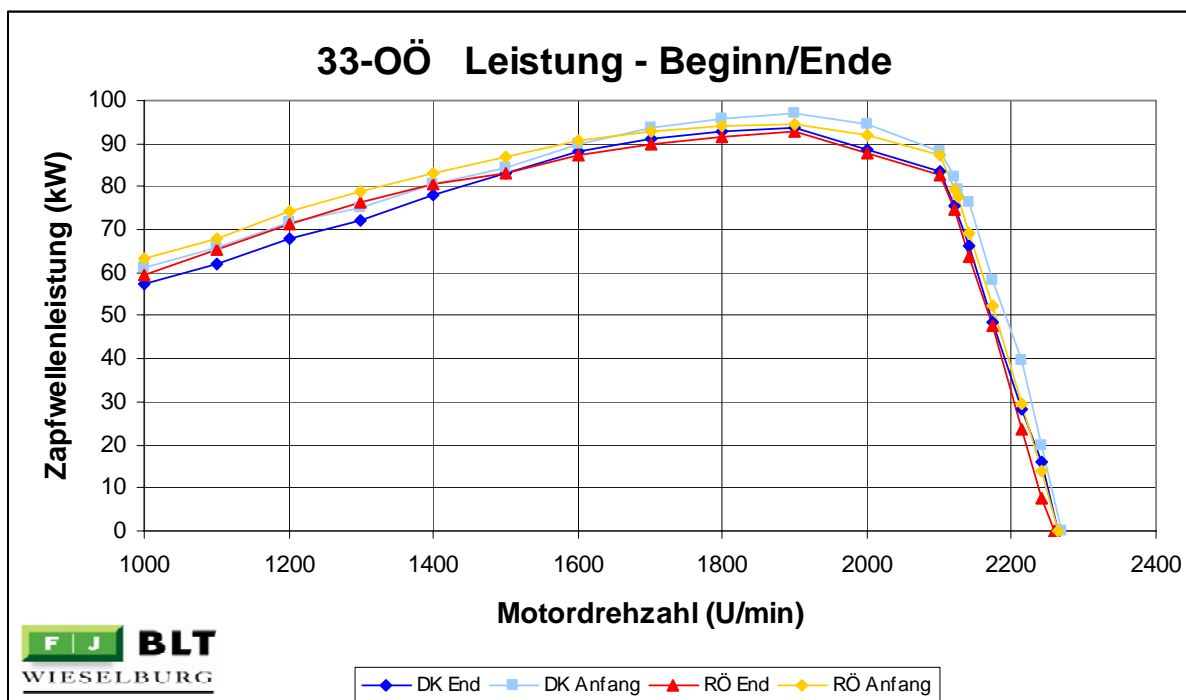


Abbildung 89: 33-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

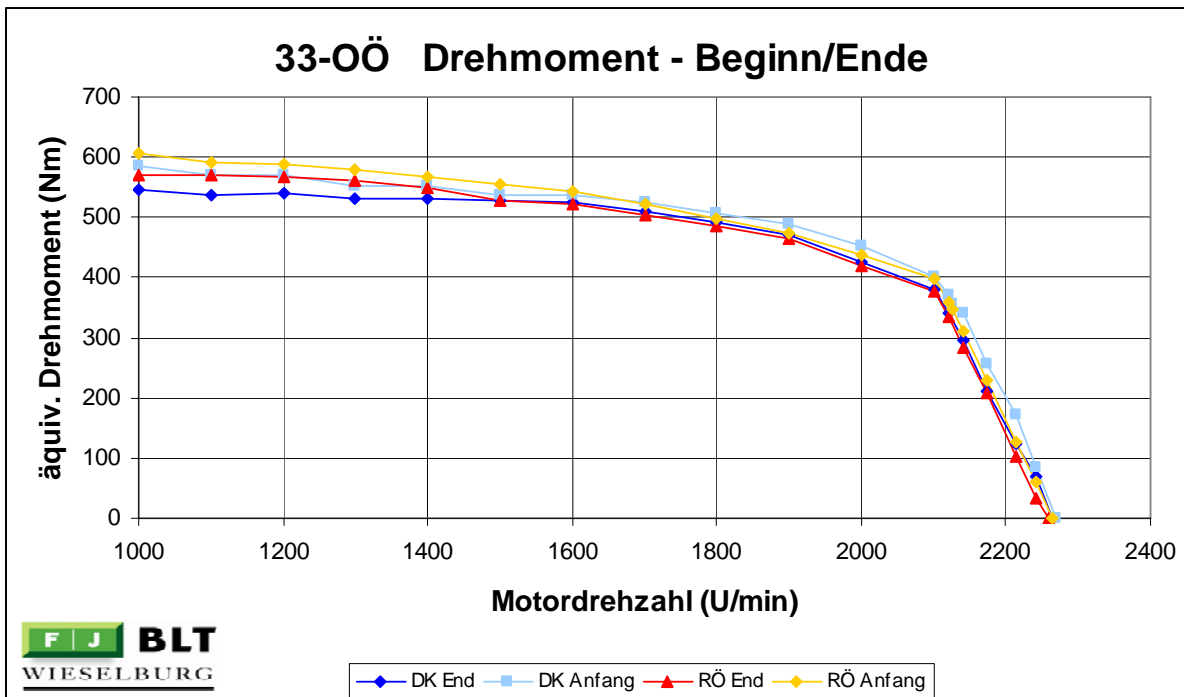


Abbildung 90: 33-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

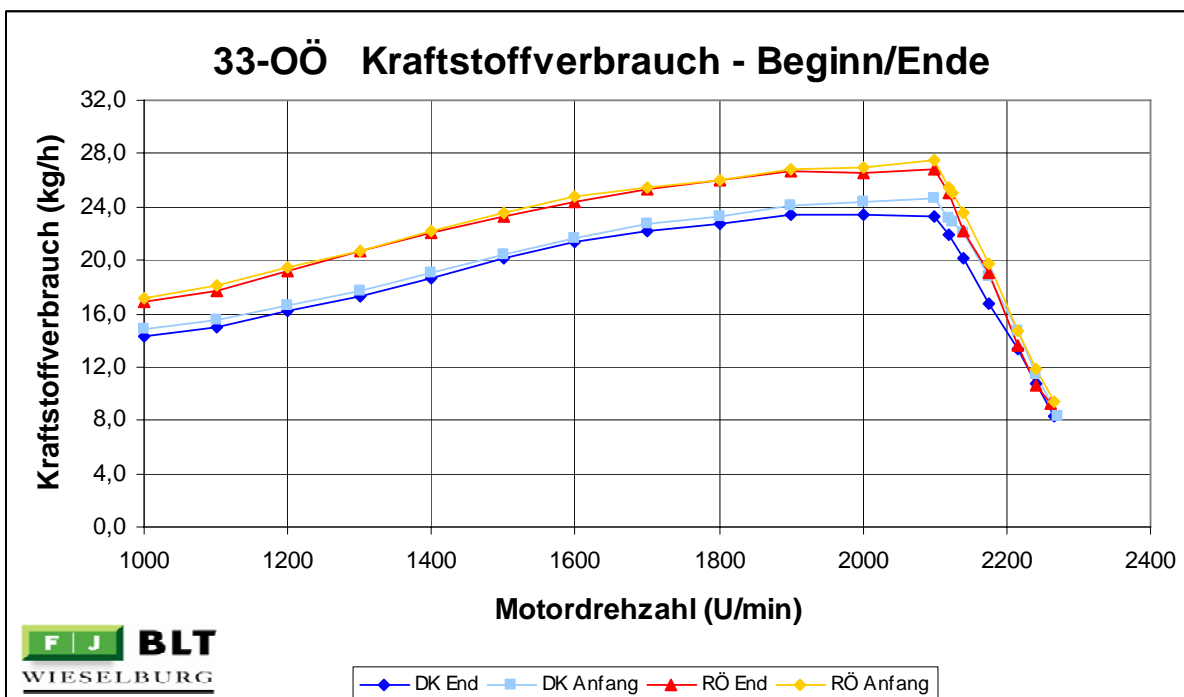


Abbildung 91: 33-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

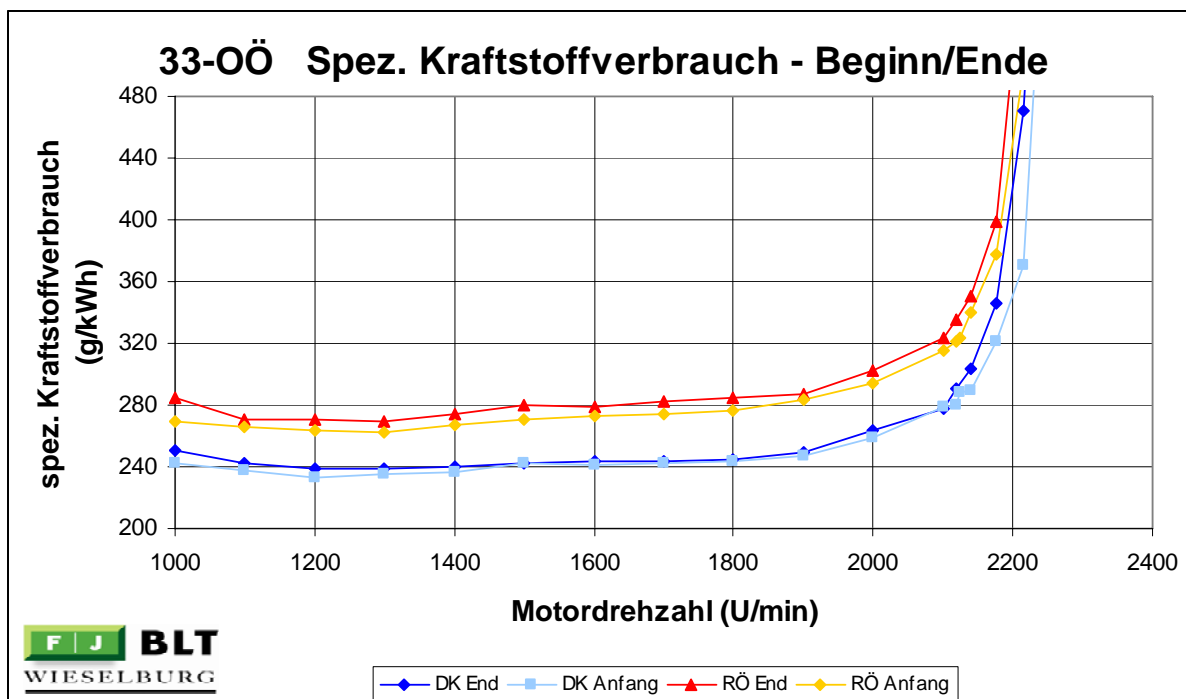


Abbildung 92: 33-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Die Blow-by Werte des Motors wurden im Rahmen der Leistungsmessung bei Versuchsbeginn und –ende ebenfalls gemessen. In der nachfolgende Abbildung sind die Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment dargestellt. Die Messungen bei Versuchsende zeigten bei beiden Kraftstoffen einen geringen Anstieg der Blow-by Werte.

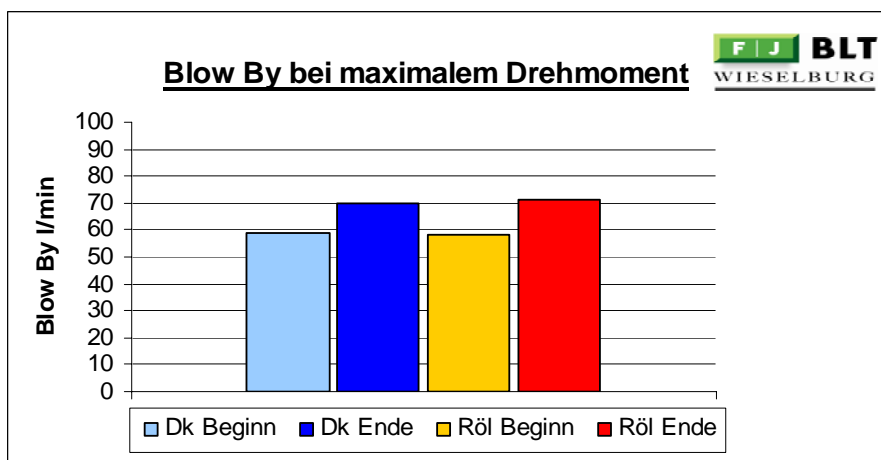


Abbildung 93: 33-OÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenwasserstoffemissionen lagen bei Rapsölbetrieb deutlich unter den entsprechenden Werten bei Dieselpetrieb. Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb sowohl bei der Anfangsuntersuchung als auch bei der Enduntersuchung etwas geringer als bei Dieselpetrieb. Die NO_x-Emissionen lagen bei Rapsölbetrieb zu Versuchsbeginn um rund 1 g/kWh über den Dieselpetriebswerten. Sie verbesserten sich über die Laufzeit bei beiden Kraftstoffen. Die Differenz der NO_x-Emissionsergebnisse der beiden Kraftstoffe verringerte sich deutlich.

Tabelle 27: 33-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	08.11.2006	27.05.2008	07.11.2006	27.05.2008
CO	1,38	1,38	1,09	1,35
HC	0,27	0,22	0,76	0,77
NO _x	9,09	7,96	8,06	7,58

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 wurde jeweils eine Messung mit Diesel und Rapsöl durchgeführt.

Tabelle 28: 33-OÖ Ergebnisse aus der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	Datum
RÖ	0,246	27.05.2008
DK	0,311	27.05.2008

Die spezifische emittierte Partikelmasse war bei Rapsölbetrieb niedriger als bei Dieselpetrieb. Die Partikelemissionswerte beider Kraftstoffe lagen über dem Mittelwert der übrigen Traktoren.

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, die Werte wurden laut Empfehlung des Umrüsters auf 250 Betriebsstunden reduziert.

Während der Projektlaufzeit wurden vier Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 205 TMh untersucht. Von 21 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 13% der alle 50 TMh zu ziehenden 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%.

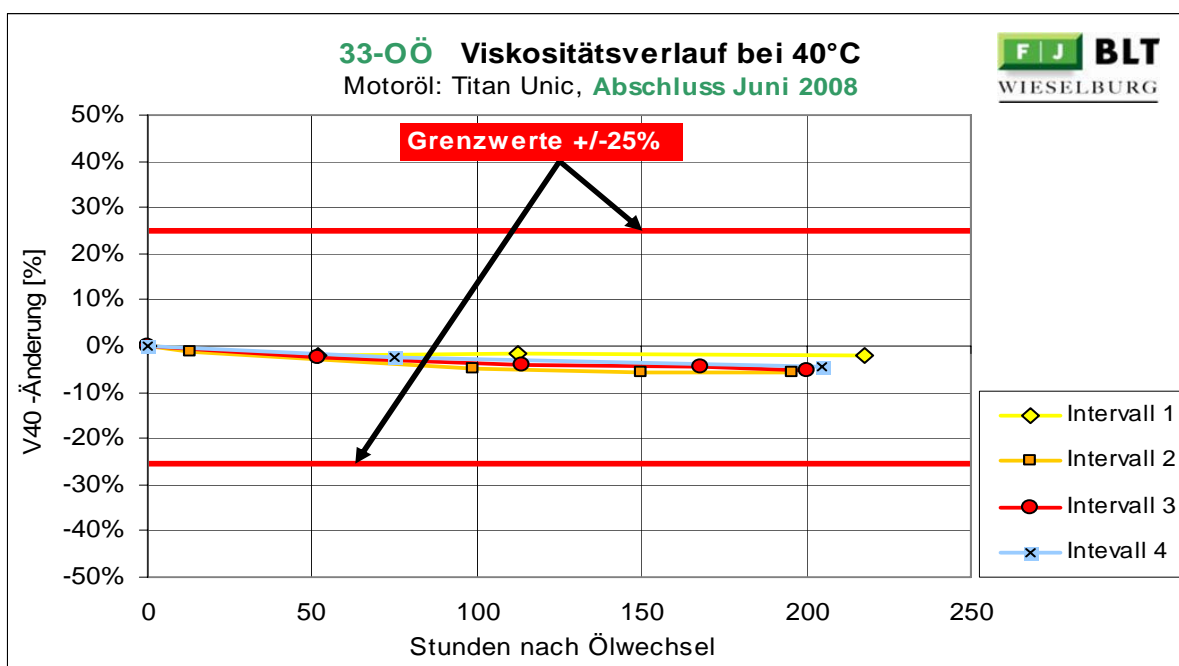


Abbildung 94: 33-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Verläufe der Viskosität bei 40°C waren sehr gleichmäßig. Die maximale Abnahme lag im Bereich von 5%. Bei den Viskositätswerten bei 100°C zeigte sich das gleiche Bild.

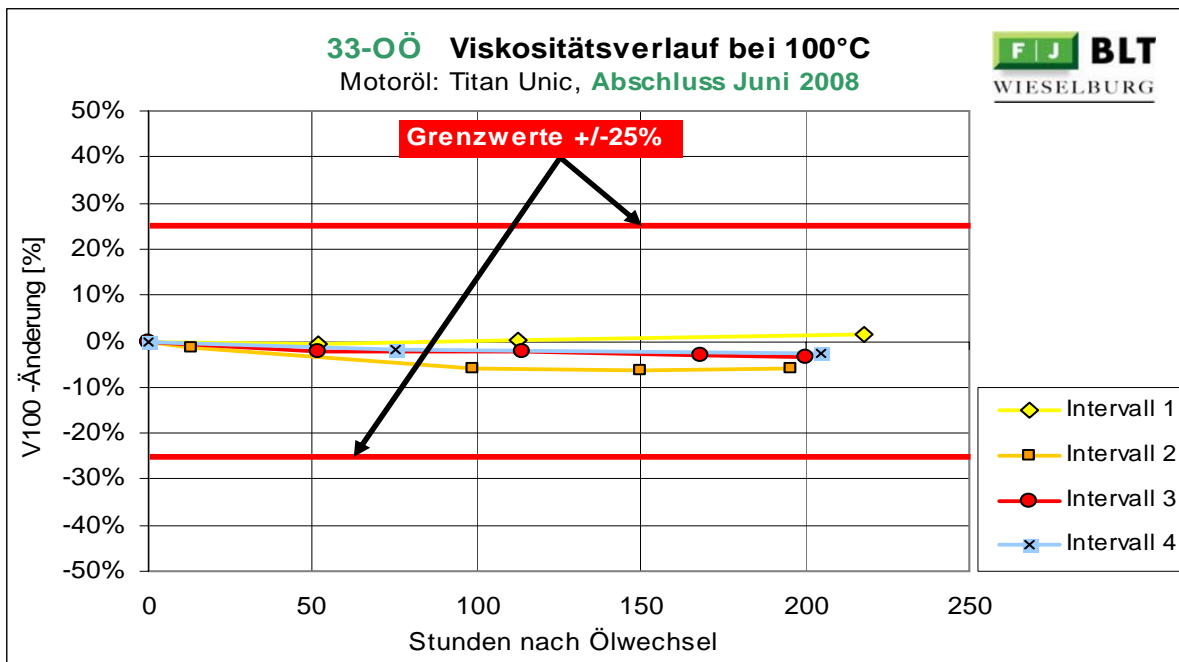


Abbildung 95: 33-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

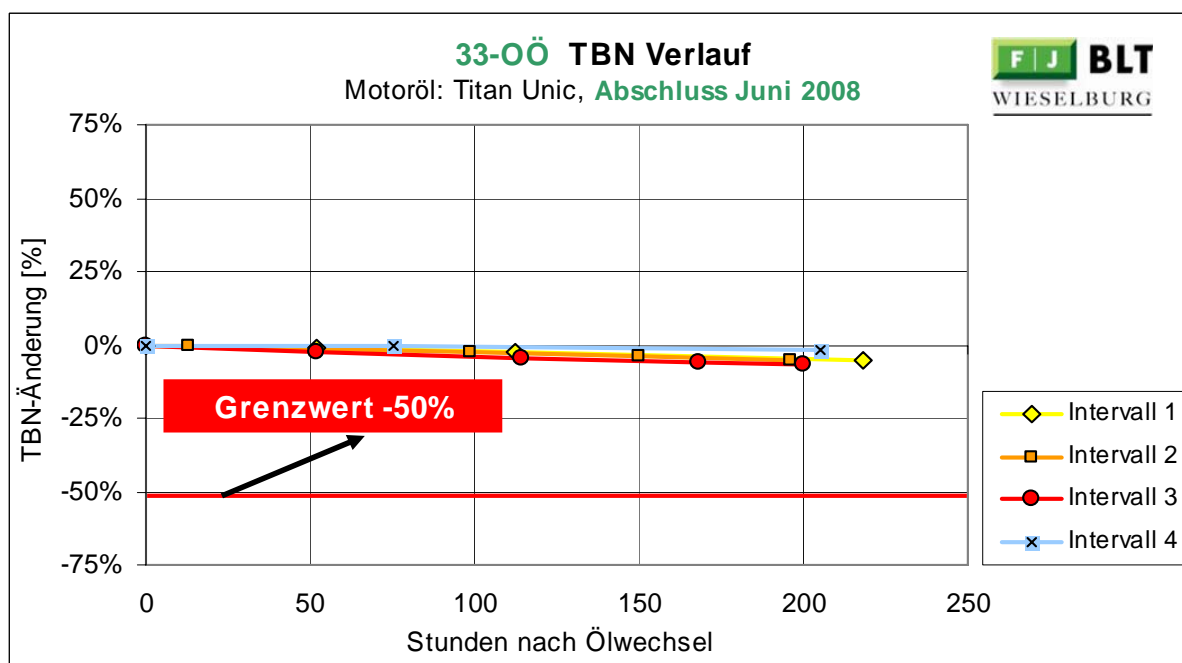


Abbildung 96: 33-OÖ Änderung der Total Base Number

Die Abnahme der TBN-Untersuchungsergebnisse war mit deutlich unter 10% als sehr gering einzustufen.



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

Die Verschleißgeschwindigkeit lag bei analysierten Elementen Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom deutlich unter dem festgesetzten Grenzwert von 0,5 mg/Bh.

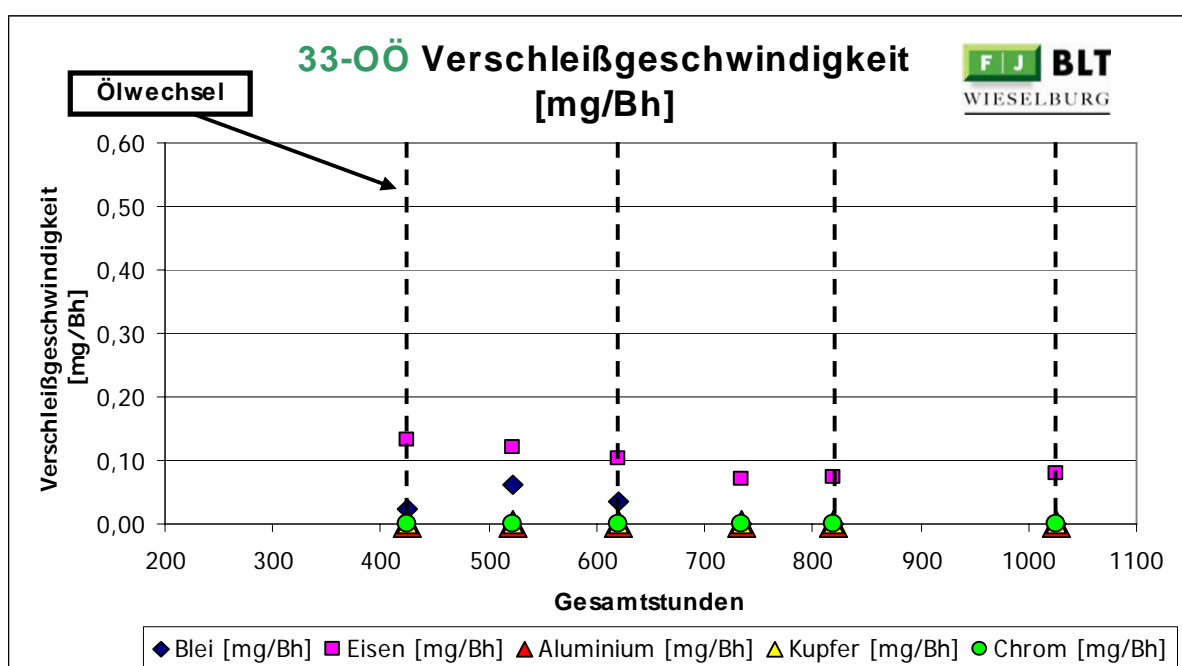


Abbildung 97: 33-OÖ Verschleißgeschwindigkeit

Die Untersuchungsergebnisse wiesen maximale Russgehalte von 1,3% aus. Die höchsten festgestellten Rapsölgehalte lagen bei 4,5%.

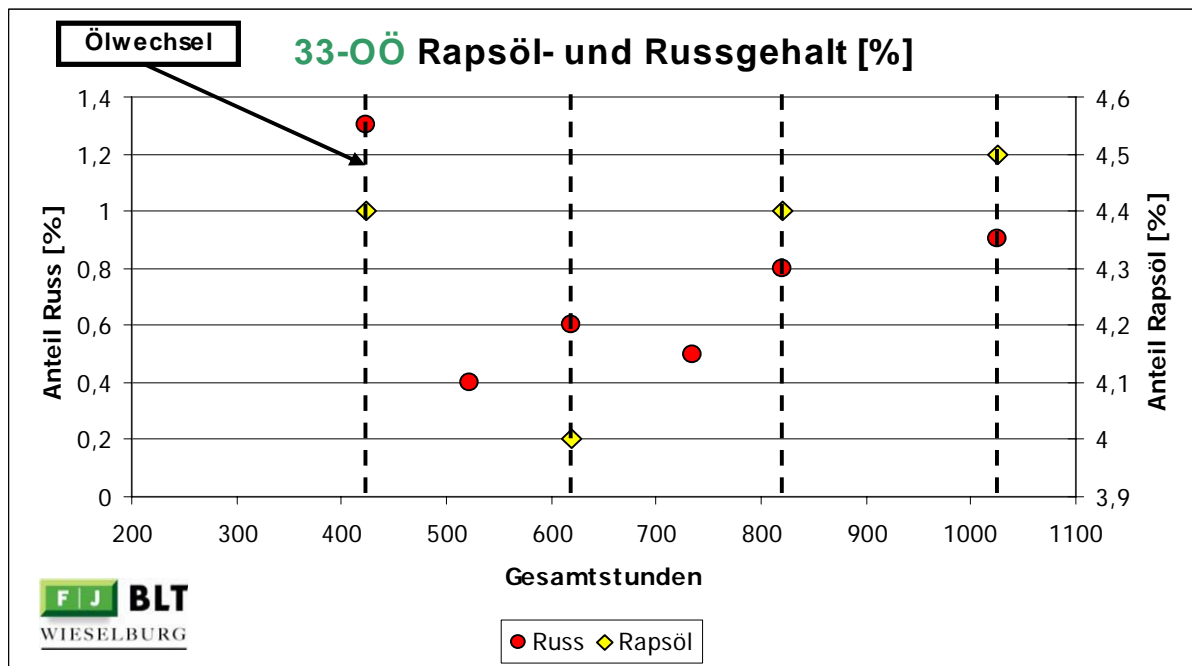


Abbildung 98: 33-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine Auffälligkeiten festzustellen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Pramtalöl & Co KG aus Taufkirchen/Pram in Oberösterreich. Insgesamt wurden jeweils vier Proben aus dem Traktortank und dem Lagertank entnommen. 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 dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht der Qualität der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den Kraftstoffproben aus dem Lagertank wurde lediglich eine Grenzwertüberschreitung beim Wassergehalt festgestellt.

Tabelle 29: 33-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Datum Probenahme	Dichte bei 15°C [kg/m³]	V40 [mm²/s]	GV [mg/kg]	NZ [mg KOH/g]	Oxidationsstabilität [h]	Phosphorgehalt [mg/kg]	Wassergehalt [Masse-%]
07.09.2006	921	35,12	8,73	1,13	6,98	12,19	0,083
06.12.2006	918	35,43	13,88	0,43		5,44	
25.04.2007	919	35,46	14,92	0,38	7,70	3,80	0,044
28.06.2007	919	35,43	8,43	0,49	8,87		0,066

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Analog zur Lagertankprobe wurde beim selben Probenahmezeitpunkt auch bei der Traktortankprobe eine einmalige Überschreitung des Wassergehaltsgrenzwertes festgestellt. Die Dieselgehalte lagen bei 2-3%.

Tabelle 30: 33-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 [%]
07.09.2006	917	30,48	9,25	1,12	12,03	0,082	3
06.12.2006	918	33,73	4,95	0,52	4,57		2
25.04.2007	917	33,00	18,16	0,38	3,59	0,047	3
28.06.2007	917	32,76	14,18	0,45		0,065	3



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 über einem Jahr 352 Betriebsstunden mit Rapsöl und damit nur rund ein Drittel der Einsatzstunden zwischen Umrüstung und Abschlussuntersuchung dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Aufzeichnungen 3.086 Liter Rapsöl und 626 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 10,55 Liter je Traktormeterstunde. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 17%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im schweren Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 44 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

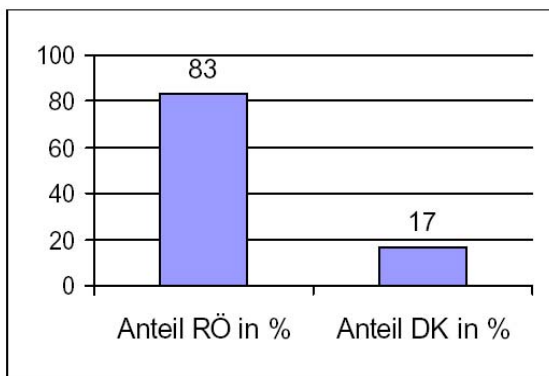
Fahrzeug: 33 Steyr CVT 6155 A



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 28. Jul. 06 bei TMh: 156,6
 Letzter Eintrag 31. Mär. 07 bei TMh: 508,3 TMh lt. Traktortagebuch **351,7**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 44

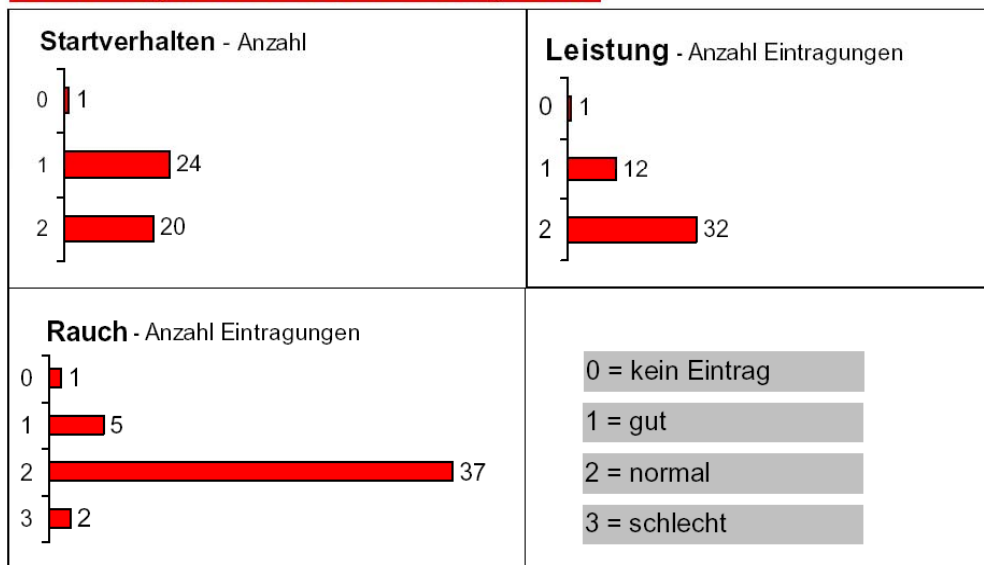


Tankmengen:

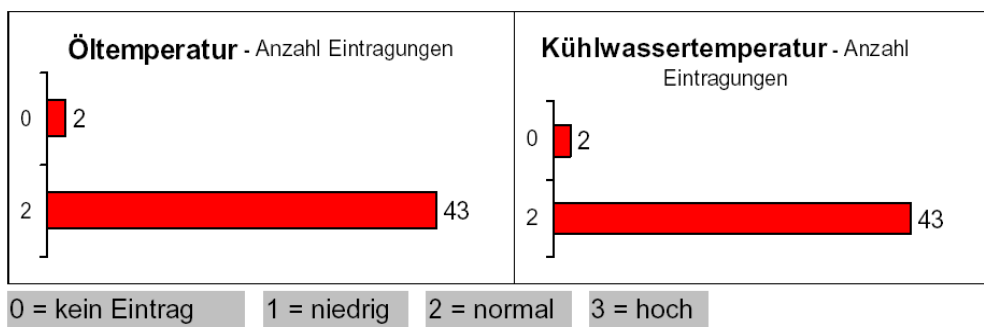
Diesel in l: 626
 Rapsöl in l: 3086

duchschnittlicher Verbrauch/h:
10,55

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



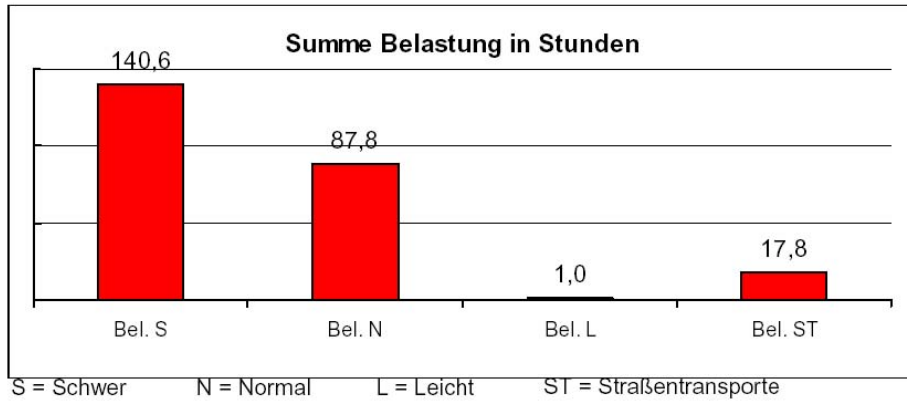


Traktortagebuch

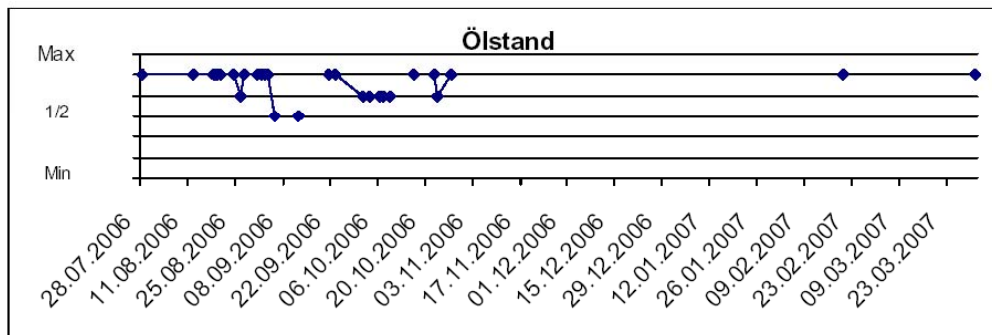
Fahrzeug: 33 Steyr CVT 6155 A



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Auslastung

Zusätzlich zu den Auswertungen des Traktortagebuches lieferte das „Load Profile“, welches bei Steyr CVT Traktoren mit BOSCH Einspritzpumpe ausgelesen werden kann, weitere Informationen über die Auslastung des Traktors. Das elektronische System (EEM Electronic-Engine-Management) des Motors speichert während des Betriebes kumulativ die jeweiligen Einspritzmengen und Drehzahlen.

Das nachfolgend dargestellte Belastungsprofil zeigt den prozentuellen Zeitanteil, aufgetragen über die verschiedenen Drehzahlbereiche, während einer aufgezeichneten Betriebsdauer von 918 Stunden.

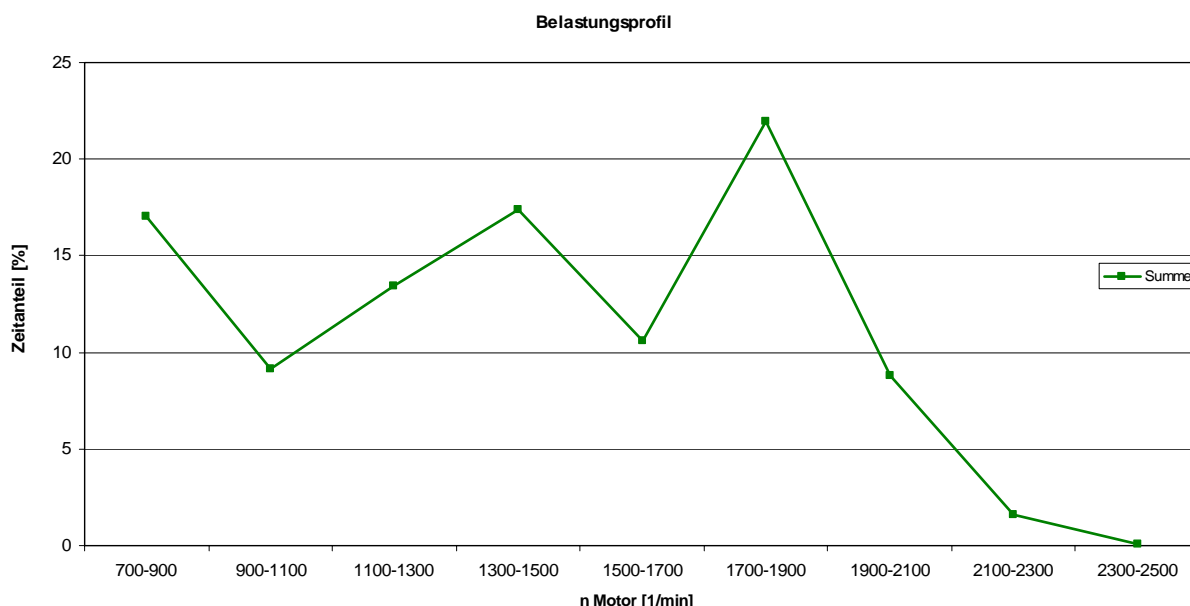


Abbildung 99: 33-OÖ Belastungsprofil

Die räumliche Darstellung der Auslastung des Motors zeigte einen hohen Anteil an Leerlauf und den Hauptanteil der Belastung im Drehzahlbereich von 1700 bis 2000 min^{-1} . Relativierend muss ergänzt werden, dass der Leerlaufbereich bei jedem Beschleunigungsvorgang durchfahren wurde und damit den Leerlaufanteil erhöhte.

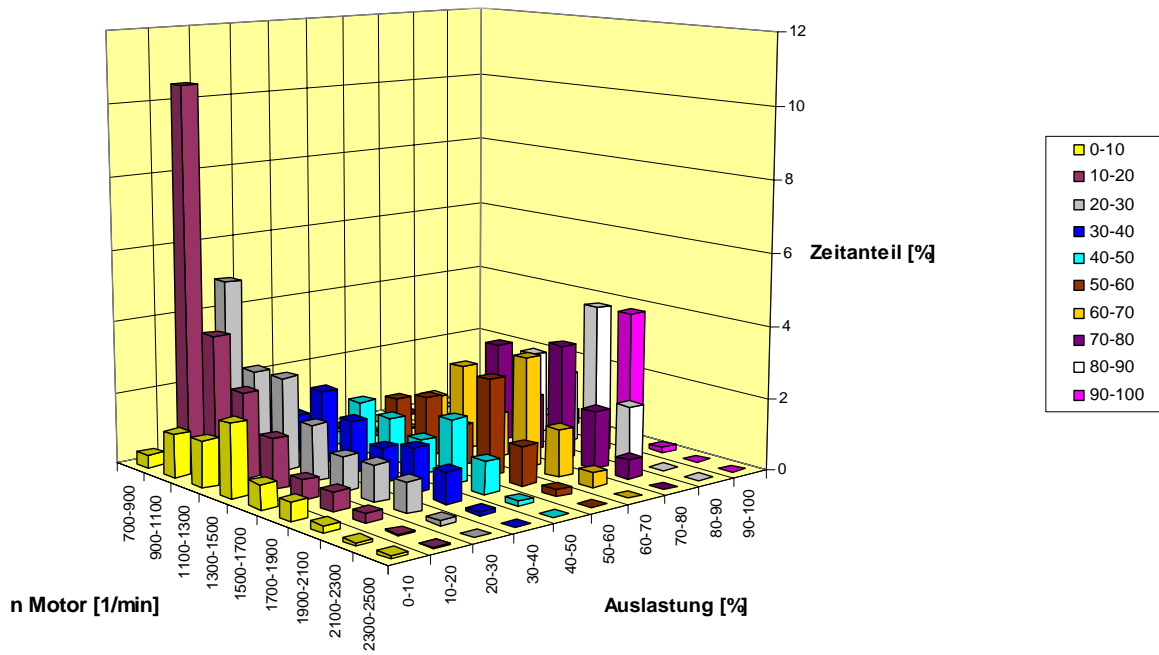


Abbildung 100: 33-OÖ Auslastung des Motors

6. Dokumentationen 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. angefertigt. 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 des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte eine geringfügige Druckabnahme im Vergleich zu den Anfangswerten. Der ebenfalls gemessene Druckverlust im Brennraum lieferte über die Laufzeit gering verbesserte Werte. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war um ca. 5 bar abgesunken.

Tabelle 31: 33-OÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	34	34	14	14	270	265	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	36	32	18	11	275	270	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	36	34	21	12	270	265	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	38	34	18	11	275	270	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	42	34	18	15	270	265	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	40	34	17	11	275	265	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Einspritzdüsen waren am Schaft teilweise mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Düsen spitzen waren etwas stärker, zum Teil massiv, belegt. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 101: 33-OÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht aussehenden Belag versehen, welcher in den Randbereichen in eine Belagskruste überging.

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer schwarzen, feucht aussehenden Kruste versehen, wobei die Stärke als gering eingestuft wurde. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigten keine Verkrustung. Im Einlass- und Auslasskanal wurde im Bereich direkt nach den Ventilsitzen eine geringe Verkrustung beobachtet.

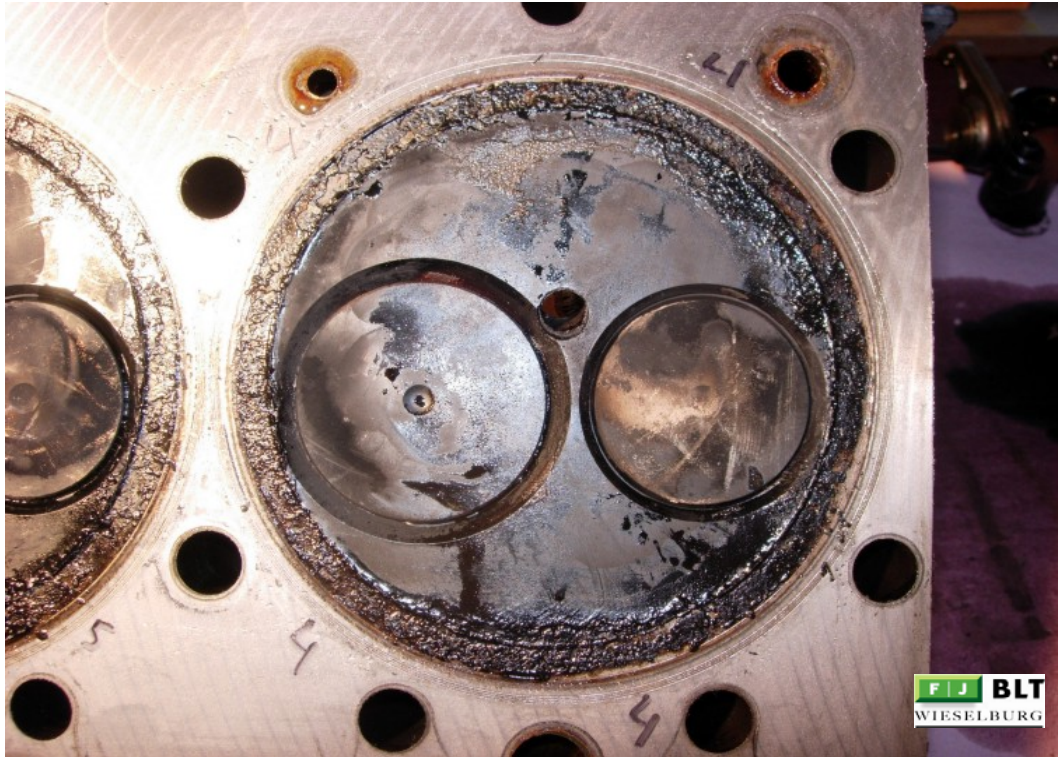


Abbildung 102: 33-OÖ Zylinderkopf



Abbildung 103: 33-OÖ Einlass- und Auslassventil

Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Die Honspuren waren deutlich sichtbar.

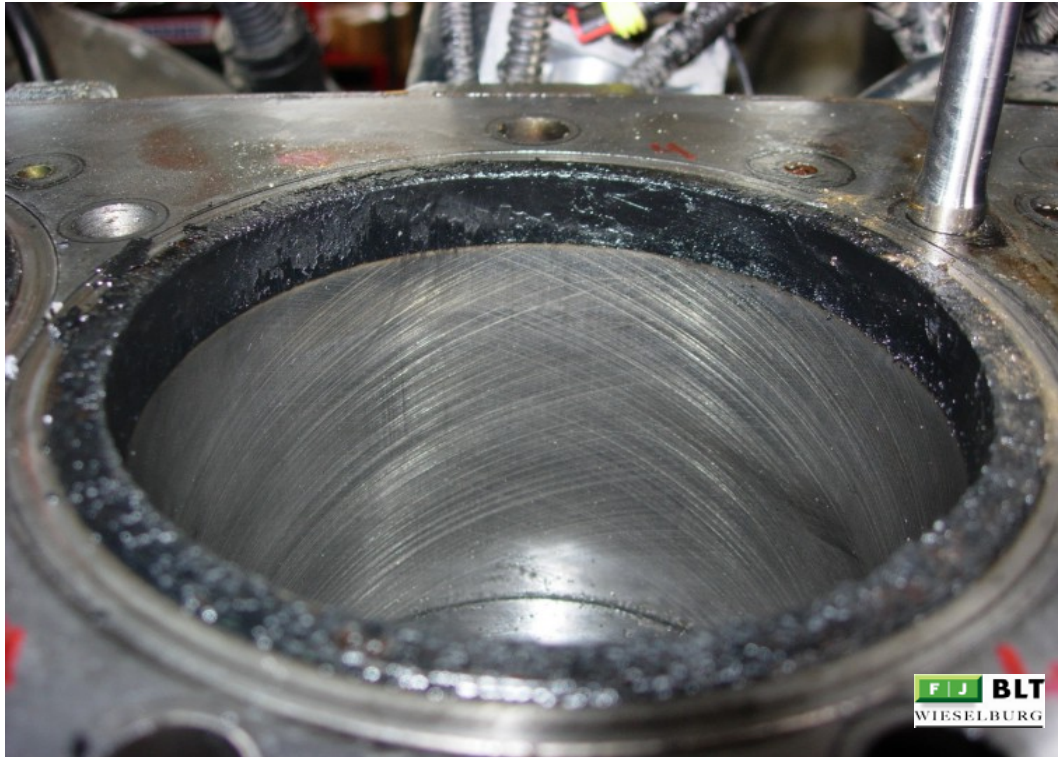


Abbildung 104: 33-OÖ Zylinderlaufbüchse

Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belagsfilm versehen. Im Randbereich und in der Kolbenmulde war teilweise eine geringfügige Kruste vorhanden.

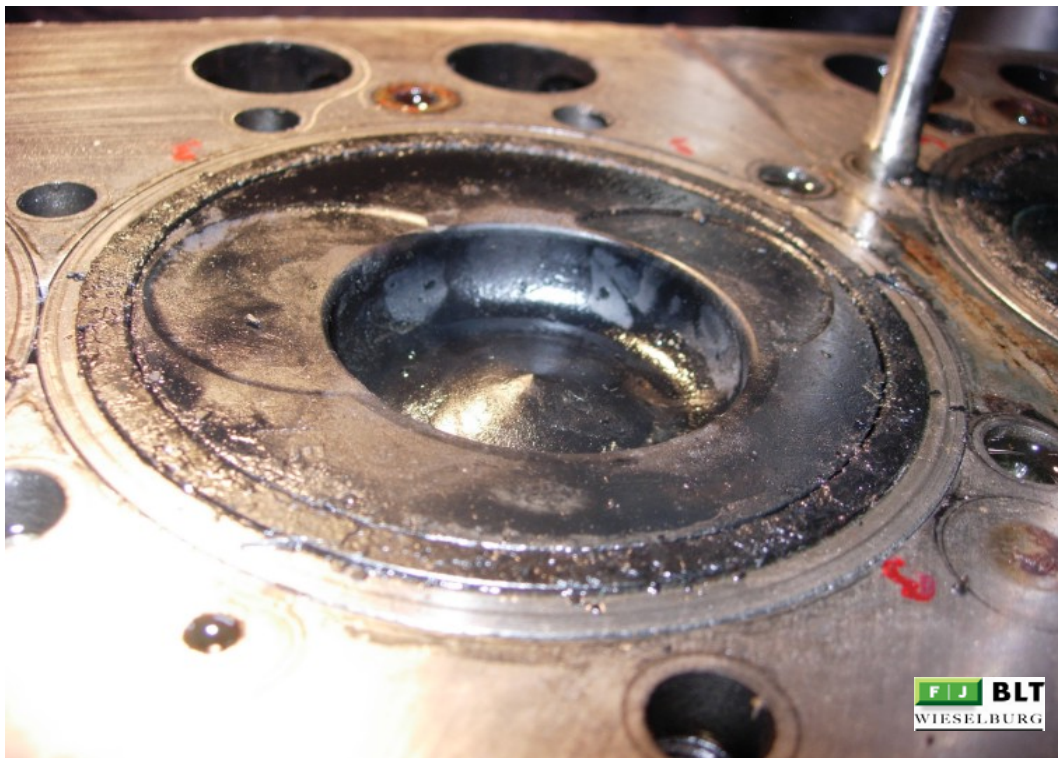


Abbildung 105: 33-OÖ Kolbenboden



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Steyr 6155 CVT wurde als Neutraktor von der Fa. Deschberger mit einem Rapstruck 2-Tank-System ausgerüstet und im Juli 2006 bei 156 Traktormeterstunden einer Anfangsuntersuchung unterzogen. Der Traktor wurde insgesamt 1.002 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Es wurden vom Betreiber während des Versuchszeitraumes keine Störungen gemeldet.

Zu Beginn der Versuchsmessung wurde eine nahezu idente Leistungskurve beider Kraftstoffe festgestellt. Im unteren Drehzahlbereich war die Leistung bei Rapsölbetrieb höher, bei Nenndrehzahl wiederum wurde eine höhere Leistung bei Dieselbetrieb beobachtet. Über die Laufzeit kam es bei beiden Kraftstoffen zu einem geringen Leistungsverlust.

Die Kohlenwasserstoffemissionen lagen bei Rapsölbetrieb deutlich unter den entsprechenden Werten bei Dieselbetrieb. Die Kohlenmonoxidemissionen waren bei Rapsölbetrieb bei der Anfangsuntersuchung spürbar höher als bei Dieselbetrieb, bei der Enduntersuchung waren sie nahezu gleich. Die NO_x-Emissionen lagen bei Rapsölbetrieb zu Versuchsbeginn um rund 1 g/kWh über den Dieselbetriebswerten. Sie verbesserten sich über die Laufzeit bei beiden Kraftstoffen. Die Differenz der NO_x-Emissionsergebnisse der beiden Kraftstoffe verringerte sich deutlich. Die spezifische emittierte Partikelmasse war bei Rapsölbetrieb niedriger als bei Dieselbetrieb. Die Partikelemissionswerte beider Kraftstoffe lagen über dem Mittelwert der übrigen Traktoren

Die Verläufe der Viskosität bei 40°C waren sehr gleichmäßig. Die maximale Abnahme lag im Bereich von 5%. Bei den Viskositätswerten bei 100°C zeigte sich das gleiche Bild. Die Abnahme der TBN-Untersuchungsergebnisse war mit deutlich unter 10% als sehr gering einzustufen. Die Verschleißgeschwindigkeit lag bei analysierten Elementen Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom deutlich unter dem



festgesetzten Grenzwert von 0,5 mg/Bh. Die Untersuchungsergebnisse wiesen maximale Russgehalte von 1,3% aus. Die höchsten festgestellten Rapsölgehalte lagen bei 4,5%.

Die Analyseergebnisse der Rapsölproben zeigten sowohl bei den Lagertank- als auch bei den Traktortankproben ein sehr zufrieden stellendes Bild mit jeweils nur einer Grenzwertüberschreitung beim Parameter Wassergehalt.

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte eine geringfügige Druckabnahme im Vergleich zu den Anfangswerten. Der ebenfalls gemessene Druckverlust im Brennraum lieferte bei der Enduntersuchung gering verbesserte Werte. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war um ca. 5 bar abgesunken.

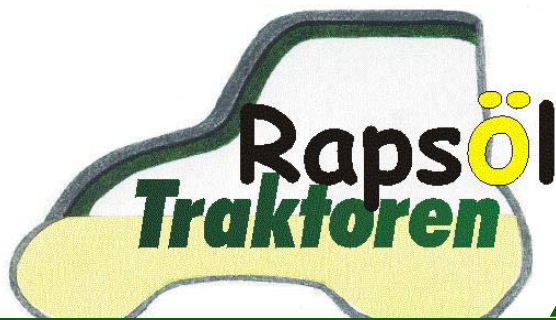
Die Einspritzdüsen waren am Schaft teilweise mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Düsen Spitzen waren etwas stärker, zum Teil massiv, belegt. Die Düsenlöcher waren allesamt frei. Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feucht aussehenden Belag versehen, welcher in den Randbereichen in eine Belagskruste überging. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer schwarzen, feucht aussehenden Kruste versehen, wobei die Stärke als gering eingestuft wurde. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigten keine Verkrustung. Im Einlass- und Auslasskanal wurde im Bereich direkt nach den Ventilsitzen eine geringe Verkrustung festgestellt.

Der Feuerstegbereich war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarz, feucht glänzenden Belag versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem feuchten, schwarzen Belagsfilm versehen. Im Randbereich und in der Kolbenmulde war teilweise eine geringfügige Kruste vorhanden.



34-NÖ

34-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Fendt 930
Umrüstung:	Juni 2006
Umrüttlösung:	Graml 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	985 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Fendt 930 Vario TMS
Motortype	D0836LE510
Erstmalige Zulassung	17.09.2004
Motorhersteller	MAN
Motor Nr.	16406165909271
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	21,5 Liter
Nennleistung	221 kW
Nenn Drehzahl	2100min ⁻¹
Hubraum	6870 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 125mm
Verdichtungsverhältnis	18:1
Einspritzpumpe	Bosch VP 44
Einspritzdruck	----
Kraftstofftank	530 Liter
Eigengewicht	8.950 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Juni 2006
bei TMh	934,4
Enduntersuchung	Februar 2008
bei TMh	1918,5

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.

Zu Beginn der Versuchsmessungen wurde bei Rapsölbetrieb eine bis zu 20 kW höhere Leistung gemessen. Im Zuge der Endvermessung wurde bei Rapsölbetrieb ein Leistungsabfall ebenfalls im Bereich von 20 kW festgestellt. Zwischenzeitlich erfolgte eine zweimalige Reparatur der Einspritzpumpe Die Leistungskurven bei Dieselbetrieb blieben bei allen Messungen nahezu gleich.

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

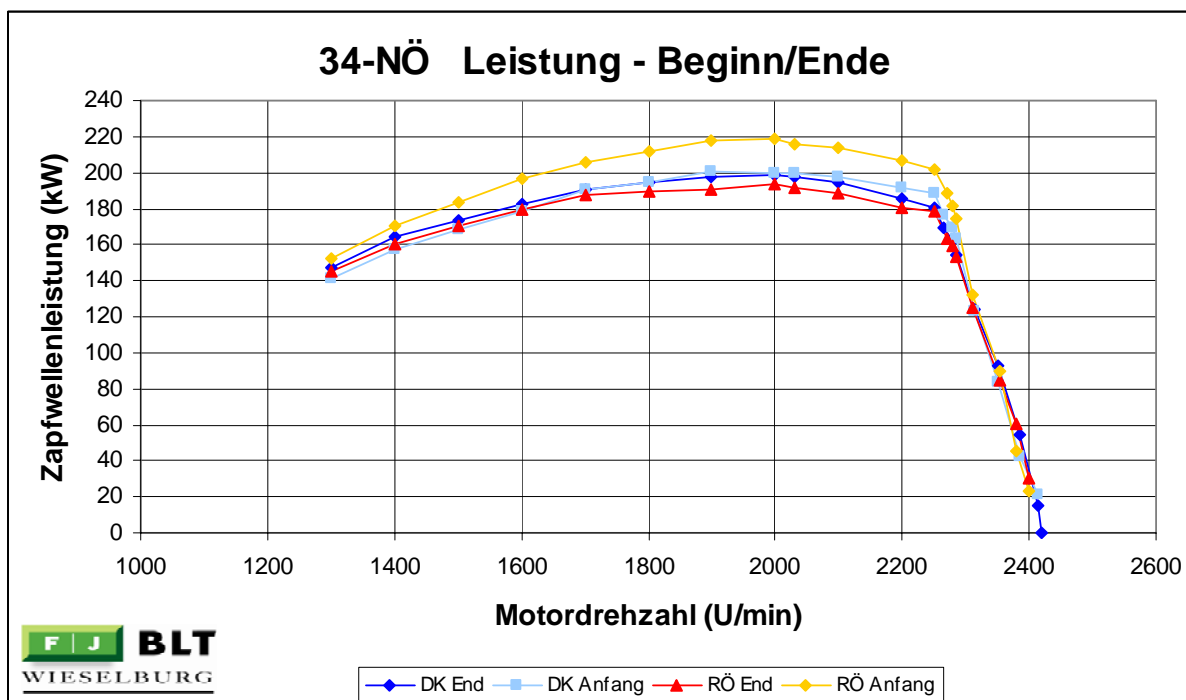


Abbildung 106: 34-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

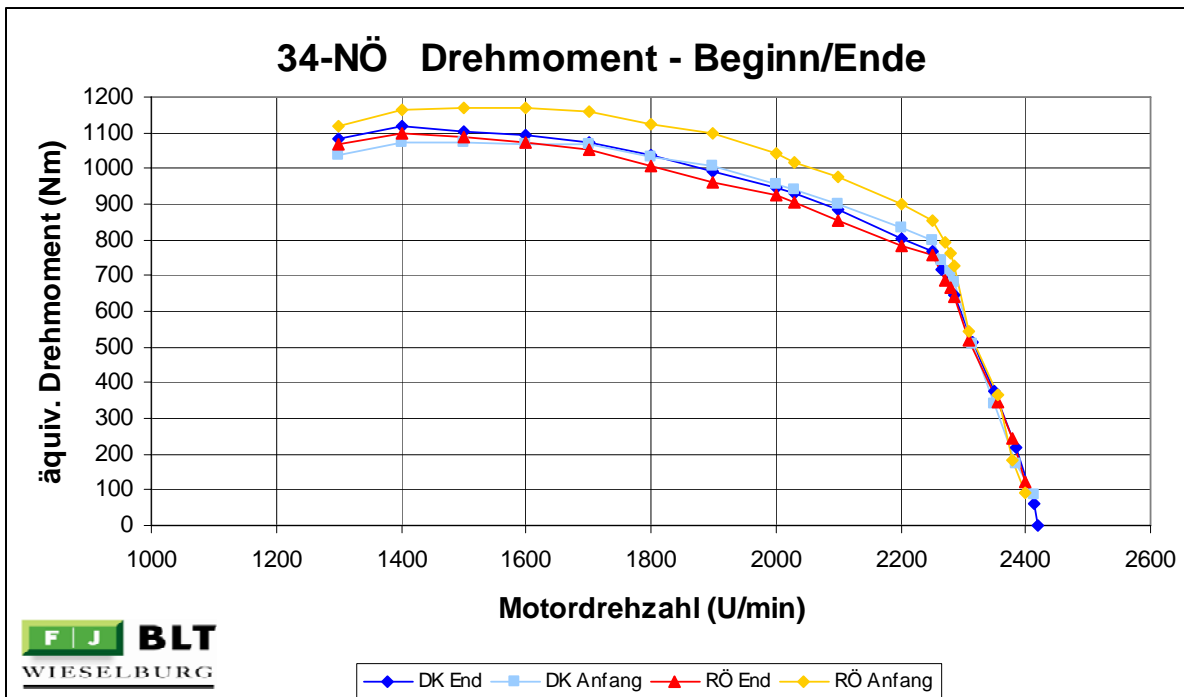


Abbildung 107: 34-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

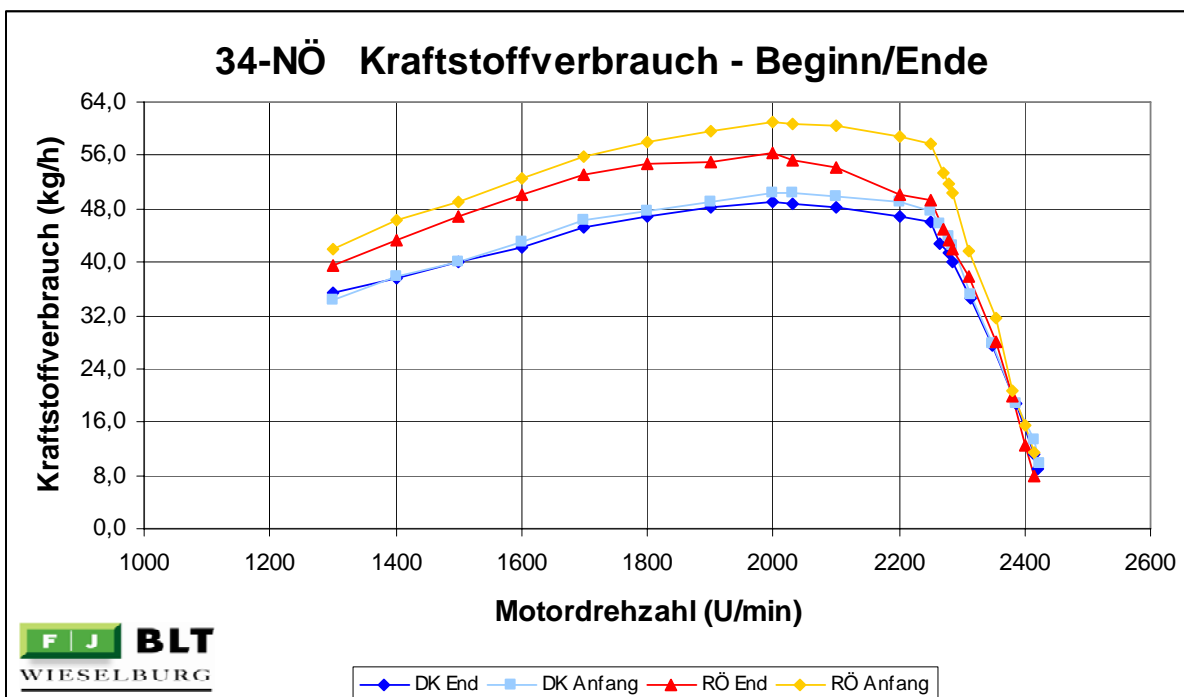


Abbildung 108: 34-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

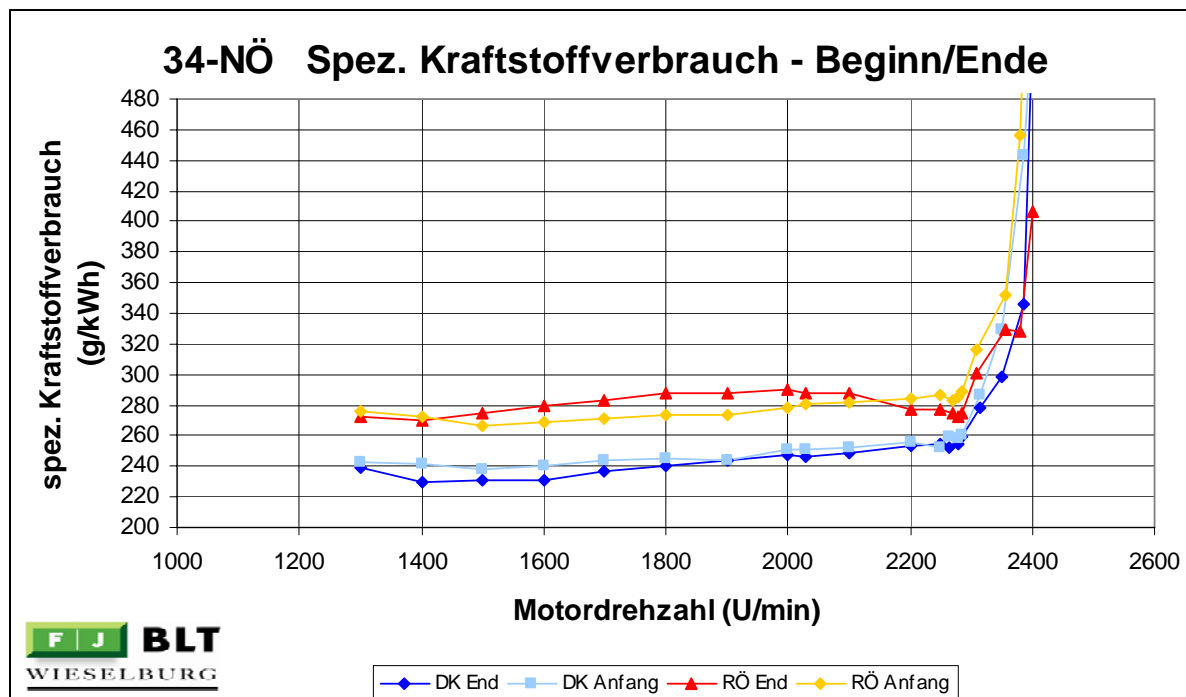


Abbildung 109: 34-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

Emissionsmessung

Zu Versuchsbeginn waren bei Rapsölbetrieb deutlich geringere Kohlenmonoxidemissionen als bei Dieselpetrieb feststellbar. Bei der Enduntersuchung waren die entsprechenden Emissionswerte bei beiden Kraftstoffen gleich. Die Kohlenwasserstoffemissionen unterschieden sich nur geringfügig und blieben über den Untersuchungszeitraum konstant. Die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb geringfügig höher als bei Dieselpetrieb.

Die Emissionswerte dieses Traktors lagen sowohl bei Rapsöl- als auch bei Dieselpetrieb durchgehend unter den jeweiligen Mittelwerten aller untersuchten Traktoren.

Tabelle 32: 34-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	27.06.2006	14.02.2008	27.06.2006	15.02.2008
CO	1,35	0,88	1,87	0,86
HC	0,06	0,06	0,11	0,09
NO _x	7,55	7,53	7,26	6,83



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 Diesel und Rapsöl durchgeführt.

Tabelle 33: 34-NÖ 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 lagen bei Dieselbetrieb nahezu doppelt so hoch wie bei Rapsölbetrieb. Die gemessenen Werte lagen deutlich unter dem Mittelwert aller vermessenen Traktoren.

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 458 TMh, sowie ein Intervall (letztes angefangenes) zu 47 TMh 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. Es wurden vom Betreiber alle geplanten Motorölproben 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%.

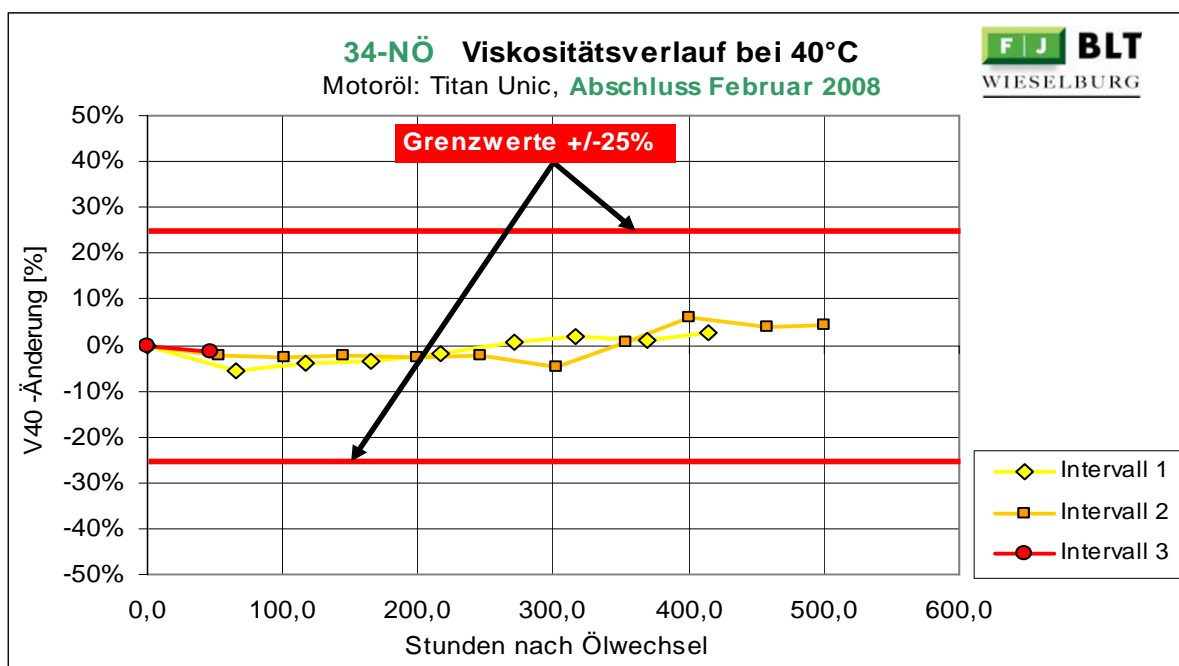


Abbildung 110: 34-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Verläufe der Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 40°C und bei 100°C waren sehr gleichmäßig. Die maximalen Abweichungen lagen in einem Bereich von $\pm 7\%$ des Bezugswertes.

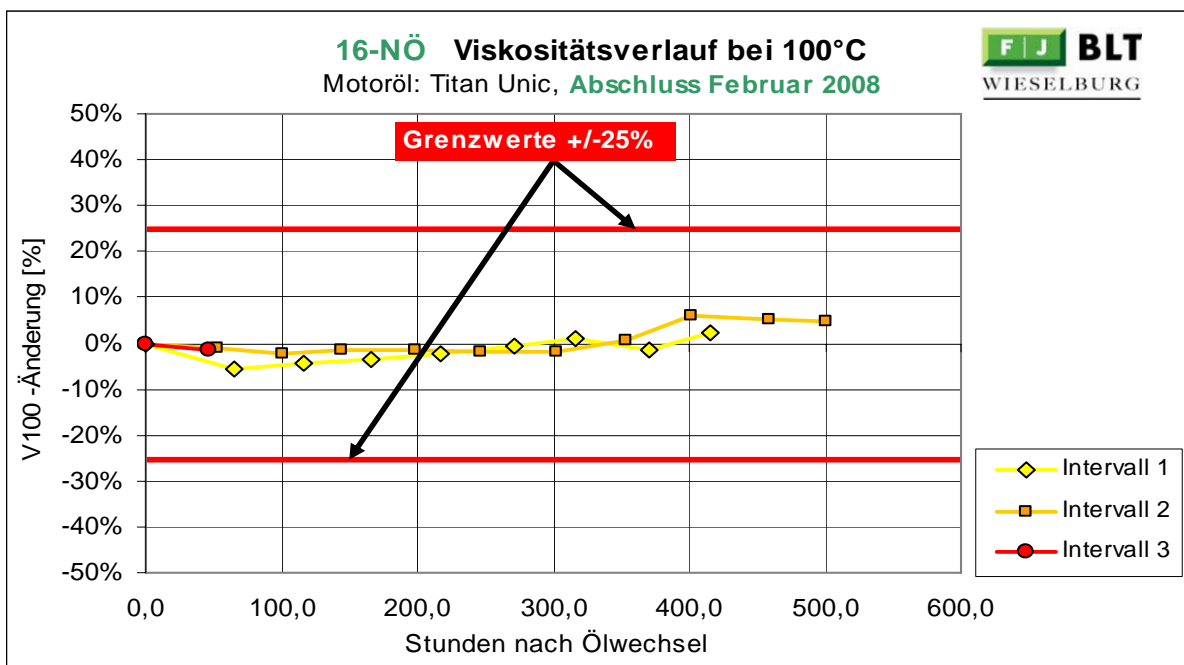


Abbildung 111: 34-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

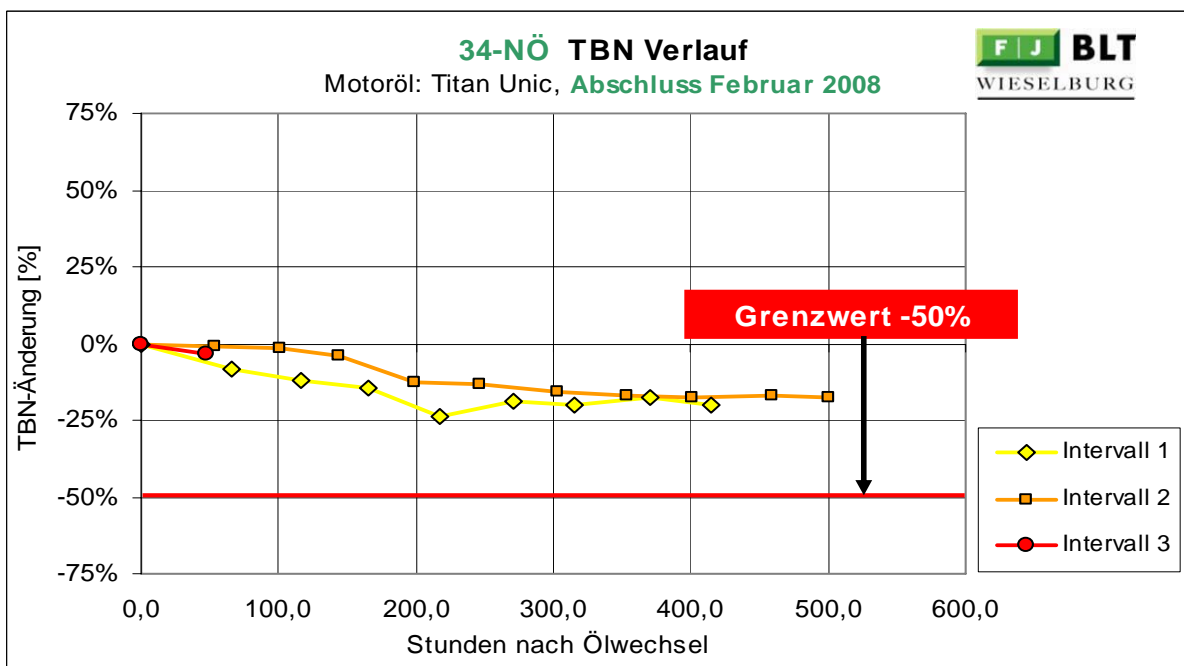


Abbildung 112: 34-NÖ Änderung der Total Base Number

Bei diesem Traktor sank die TBN bezogen auf eine Intervalllänge von bis zu 500 Stunden um maximal 25%. Die Werte waren somit im unbedenklichen Bereich.

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

Bei den analysierten Verschleißelementen Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom wurden die Grenzwerte der Verschleißgeschwindigkeit durchgehend eingehalten.

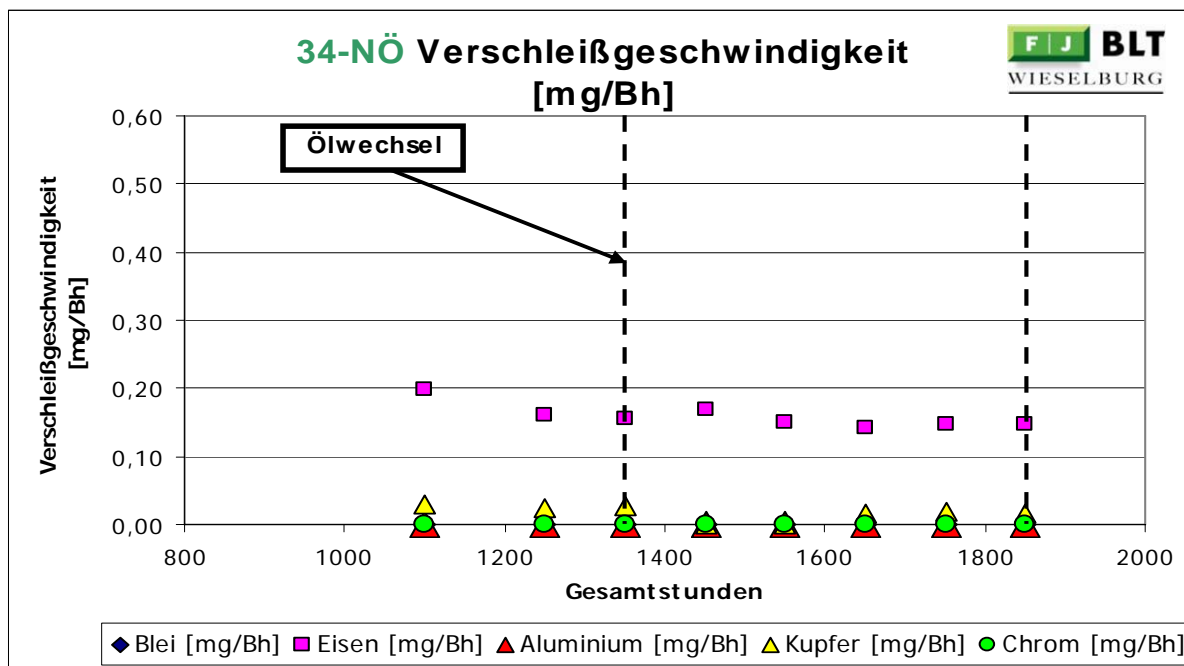


Abbildung 113: 34-NÖ Verschleißgeschwindigkeit

Die Rapsölgehalte lagen unter 0,25%. Die Russgehalte überschritten nach rund 300 Einsatzstunden die festgelegte Grenze von 3%.

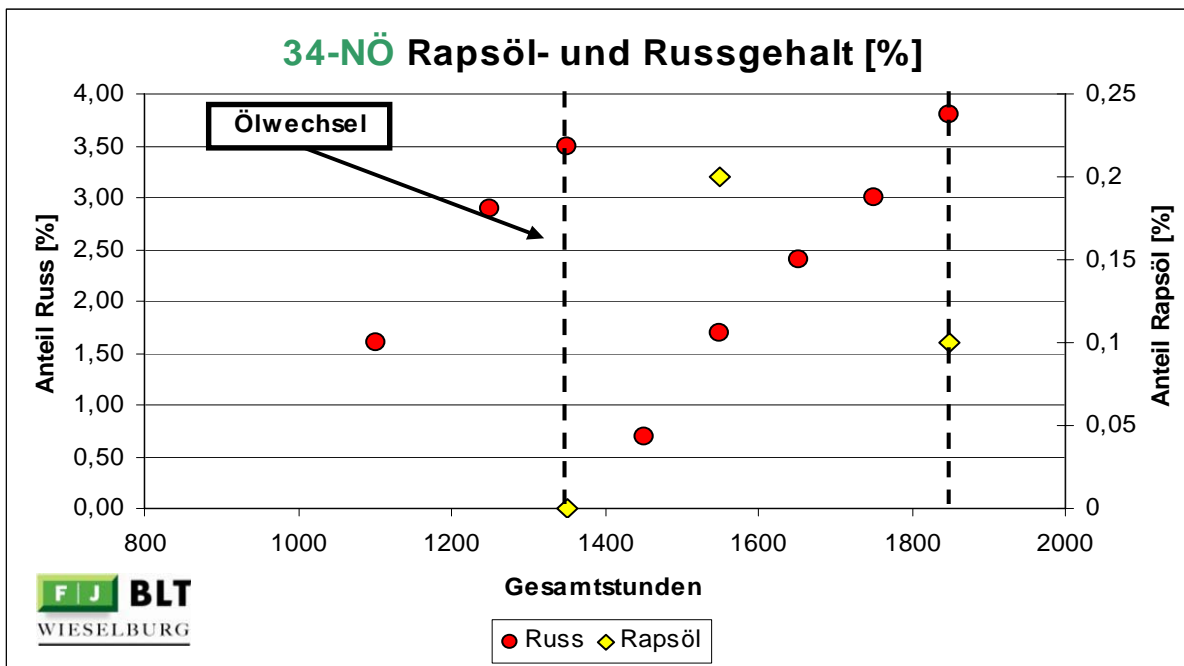


Abbildung 114: 34-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind bei den meisten physikalisch-chemischen Parametern keine wesentlichen Auffälligkeiten festzustellen. Kritisch ist der Russgehalt, der jeweils ab einer Laufzeit von etwa 300 Betriebsstunden den festgelegten Grenzwert von 3% übersteigt.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus der Ölmühle Kammerberger aus Wolfsbach in Niederösterreich. Insgesamt wurden sechs Proben aus der Ölmühle, sowie jeweils sieben Proben aus dem Lager- und dem Traktortank entnommen. 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 dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Eine hinsichtlich der Gesamtverschmutzung nicht filtrierbare Probe ließ sich auf einen bereits erhöhten Wert einer entsprechenden Probe aus der Ölmühle zurückführen. Weiters wurde der Grenzwert des Phosphorgehalts zweimal, sowie der Wassergehaltsgrenzwert einmal überschritten. Die Oxidationsstabilität lag bei den Lagertankproben deutlich über den geforderten fünf Stunden.

Tabelle 34: 34-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-%]
30.08.2006	919	33,77	13,95	1,45	5,13	17,22	0,065
12.04.2007	917	32,28	n.f.	0,58	6,17	1,50	0,059
12.07.2007	919	34,82	12,26	0,98	8,29	12,89	0,070
23.08.2007	918	34,07	10,54	0,84	8,32	8,34	
20.07.2007			16,18				0,121
12.09.2007	918	33,78	7,70	0,75		7,48	0,050
07.11.2007	919	34,26	15,02	0,70	7,31	4,83	0,060

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Die allgemeine Verbesserung der Analyseergebnisse der Traktortankproben im Vergleich zu den entsprechenden Lagertankproben war auf den erhöhten Dieselanteil zurückzuführen. Es wurde lediglich einmal der Grenzwert der Gesamtverschmutzung überschritten.

Die Unterschreitungen des Toleranzbereiches der Dichte waren auf einen höheren Dieselanteil zurückzuführen, welcher durch Spülvorgänge und als Lecköl bei Dieselbetrieb systembedingt in den Rapsöltank gelangte. Der Dieselanteil betrug bei den untersuchten Proben bis zu 31%. Ein hoher Dieselanteil war durch ein eher ungünstiges Einsatzprofil des Traktors mit häufigen Startvorgängen und kurzen Betriebszeiten erklärbar.

Tabelle 35: 34-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 [%]
30.08.2006	901	17,10	3,68	1,04	10,59	0,074	28
12.04.2007	910	26,17	35,25	0,59	1,07	0,055	11
12.07.2007	905	21,67	13,16	0,53	5,12	0,064	18
23.08.2007	904	20,33	4,80	0,72	6,26	0,070	21
12.09.2007	911	26,16	4,80	0,77	7,77	0,048	11
10.10.2007	894	17,55	4,96	0,67	7,74	0,036	30
07.11.2007	895	15,72	10,94	0,51	4,75	0,044	31

4. Auswertungen Datenlogger

Während der Gesamtbetriebsdauer von 985 Stunden mit Rapsöl wurden 203 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 gemessen. Anbei sind die entsprechenden Diagramme dargestellt.

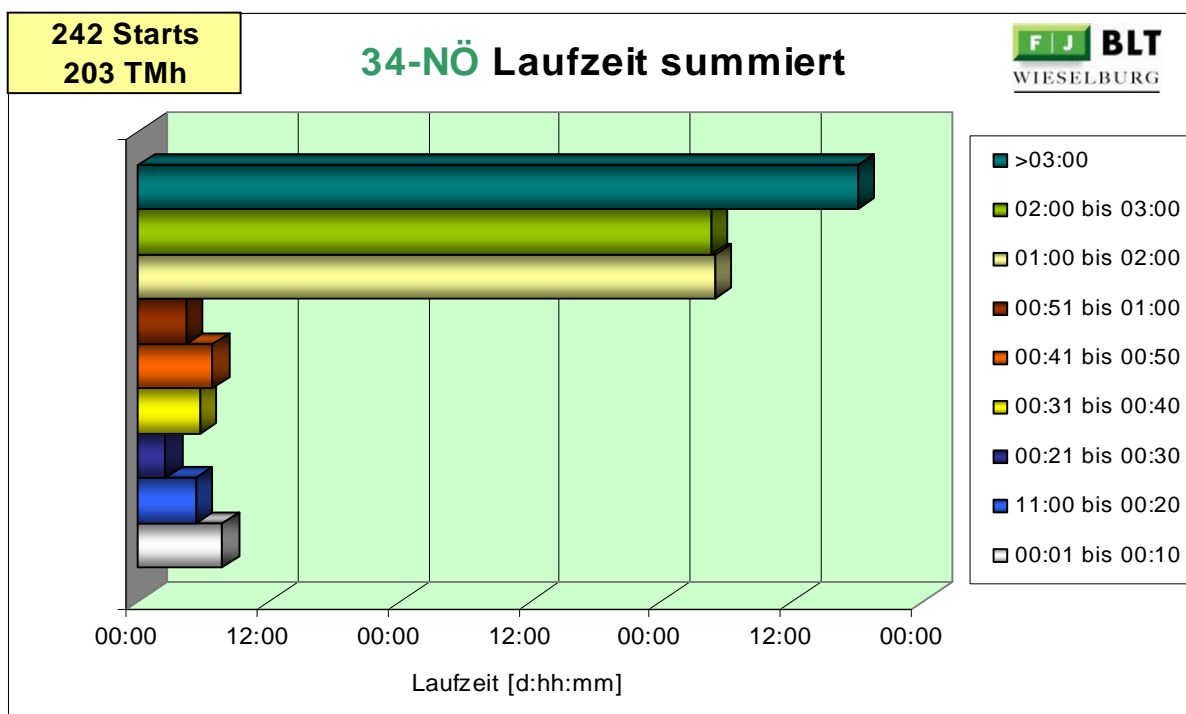


Abbildung 115: 34-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit

Der Traktor war gemessen an den aufsummierten Laufzeiten am längsten in den Intervallen „eine bis größer drei Stunden“ in Betrieb.

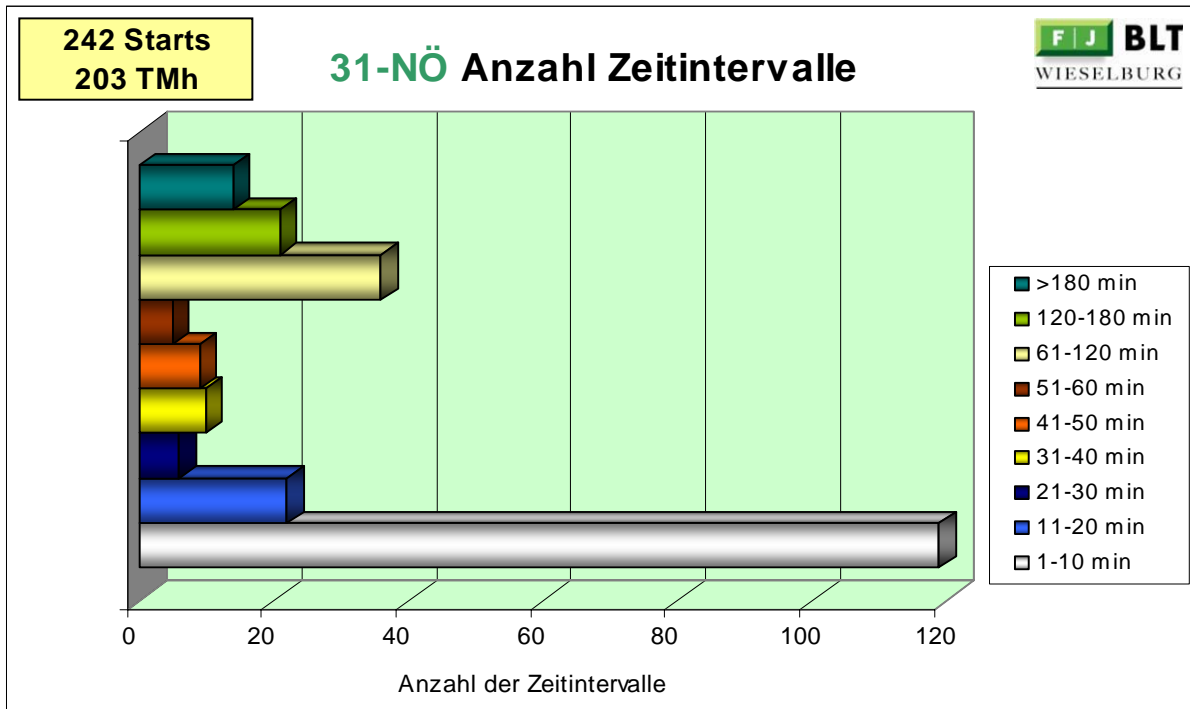


Abbildung 116: 34-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts

Rund die Hälfte aller Starts entfiel jedoch auf die Kategorie „1 bis 10 Minuten“. Im Vergleich mit den übrigen Traktoren lag dieser Traktor somit deutlich über dem Mittelwert.

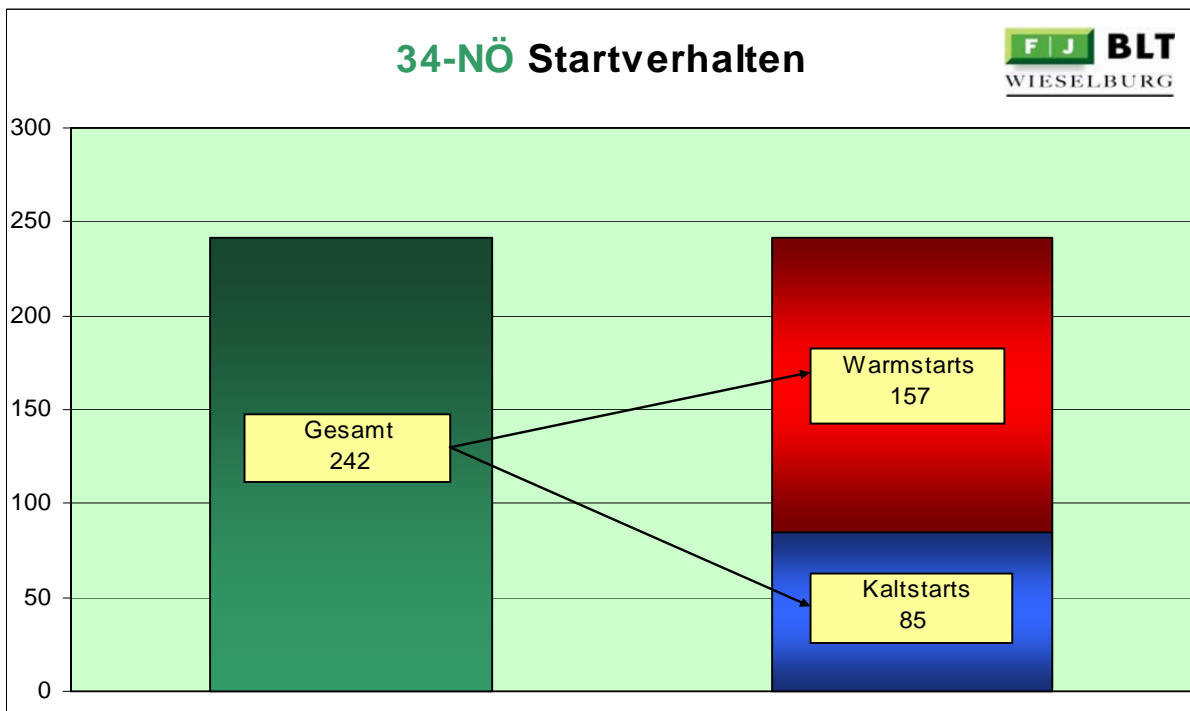


Abbildung 117: 34-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts

Starts mit einer Temperatur der Kühlflüssigkeit bzw. des Motoröles von <math><50^{\circ}\text{C}</math> wurden als Kaltstart klassifiziert. In diesem Fall waren von 242 aufgezeichneten Starts 35% Kaltstarts. Nachfolgend sind die Histogramme der Kanäle Motoröl-, Kühlflüssigkeit-, sowie Kraftstofffilter-, und Kraftstoffanktemperatur dargestellt. Knapp 8.000 der 12.000 Messwerte der Motoröltemperatur lagen im Bereich von 90 bis 110°C.

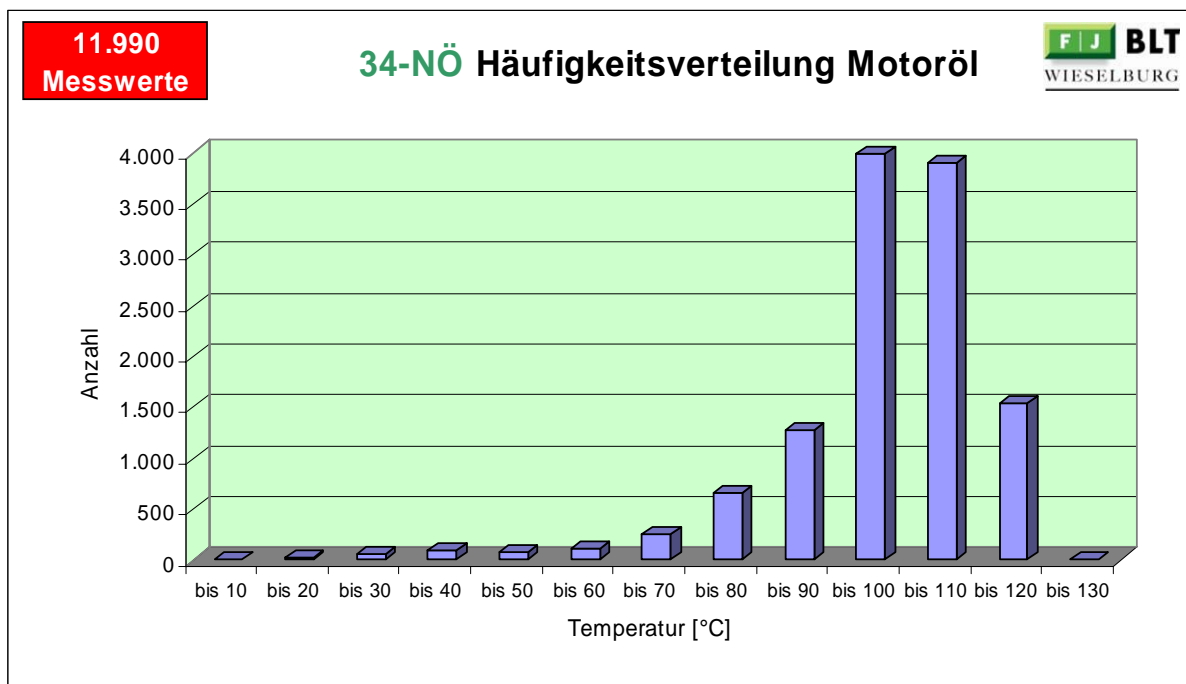


Abbildung 118: 34-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur

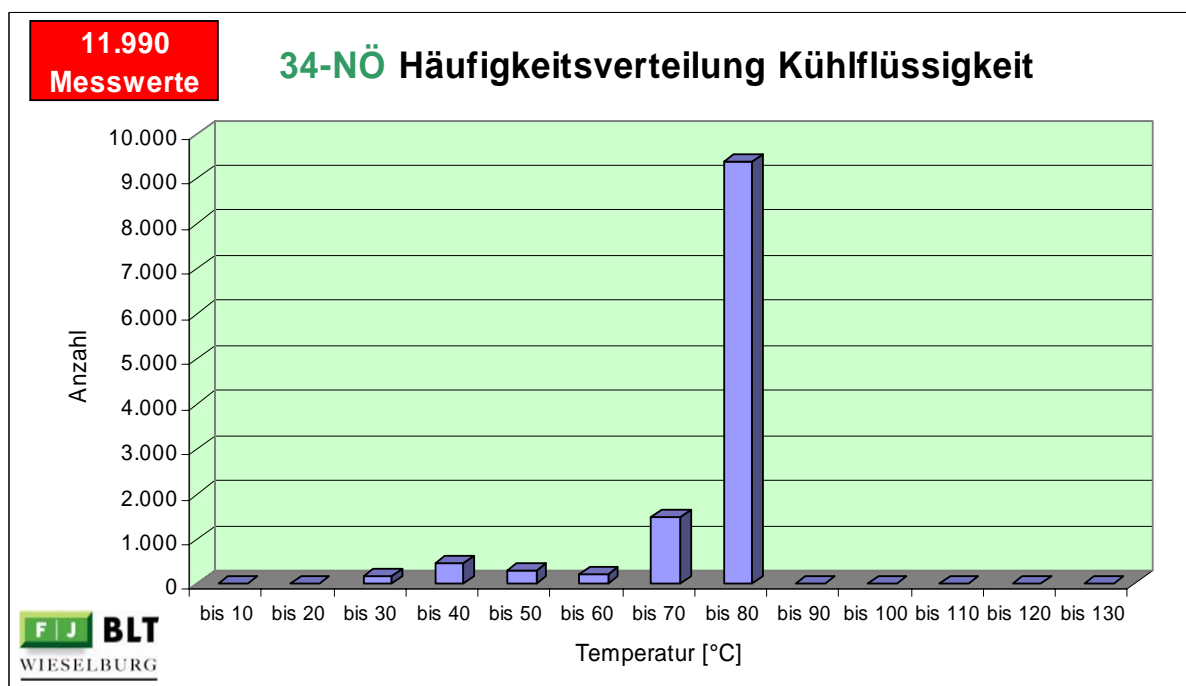


Abbildung 119: 34-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeittemperatur

Die Charakteristik der Häufigkeitsverteilung der Temperatur der Kühlflüssigkeit ergab sich durch das Öffnen des Thermostates bei der vorgegebenen Temperatur.

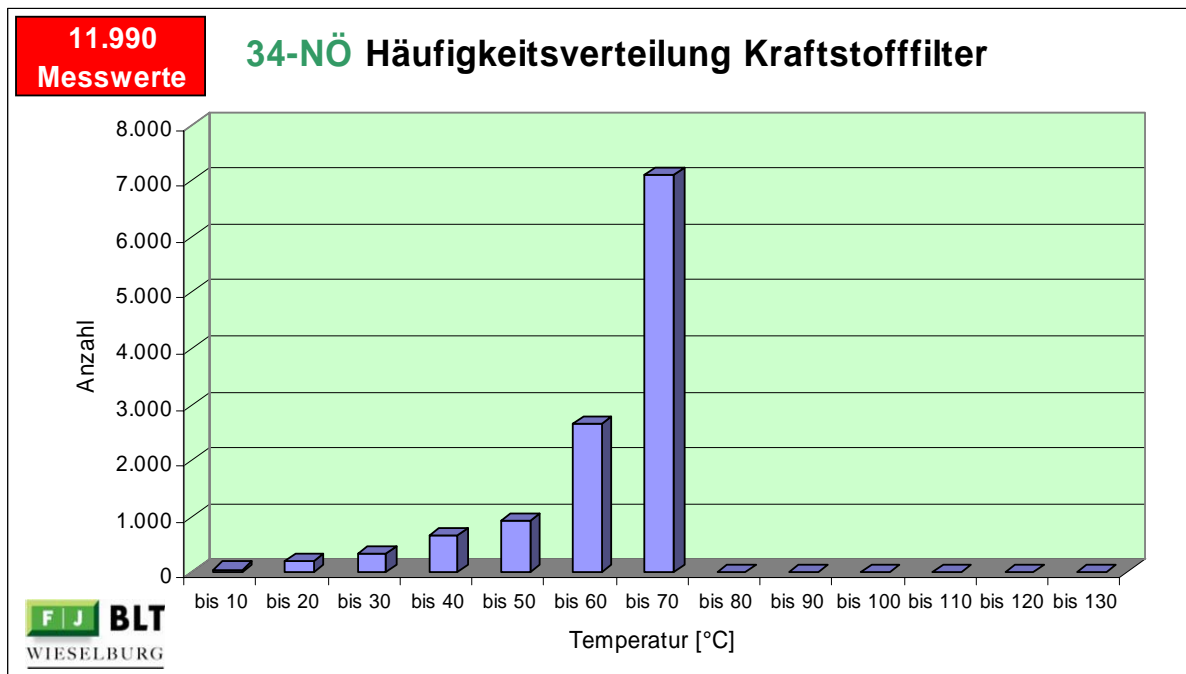


Abbildung 120: 34-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur

Knapp 60% aller Kraftstofffiltertemperaturmesswerte lagen in der Temperaturklasse von 60 bis 70°C.

Um die Funktion des Steuergerätes zu überprüfen, wurden im Rahmen einer speziellen Messung 1.506 Minuten mit dem Datenlogger aufgezeichnet. Während der Messzeit war der Traktor zu 19% mit Dieselkraftstoff und zu 81% mit Rapsöl in Betrieb. Insgesamt wurden bei 38 Starts 42 Schaltvorgänge am Rapsölventil aufgezeichnet. Diese Datenloggeraufzeichnungen erklärten den relativ hohen Dieselverbrauch aufgrund häufiger Start- und Abstellvorgänge mit den dazugehörigen Spülphasen des Kraftstoffsystems. Natürlich muss berücksichtigt werden, dass diese Messung in Relation zur Gesamtlaufzeit nur eine Momentaufnahme darstellt.



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 sind über einem Zeitraum von eineinhalb Jahren 928 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 17.216 Liter Rapsöl und 6.381 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 25,42 Liter je Traktormeterstunde. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 27%. Der Einsatzbereich lag hauptsächlich im schweren Lastbereich. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhten auf Eintragungen von 139 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: 34 Fendt 930 Vario TMS



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 26. Jul. 06 bei TMh: 962,5
 Letzter Eintrag 29. Nov. 07 bei TMh: 1890,7 TMh lt. Traktortagebuch **928,2**

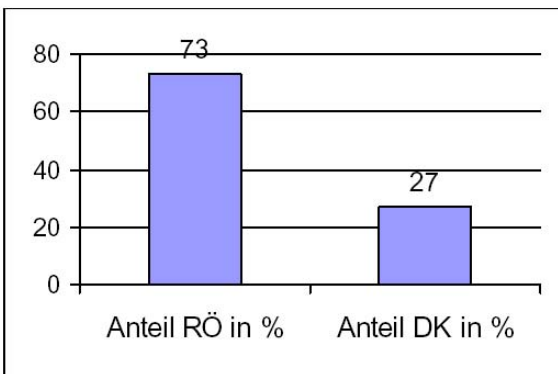
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 139

Tankmengen:

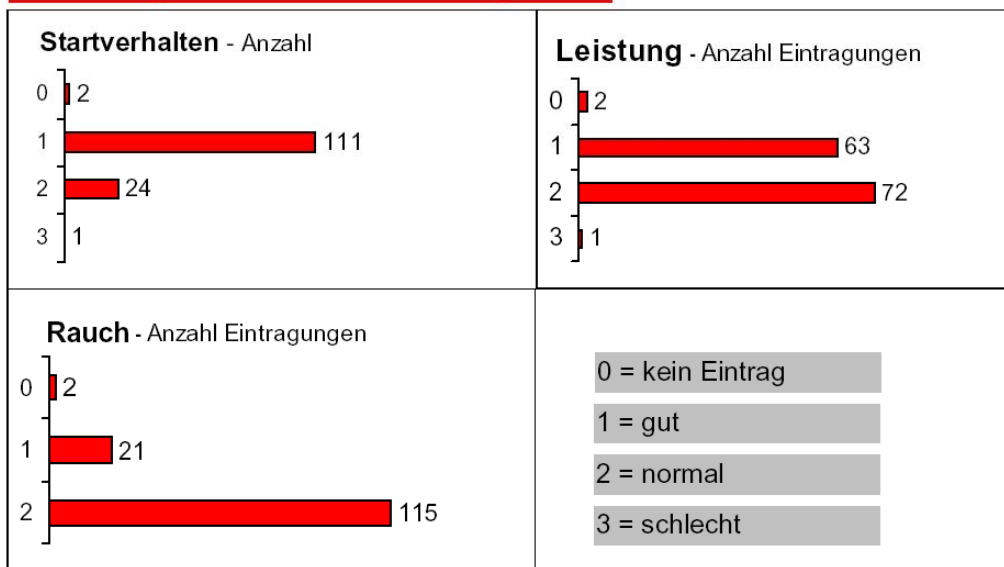
Diesel in l: 6381
 Rapsöl in l: 17216

durchschnittlicher Verbrauch/h:

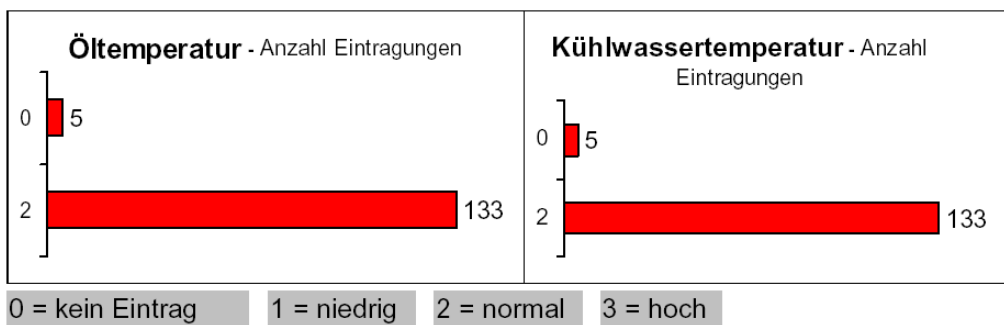
25,42



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



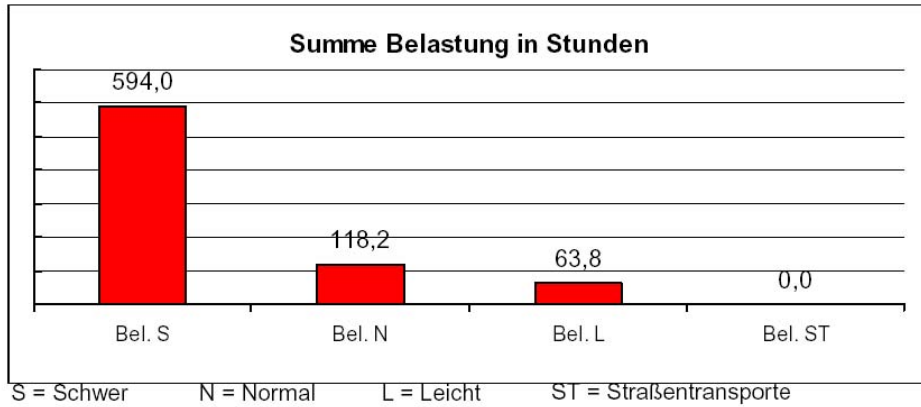


Traktortagebuch

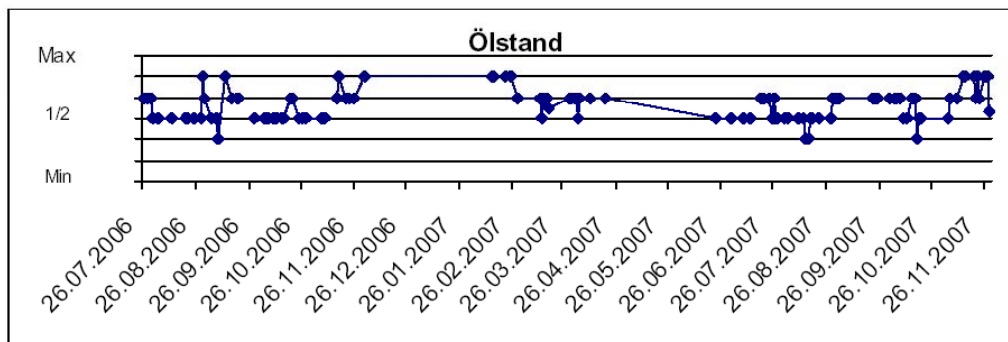
Fahrzeug: 34 Fendt 930 Vario TMS



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. angefertigt. 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 einen geringen Abfall des Kompressionsdruckes und einen Anstieg des Druckverlustes im Brennraum. Der Düsenöffnungsdruck hatte sich gegenüber dem Anfangszustand etwas verringert. Das Spritzbild der Düsen war in Ordnung.

Tabelle 36: 34-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	34	30	22	38	295	295	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	32	28	24	56	300	290	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	32	28	24	60	300	295	i.O.	i.O.	Düse 3
Zylinder 4	32	28	23	42	300	290	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	32	30	23	24	305	300	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	33	28	23	70	295	300	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Einspritzdüsen waren am Schaft teilweise mit einer schwarzen Belagkruste versehen. Die Düsen spitzen waren kaum belegt, die Düsenlöcher allesamt frei.



Abbildung 121: 34-NÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung



Abbildung 122: 34-NÖ Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem trockenen, schwarzen, russartigen Film versehen.



Abbildung 123: 34-NÖ Auslass- und Einlassventil

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer schwarzen, feucht aussehenden Belagskruste versehen, wobei die Belagstärke als gering eingestuft wurde. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen Russfilm überzogen, zeigten jedoch keine Verkrustung.

Der Feuerstegbereich der Zylinder war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen glänzenden, bis stellenweise grauen trockenen Belag versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Stellenweise waren geringe Streifen vom Koksabtrag ersichtlich. Weiters wurde eine geringe Spiegelbildung festgestellt.



Abbildung 124: 34-NÖ Zylinderlaufbüchse

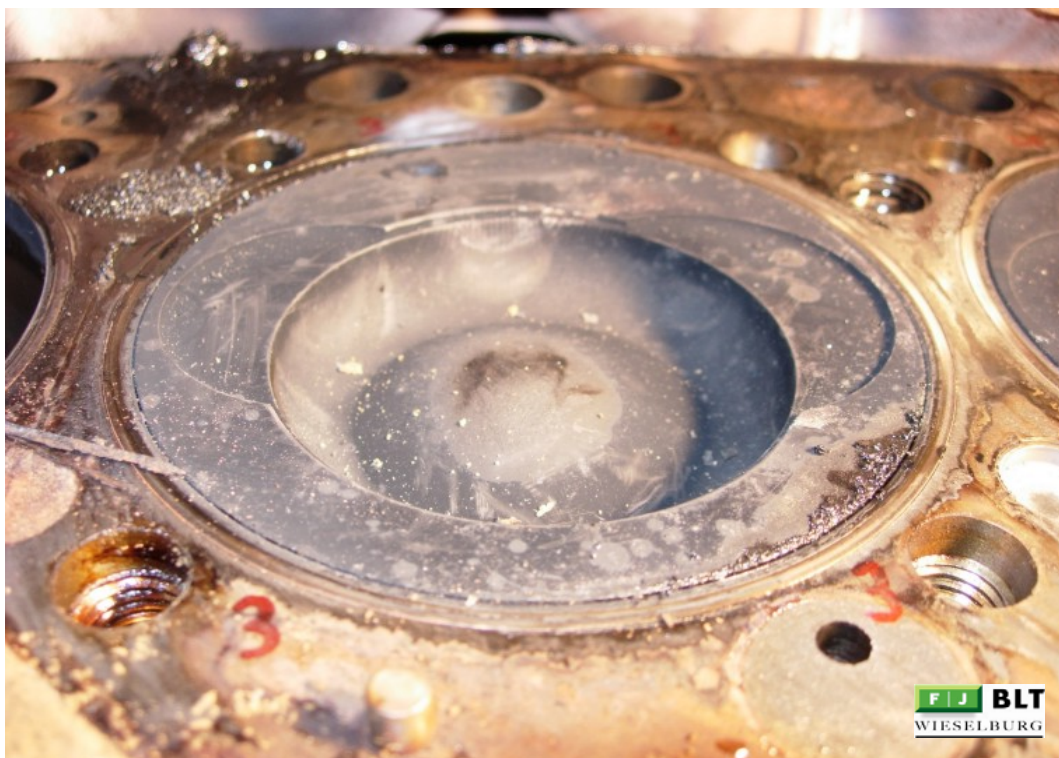


Abbildung 125: 34-NÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen Belagsfilm überzogen. Das Spritzbild war teilweise sichtbar.



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Fendt 930 wurde im Juni 2006 bei einer bisherigen Laufleistung von 934 Traktormeterstunden von der Fa. Graml mit einem Bioka 2-Tank-Kraftstoffmanagement ausgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 985 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Bereits nach kurzer Zeit nach der Inbetriebnahme erfolgten erste Problemmeldungen. Die Rücklaufmenge von Dieselkraftstoff in den Rapsöltank war zu hoch, deshalb wurden zusätzliche Steuerelemente zur Kontrolle der Rücklaufmengen eingebaut. Trotzdem kam es laut Aussagen der Betreiber mehrere Male zu einem eklatant hohen Dieserverbrauch. Im November 2007 wurde ein Defekt der Einspritzpumpe gemeldet, die Reparatur erfolgte auf Garantie durch den Fahrzeughersteller.

Weiters kam es zu Problemen hinsichtlich des Dieselvorausventils, welches sich bei Spülvorgängen nicht mehr öffnete, und der Traktor folglich mehrmals zum Stillstand kam. Schließlich wurde die Drossel im Dieserrücklauf durch einen Absperrhahn im Dieselvorausventil ersetzt. Weitere Problemmeldungen bezogen sich auf eine zu hohe Rapsöltemperatur, einen zu hohen Dieserverbrauch und einen weiteren Defekt der Einspritzpumpe, welcher eine Pumpenreinigung erforderlich machte.

Um die Funktion des Steuergerätes zu überprüfen, wurde eine Messung mit dem Datenlogger durchgeführt, während der Messzeit war der Traktor zu 19% mit Dieselkraftstoff und zu 81% mit Rapsöl in Betrieb. Insgesamt wurden bei 38 Starts 42 Schaltvorgänge am Rapsölventil aufgezeichnet. Diese Datenloggeraufzeichnungen erklärten den relativ hohen Dieserverbrauch aufgrund häufiger Start- und Abstellvorgänge mit den dazugehörigen Spülphasen des Kraftstoffsystems. Natürlich muss berücksichtigt werden, dass diese Messung in Relation zur Gesamtlaufzeit nur eine Momentaufnahme darstellte.

Trotz eines laut Datenloggerauswertungen funktionierenden Systems kam es immer wieder zu Problemmeldungen, worauf von den Betreibern definitiv der Abbau des Systems gewünscht wurde.



Im Zuge der Enduntersuchungen, nach erfolgten Messungen wurde das System abgebaut und der Originalzustand des Traktors wieder hergestellt.

Zu Beginn der Versuchsmessungen wurde bei Rapsölbetrieb eine bis zu 20 kW höhere Leistung gemessen. Im Zuge der Endvermessung wurde bei Rapsölbetrieb ein Leistungsabfall ebenfalls im Bereich von 20 kW festgestellt. Zwischenzeitlich erfolgte jedoch die zweimalige Reparatur der Einspritzpumpe. Die Leistungskurven bei Dieselmotoren blieben bei allen Messungen nahezu gleich.

Zu Versuchsbeginn waren bei Rapsölbetrieb deutlich geringere Kohlenmonoxidemissionen als bei Dieselmotoren feststellbar. Bei der Enduntersuchung waren die entsprechenden Emissionswerte bei beiden Kraftstoffen gleich. Die Kohlenwasserstoffemissionen unterschieden sich nur geringfügig und blieben über den Untersuchungszeitraum konstant. Die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb geringfügig höher als bei Dieselmotoren. Die Emissionswerte dieses Traktors lagen sowohl bei Rapsöl- als auch bei Dieselmotoren durchgehend unter den jeweiligen Mittelwerten aller untersuchten Traktoren. Die Ergebnisse der Partikelmessung lagen bei Dieselmotoren nahezu doppelt so hoch wie bei Rapsölbetrieb. Die gemessenen Werte lagen deutlich unter dem Mittelwert aller vermessenen Traktoren.

Die Verläufe der Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 40°C und bei 100°C waren sehr gleichmäßig. Die maximalen Abweichungen lagen in einem Bereich von $\pm 7\%$ des Bezugswertes. Bei diesem Traktor sank die TBN bezogen auf eine Intervalllänge von bis zu 500 Stunden um maximal 25%. Die Werte waren somit im unbedenklichen Bereich. Bei den analysierten Verschleißelementen Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom wurden die Grenzwerte der Verschleißgeschwindigkeit durchgehend eingehalten. Die Rapsölgehalte lagen unter 0,25%. Die Russgehalte überschritten nach rund 300 Einsatzstunden die festgelegte Grenze von 3%.

Die gezogenen Rapsölproben aus der Ölmühle entsprachen mit zwei Ausnahmen den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.



Eine hinsichtlich der Gesamtverschmutzung nicht filtrierbare Rapsölprobe ließ sich auf einen bereits erhöhten Wert einer entsprechenden Probe aus der Ölmühle zurückführen. Weiters wurde der Grenzwert des Phosphorgehalts zweimal, sowie der Wassergehaltsgrenzwert einmal überschritten. Die Oxidationsstabilität lag bei den Lagertankproben deutlich über den geforderten fünf Stunden. Die allgemeine Verbesserung der Analyseergebnisse der Traktortankproben im Vergleich zu den entsprechenden Lagertankproben war auf den erhöhten Dieselanteil zurückzuführen. Es wurde lediglich einmal der Grenzwert der Gesamtverschmutzung überschritten.

Die Enduntersuchung zeigte einen geringen Abfall des Kompressionsdruckes und einen Anstieg des Druckverlustes im Brennraum. Der Düsenöffnungsdruck hatte sich gegenüber dem Anfangszustand etwas verringert. Das Spritzbild der Düsen war in Ordnung. Die Einspritzdüsen waren am Schaft teilweise mit einer schwarzen Belagkruste versehen. Die Düsen spitzen waren kaum belegt, die Düsenlöcher allesamt frei.

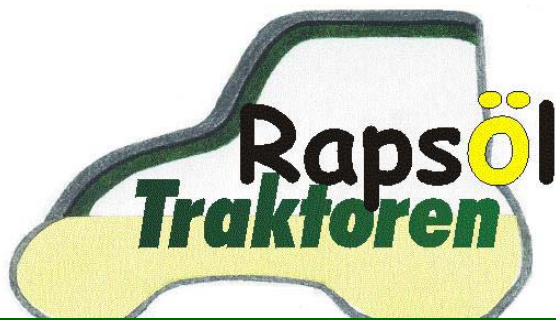
Der Zylinderkopf war mit einem trockenen, schwarzen, russartigen Film versehen. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis hin zum Schaft mit einer schwarzen, feucht aussehenden Belagkruste versehen, wobei die Belagstärke als gering eingestuft wurde. Die Auslassventile waren mit einem schwarzen Russfilm überzogen, zeigten jedoch keine Verkrustung.

Der Feuerstegbereich der Zylinder war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen glänzenden, bis stellenweise grauen trockenen Belag versehen. Die Honspuren waren bei allen Laufbüchsen deutlich sichtbar. Stellenweise waren geringe Streifen vom Koksabtrag ersichtlich. Weiters wurde eine leichte Spiegelbildung festgestellt. Die Kolbenböden waren mit einem schwarzen Belagsfilm überzogen. Das Spritzbild war teilweise sichtbar.



35-Bgld

35-Bgld



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Deutz Agrotron K 110
Umrüstung:	März 2007
Umrüslösung:	Greenpower 2-Tank-System
Rapsölbetrieb:	602 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Zugmaschine
Fahrzeugmarke	Deutz Agrottron K 110 profiline
Motortype	BF6M2012C
Erstmalige Zulassung	10.09.2006
Motorhersteller	Deutz AG
Motor Nr.	10112001
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja, plus Ladeluftkühlung
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	14 Liter
Nennleistung	87,3kW
Nenndrehzahl	2300 min ⁻¹
Hubraum	6.057 cm ³
Bohrung x Hub	101 x 126 mm
Verdichtungsverhältnis	19 : 1
Einspritzpumpe	Bosch P.L.D.
Einspritzdruck	1.300 bar
Kraftstofftank	180 Liter Kunststofftank
Eigengewicht	5.255 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	März 2007
bei TMh	758
Enduntersuchung	Juni 2008
bei TMh	1.360

Umrüstung

Umrüstsystem	gp.- matic land (Greenpower)
Umrüster	Lagerhaus Hartberg



1. Chronologie 35-Bgld

Im März 2007 erfolgte im Lagerhaus Hartberg die Umrüstung des Traktors Deutz Agrotron K 110 auf ein Greenpower 2-Tank-System. Nach Aussage der beteiligten Mitarbeiter vom Lagerhaus, funktionierte das System nicht auf Anhieb, da immer wieder Luft angesaugt wurde und das System folglich zum Stillstand kam. Das Lagerhaus Hartberg hatte zuvor vom Umrüster den gesamten Umrüstkasten mit der Information, er sei nur noch zu montieren, erhalten. Insgesamt dauerten die Umrüstarbeiten jedoch eine Woche.

Nach diesen anfänglichen Schwierigkeiten konnte der Traktor bis Herbst 2007 problemlos in Betrieb genommen werden. Den Eintragungen aus dem Traktortagebuch konnte schließlich im Oktober entnommen werden, dass das System erneut Luft ansaugte und auch die Leistung geringer geworden ist. Der Fahrzeughalter hat folglich bei höherer Belastung manuell auf Dieselbetrieb umgeschaltet. Von diesen Schwierigkeiten wurden jedoch weder das Lagerhaus noch der Umrüster informiert.

Im Februar 2008 wurde schließlich der Termin für die abschließende Leistungsmessung am Motorenprüfstand des FJ-BLT Wieselburg vereinbart. Während der Fahrt kam es immer wieder zu Problemen. Es wurde erneut Luft angesaugt, wobei die notwendigen Entlüftungsintervalle kontinuierlich kürzer wurden, bis der Traktor schlussendlich 40 km vor Wieselburg zum Stillstand kam. Der Traktor wurde schließlich von Mitarbeitern des FJ-BLT nach Wieselburg gebracht, indem das Umrüstsysteem deaktiviert wurde und eine externe Treibstoffleitung vom Dieseltank gelegt wurde. Sowohl das Lagerhaus Hartberg als auch der Umrüster wurden diesbezüglich mehrmals kontaktiert, wobei vorerst keiner der beiden nach Wieselburg fahren wollte. Schließlich wurde am 26.02.2008 von Greenpower ein Mechaniker der Firma Eybl & Wondrak beauftragt, das System zu überprüfen. Nachdem die Reparaturversuche scheiterten, kam ein Vertreter des Umrüsters persönlich nach Wieselburg. Nach zweieinhalb Arbeitstagen war das System immer noch nicht funktionstüchtig und der Techniker kam zum Schluss, dass der Traktor getunt sei und die Ventilquerschnitte sowie die Förderpumpe für eine solche Kraftstoffförderung nicht



geeignet seien. Nach telefonischer Rücksprache mit dem Fahrzeughalter wurde seinerseits versichert, keine Veränderungen am Traktor vorgenommen zu haben. Der Traktor wurde schließlich am 03.03.2008 von einem Spediteur unverrichteter Dinge (ohne Vorankündigung) abgeholt. Folglich konnte auch keine Leistungs- und Emissionsmessung am Prüfstand durchgeführt werden.

Nach telefonischer Rückfrage funktionierte der Traktor Ende März auch im Dieselbetrieb nicht. Trotz Zusicherung des Umrüsters Mitte März, er würde das System reparieren, wurden keinerlei Tätigkeiten der Umrüstfirma unternommen.

Durch den Einbau einer neuen Dieselförderpumpe durch Mitarbeiter der Lagerhauswerkstätte war anschließend ein Betrieb mit Dieselkraftstoff möglich.

Am 03. Juni 2008 wurde ein Treffen organisiert. Die Standpunkte der Vertreter der Umrüstfirma und der Lagerhauswerkstätte waren bezüglich der jeweiligen Zuständigkeiten konträr. Der Fahrzeughalter äußerte den Wunsch das Umrüstsystem zu demontieren. Diese Zusage seitens des Umrüsters wurde jedoch nicht eingehalten, worauf das System schließlich vom Lagerhaus Hartberg abgebaut wurde.

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 vom Betreiber auf 250 Betriebsstunden reduziert. Während der Projektlaufzeit wurde ein Ölwechselintervall zu 236 TMh, sowie eines (letztes angefangenes) zu 165 TMh untersucht. Von 11 Motorölproben wurden im Labor des FJ-BLT Wieselburg die Viskositäten bei 40°C und bei 100°C bestimmt und daraus der Viskositätsindex berechnet. Weiters wurde die Total Base Number (TBN) bei jeder Probe ermittelt und ein Blotter Spot Test durchgeführt. Insgesamt wurden 39% der alle 50 TMh geplanten Ölproben 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%.

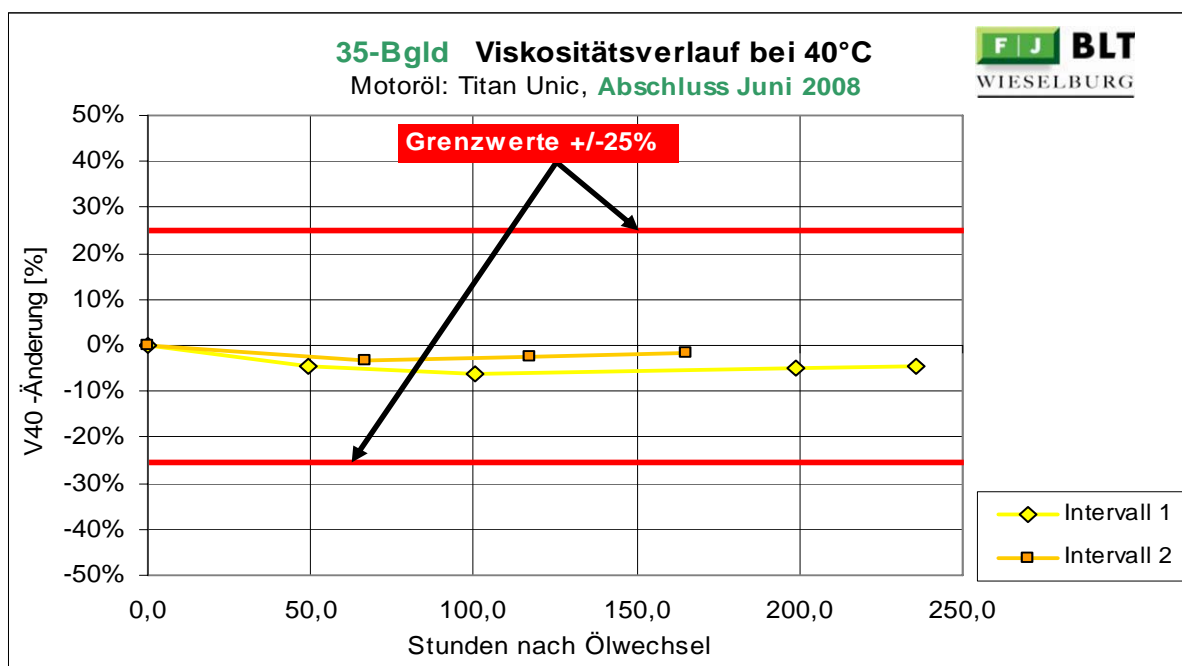


Abbildung 126: 35-Bgld Änderungen der Viskosität bei 40°C

Die Verläufe der Viskosität bei 40°C und bei 100°C waren sehr gleichmäßig. Die maximalen Abweichungen lagen bei 7% der Bezugsbasis.

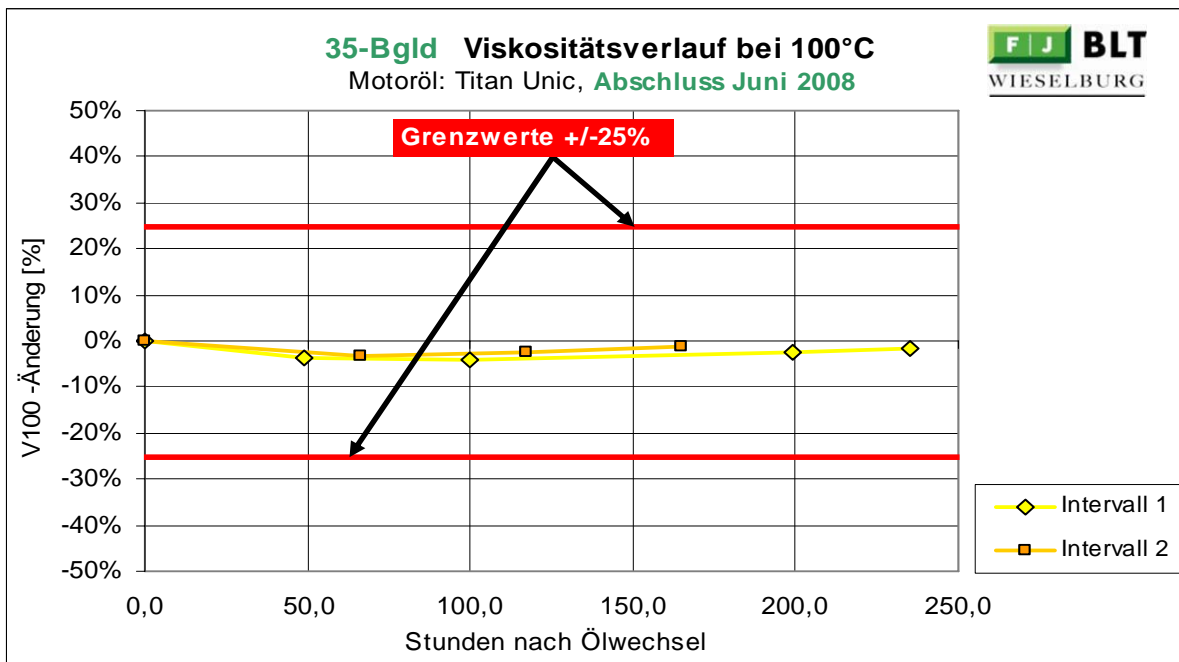


Abbildung 127: 35-Bgld Änderung der Viskosität bei 100°C

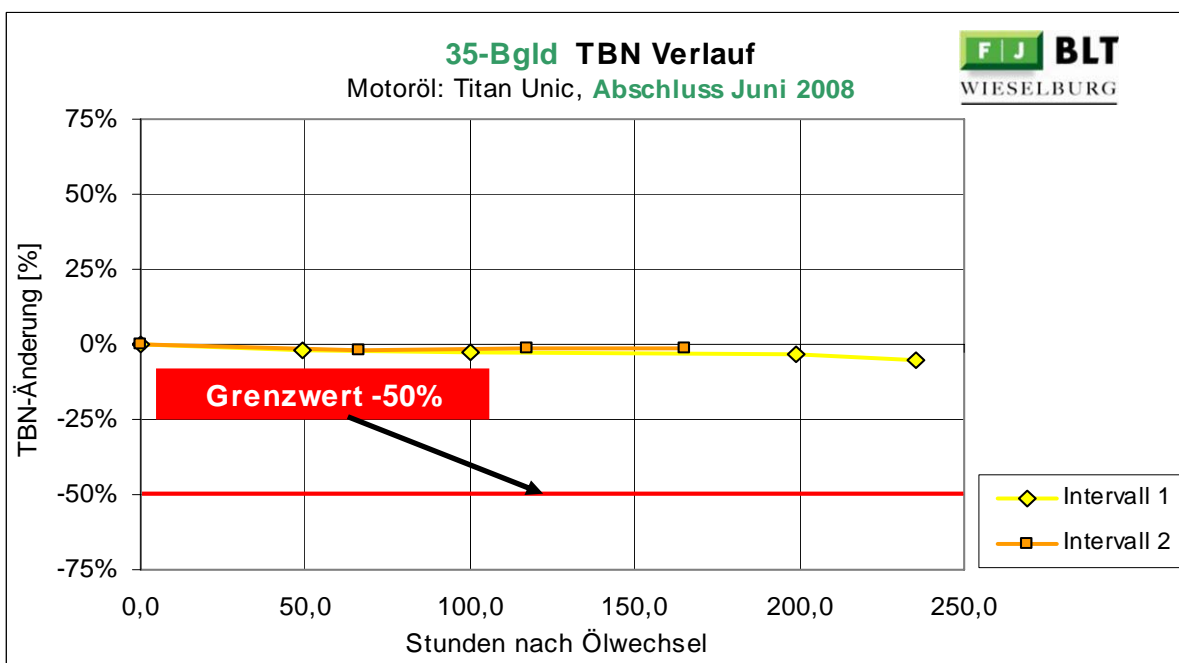


Abbildung 128: 35-Bgld Änderung der Total Base Number

Die Untersuchungsergebnisse der TBN waren sehr stabil. Erst gegen Ende des Ölwechselintervalls war eine geringe Abnahme erkennbar.



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

Der festgelegte Grenzwert der Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 mg/Bh wurde bei allen analysierten Elementen - Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom - deutlich unterschritten.

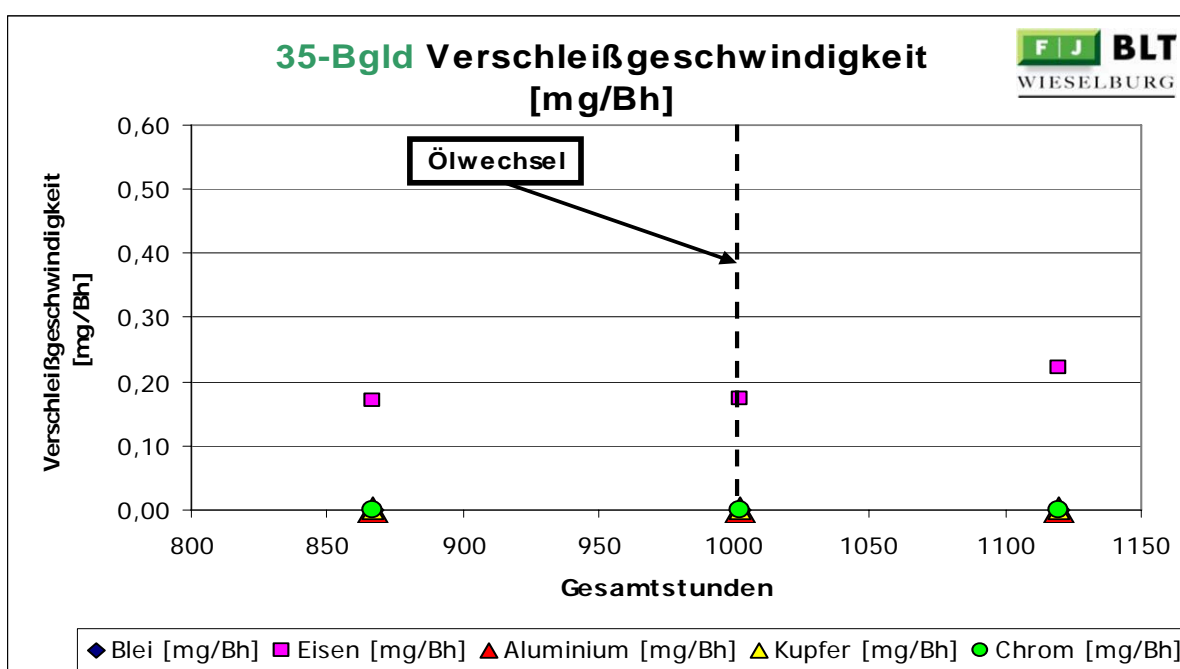


Abbildung 129: 35-Bgld Verschleißgeschwindigkeit

Die Untersuchungswerte des Russgehaltes lagen jeweils unter 1%. Der Rapsölgehalt der Motorölwechselprobe lag bei knapp 6%. Die für diese beiden Parameter festgelegten Grenzwerte von 3 bzw. 15% wurden somit deutlich unterschritten.

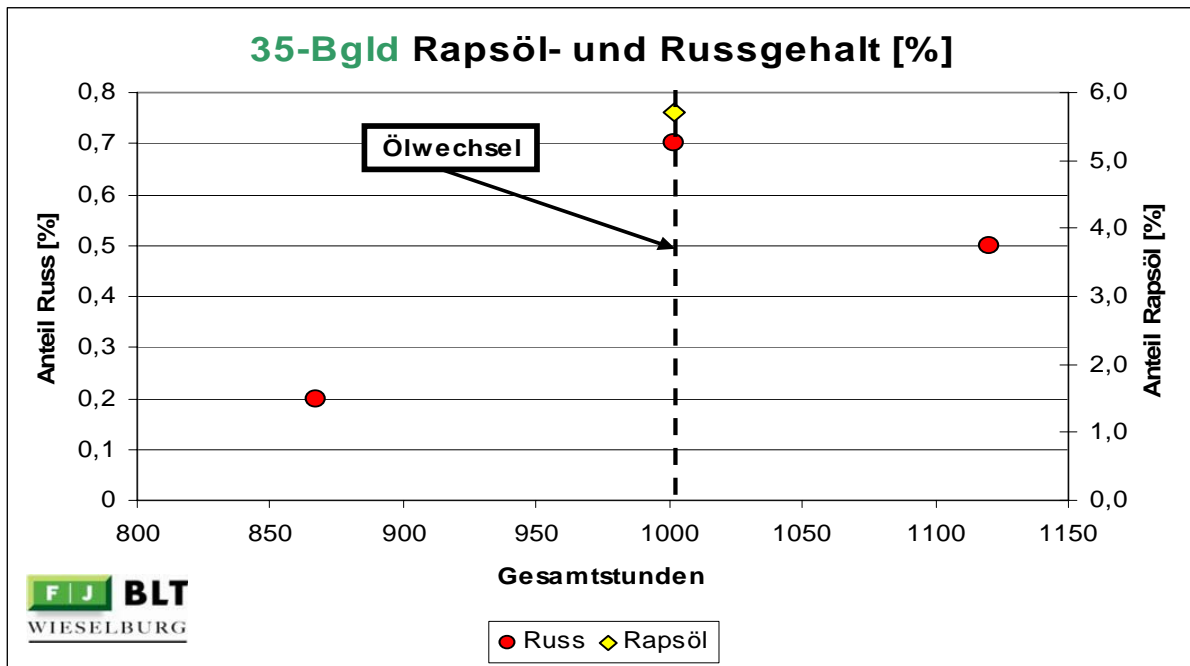


Abbildung 130: 35-Bgld Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus Rechnitz im Burgenland. Insgesamt wurden jeweils drei Proben aus dem Lagertank und drei 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 einzelnen Analyseergebnisse dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Zwei der drei untersuchten Lagertankproben wiesen Grenzwertüberschreitungen bei den Parametern Gesamtverschmutzung bzw. Wassergehalt auf. Die Analyseergebnisse der Oxidationsstabilität unterschritten bei allen Proben den geforderten Grenzwert von mindestens 5 Stunden Induktionsperiode beträchtlich.

Tabelle 37: 35-Bgld 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-%]
30.05.2007	920	34,84	15,48	1,17	3,98	8,83	0,088
24.07.2007	920	35,21	n.f.	1,21	1,07	8,78	0,074
28.01.2008	903	34,79	25,46	2,15	1,15	9,60	0,082

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Die in den Lagertankproben festgestellten Grenzwertüberschreitungen setzten sich in den Traktortankproben fort. Der maximale Dieselanteil lag bei einer Winterprobe bei 40%.

Tabelle 38: 35-Bgld 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 [%]
30.05.2007	917	31,44	9,58	1,17	5,72	0,086	4
24.07.2007	915	30,04	n.f.	1,15	8,35	0,085	6
28.01.2008	886	22,62	n.f.	1,70	6,11		40



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 über einem Jahr 586 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 5.486 Liter Rapsöl und 1.628 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 12,14 Litern je Traktormeterstunde. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 23%. Der Einsatzbereich wurde hauptsächlich den Kategorien schwerer und normaler Lastbereich zugeordnet. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhten auf Eintragungen von 78 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

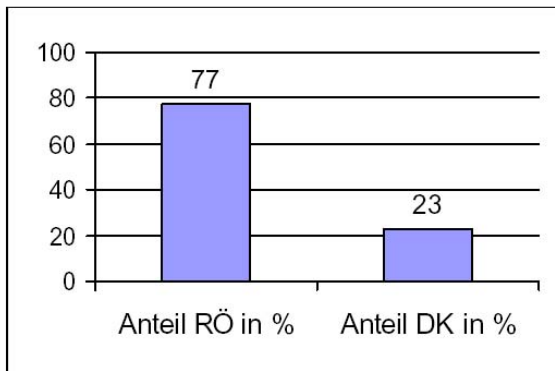
Fahrzeug: 35 Deutz Agrotron K 110



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 26. Mär. 07 bei TMh: 766,8
 Letzter Eintrag: 27. Mai. 08 bei TMh: 1353,0 TMh lt. Traktortagebuch **586,2**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
78



Tankmengen:

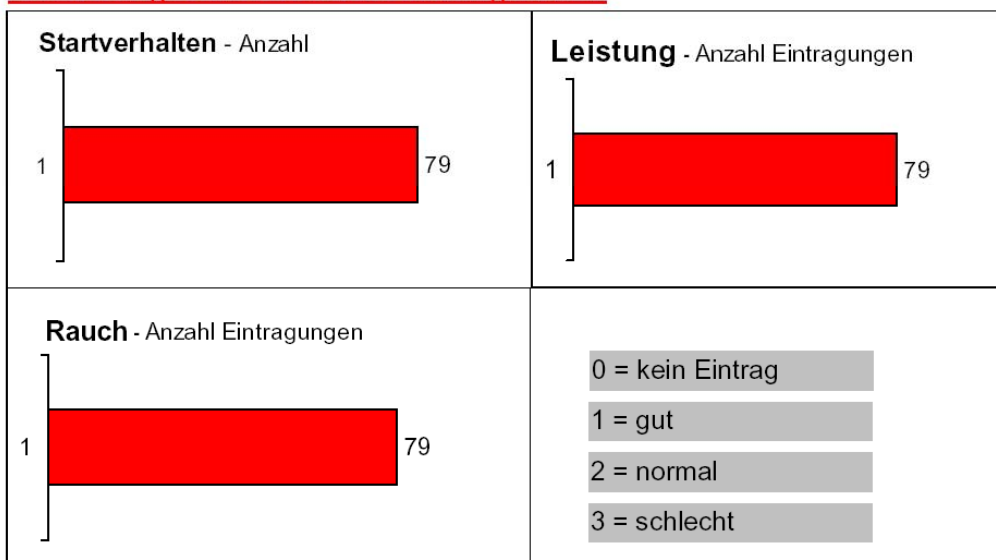
Diesel in l: 1628

Rapsöl in l: 5486

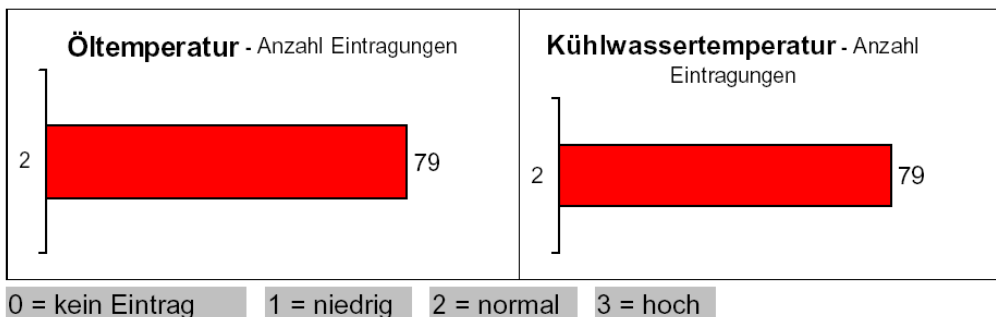
durchschnittlicher Verbrauch/h:

12,14

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



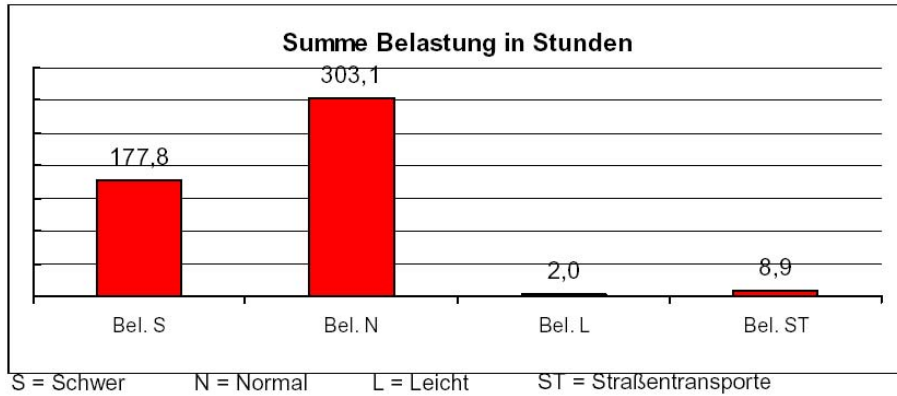


Traktortagebuch

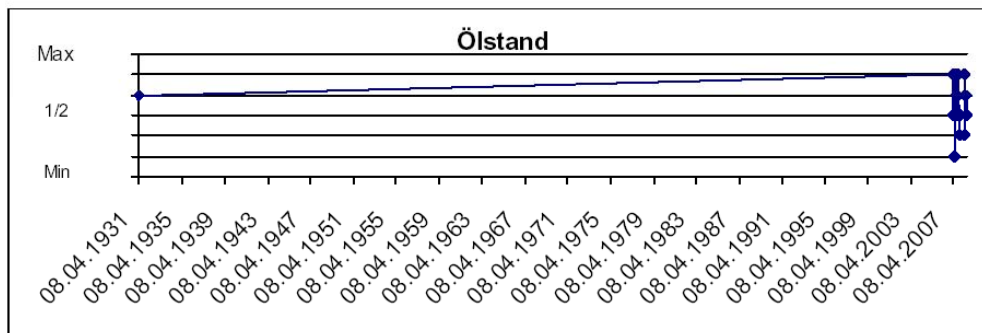
Fahrzeug: 35 Deutz Agrottron K 110



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. untersucht. Die üblicherweise vorgesehene Zylinderkopfdemontage zu Versuchsende wurde auf ausdrücklichen Wunsch des Fahrzeugbetreibers nicht durchgeführt.

Einspritzdüsen, Kompression und Druckverlust

Die Enduntersuchung zeigte nahezu unveränderte Kompressionswerte und auch die Druckverlustmessung war unauffällig. Der Düsenöffnungsdruck hatte sich gegenüber dem Anfangszustand etwas verringert. Das Spritzbild der Düsen war bis auf Düse 3 in Ordnung.

Tabelle 39: 35-Bgld Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	36	36	4	4	205	200	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	37	36	4	24	205	200	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	36	36	5	5	210		i.O.	defekt	Düse 3
Zylinder 4	36	36	4	23	205	200	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	36	36	4	4	205	200	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	36	36	4	3	210	200	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Endoskopie des Brennraumes zeigte einen normalen der Laufzeit entsprechenden Motorzustand. Die Ventile konnten jedoch nicht ausreichend eingesehen werden.



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Deutz Agrotron 110 wurde im März 2007 bei einer bisherigen Laufleistung von 758 Traktormeterstunden in der Werkstätte des Lagerhaus Hartberg mit einem Greenpower 2-Tank-System für den Betrieb mit Rapsöl ausgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 602 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben. Der Traktor wurde relativ spät ins Projekt aufgenommen. Aufgrund der großen Distanz zwischen dem Standort und dem FJ-BLT Wieselburg wurde er keiner Anfangsvermessung bezüglich Leistung und Emissionen unterzogen.

Die Ergebnisse der Motorölanalysen zeigten hinsichtlich der Änderungen der Viskosität und der Total Base Number keine Auffälligkeiten. Die festgelegten Grenzwerte der Verschleißgeschwindigkeit, des Russ- und Rapsölgehaltes wurden deutlich unterschritten. Die gezogenen Rapsölproben aus dem Lagertank und dem Traktortank wiesen zum Teil beträchtliche Über- bzw. Unterschreitungen der Grenzwerte der Parameter Gesamtverschmutzung, Oxidationsstabilität und Wassergehalt auf.

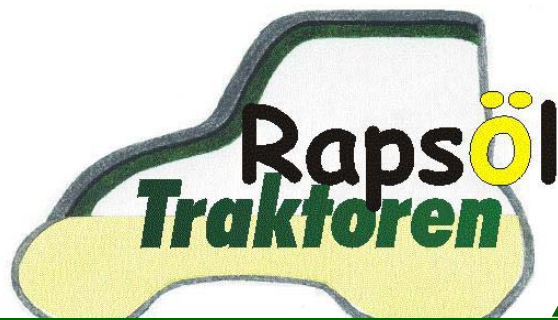
Aufgrund eines Bruches am Rahmen der Fahrerkabine, an welcher der Schaltschrank des Systems befestigt war, erfolgte im August 2008 eine Montage direkt am Traktorrahmen. Die Enduntersuchung des Motors zeigte nahezu unveränderte Kompressionswerte und auch die Druckverlustmessung war unauffällig. Der Düsenöffnungsdruck hat sich gegenüber dem Anfangszustand etwas verringert. Das Spritzbild der Düsen war bis auf Düse 3 in Ordnung. Die Endoskopie des Brennraumes zeigte einen normalen der Laufzeit entsprechenden Motorzustand. Die Ventile konnten jedoch nicht ausreichend eingesehen werden.

Wie immer wieder auftretender Probleme bei Rapsölbetrieb zeigten, hat die Greenpower Umrüstung während des Versuchszeitraumes nur bedingt funktioniert. Nachdem die aufgetretenen Störungen vom Umrüster nicht behoben werden konnten, erfolgte im Juni 2008 auf Wunsch des Betreibers der Abbau des Greenpower Systems.



36-OÖ

36-OÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Steyr 6190 CVT
Umrüstung:	Oktober 2006
Umrüttlösung:	e-oil 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	597 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Steyr 6190 CVT
Motortype	WD 620.99
Erstmalige Zulassung	23.02.2003
Motorhersteller	SISU Diesel
Motor Nr.	N 11526
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	20 Liter
Nennleistung	141 kW
Nenn Drehzahl	2100 min ⁻¹
Hubraum	6596 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 120 mm
Verdichtungsverhältnis	18,5 : 1
Einspritzpumpe	Bosch VP 30
Einspritzdruck	260 bis 270 bar
Kraftstofftank	309 Liter
Eigengewicht	6.800 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Oktober 2006
bei TMh	1.131
Enduntersuchung	April 2008
bei TMh	1.728

Umrüstung

Umrüstsystem	e-oil Eintanksystem
Umrüster	Schwarzmayr

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.

Zu Projektbeginn wurde eine beinahe idente Leistungskurve mit beiden Kraftstoffen gemessen. Über die Laufzeit nahm die Leistung sowohl bei Diesel als auch bei Rapsöl um bis zu 18 kW zu, dies war auf einen nachträglich eingebauten Chip zur Leistungssteigerung zurückzuführen. Der Kraftstoffverbrauch stieg jeweils entsprechend der Leistungserhöhung.

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

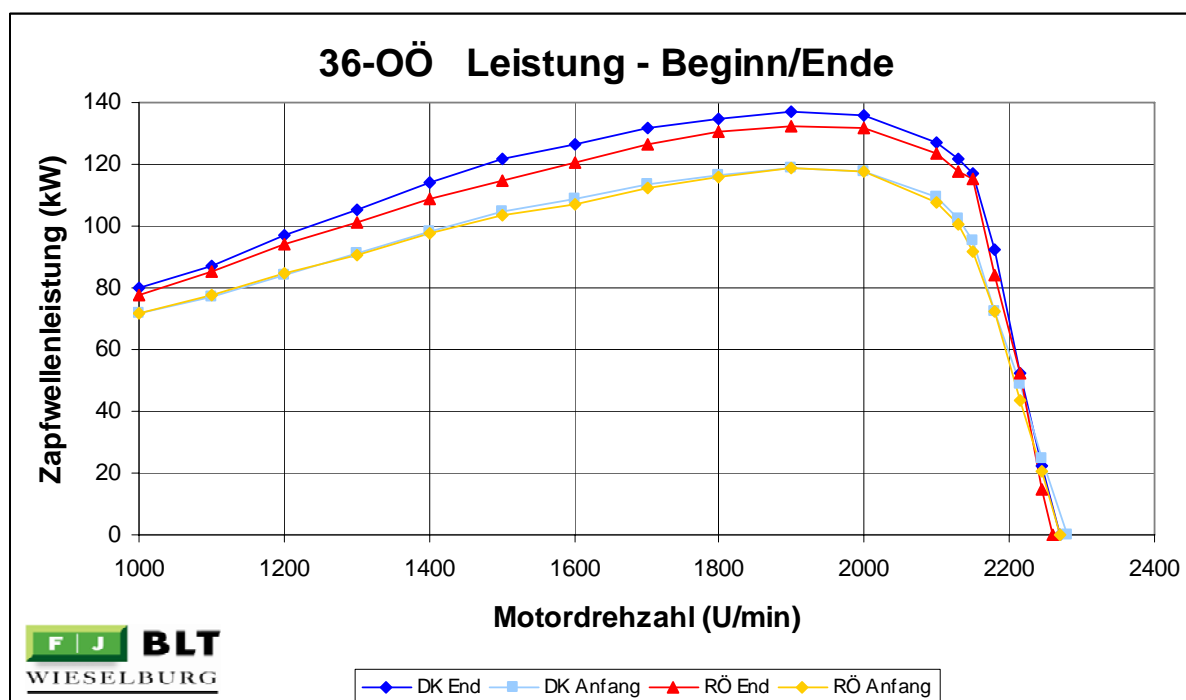


Abbildung 131: 36-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

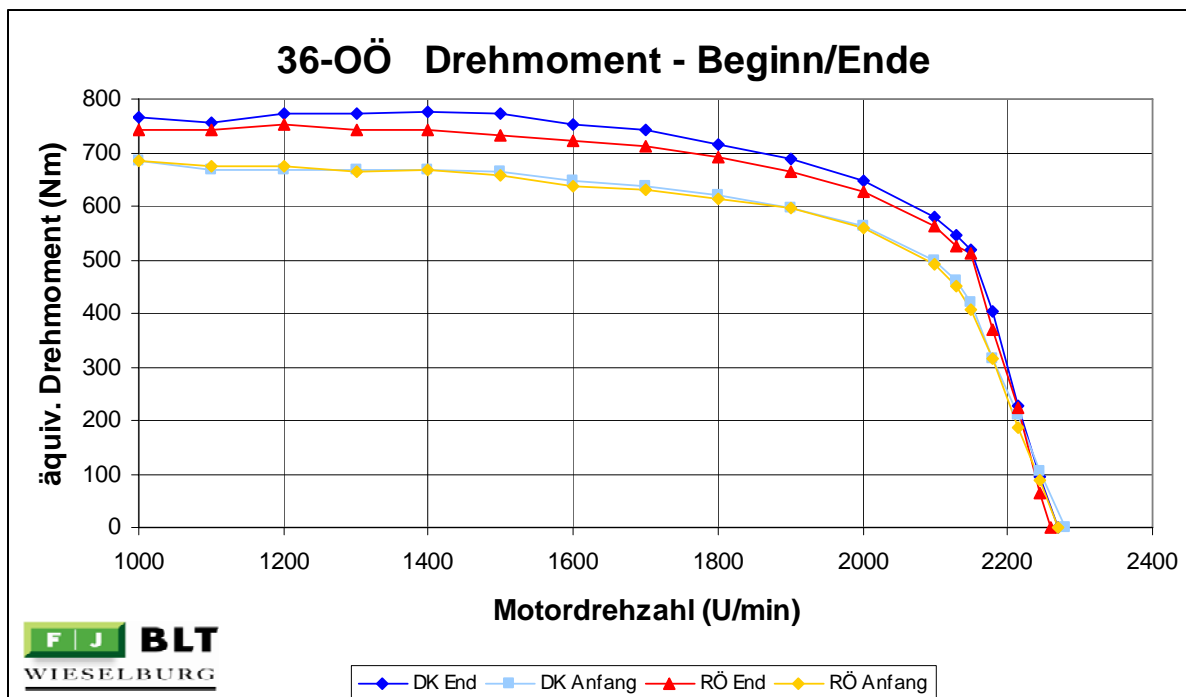


Abbildung 132: 36-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

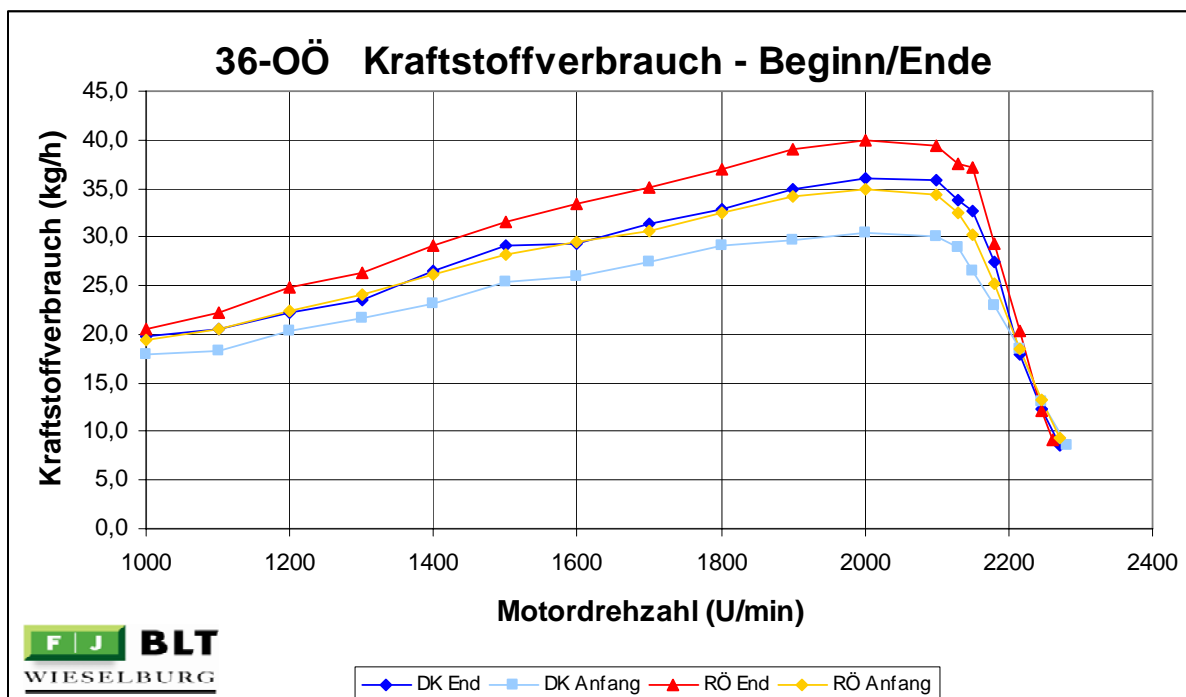


Abbildung 133: 36-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

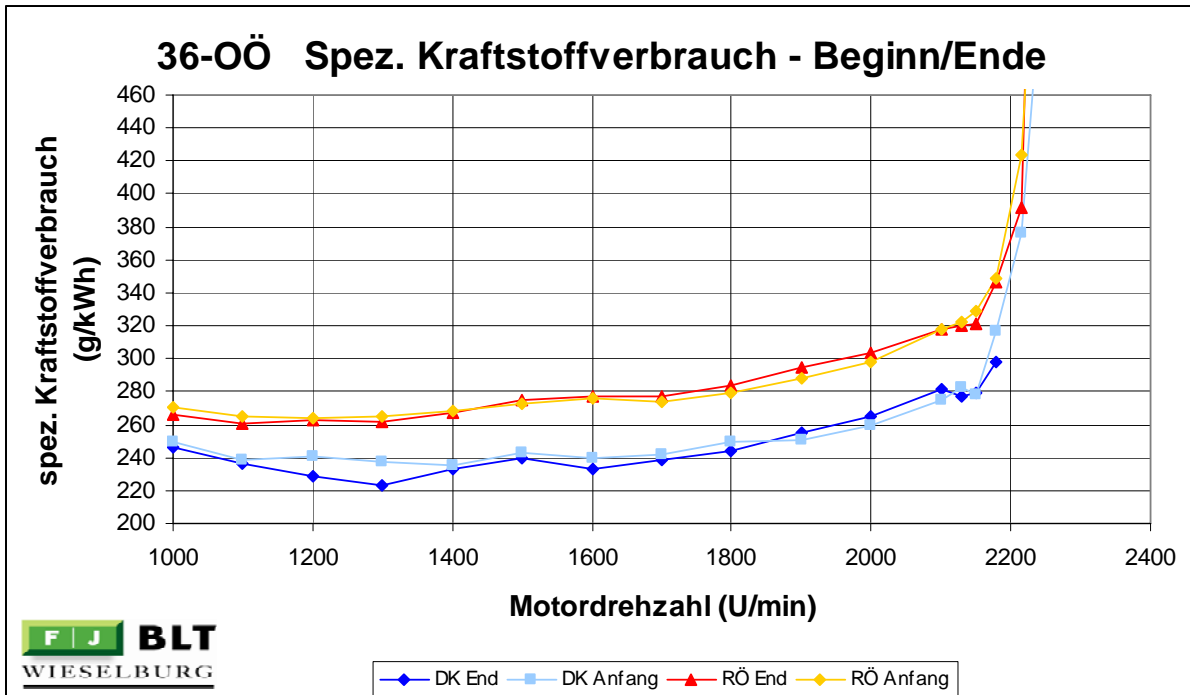


Abbildung 134: 36-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

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. Die Messung bei Versuchsende zeigte ein geringfügiges Absinken der Blow-by Werte bei beiden Kraftstoffen.

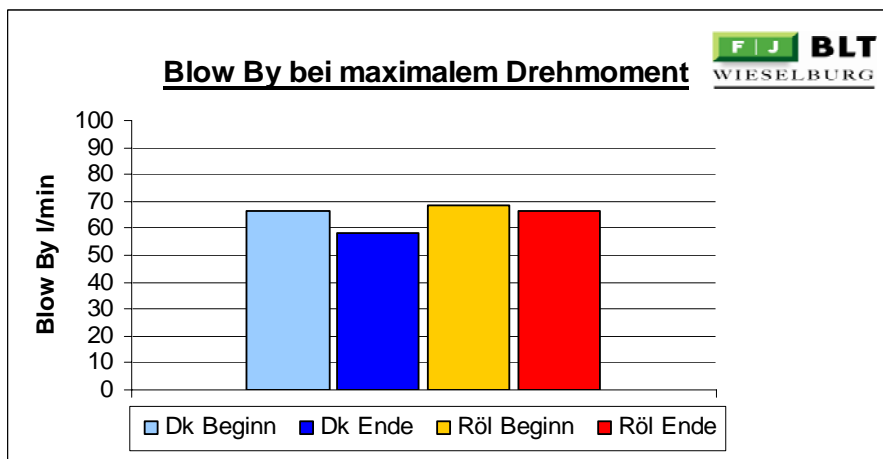


Abbildung 135: 36-OÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Emissionsmessung wurde im Rahmen der Abschlussuntersuchung sowohl mit Chip als auch ohne Chip durchgeführt. Insgesamt waren die Ergebnisse beider Messungen vergleichbar, obgleich die Werte mit Chip etwas besser waren. In den folgenden Tabellen werden den Emissionen der Anfangsuntersuchung jeweils jene der Enduntersuchung mit und ohne Chip gegenübergestellt.

Die Ergebnisse der Emissionsmessung zeigen, dass bei beiden Kraftstoffen, sowohl mit Chip als auch ohne Chip, über die Laufzeit eine Verbesserung fast aller Emissionskomponenten festzustellen war. Lediglich die spezifischen NO_x-Emissionen bei Rapsölbetrieb stiegen zwischen der Anfangs- und Enduntersuchung ohne Chip geringfügig an.

Tabelle 40: 36-OÖ Gasförmige Emissionen

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Ende RÖ Chip	Beginn DK	Ende DK	Ende DK Chip
[g/kWh]	19.10.2006	02.04.2008	02.04.2008	18.10.2006	31.03.2008	31.03.2008
CO	1,38	1,24	1,10	1,02	0,93	0,97
HC	0,24	0,21	0,17	0,48	0,42	0,37
NO _x	7,72	7,83	7,32	6,90	6,60	6,60

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. Hierbei wurden jeweils zwei Messungen mit Diesel und Rapsöl durchgeführt.

Tabelle 41: 36-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	PM mit Chip	PM ohne Chip	Datum
RÖ	0,162	0,198	02.04.2008
DK	0,223	0,219	31.03.2008

Die Ergebnisse zeigten bei beiden Messungen bei Rapsölbetrieb niedrigere Partikelemissionen. Der Traktor wies bei Rapsölbetrieb mit Chip niedrigere spezifische Partikelemissionen auf als ohne Chip. Bei Dieselpetrieb waren die Partikelemissionen ohne Chip niedriger. Im Vergleich lagen die Partikelemissionswerte dieses Traktors bei beiden Kraftstoffen jeweils unterhalb des Mittelwertes aller vermessenen Traktoren.

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, die Werte wurden auf Empfehlung des Umrüsters auf 250 Betriebsstunden reduziert. Während der Projektlaufzeit wurden zwei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 248 TMh, sowie ein Intervall (letztes angefangenes) zu 73 TMh 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 durchgeführt. Die Motorölproben wurden vom Betreiber regelmäßig und vollständig 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%.

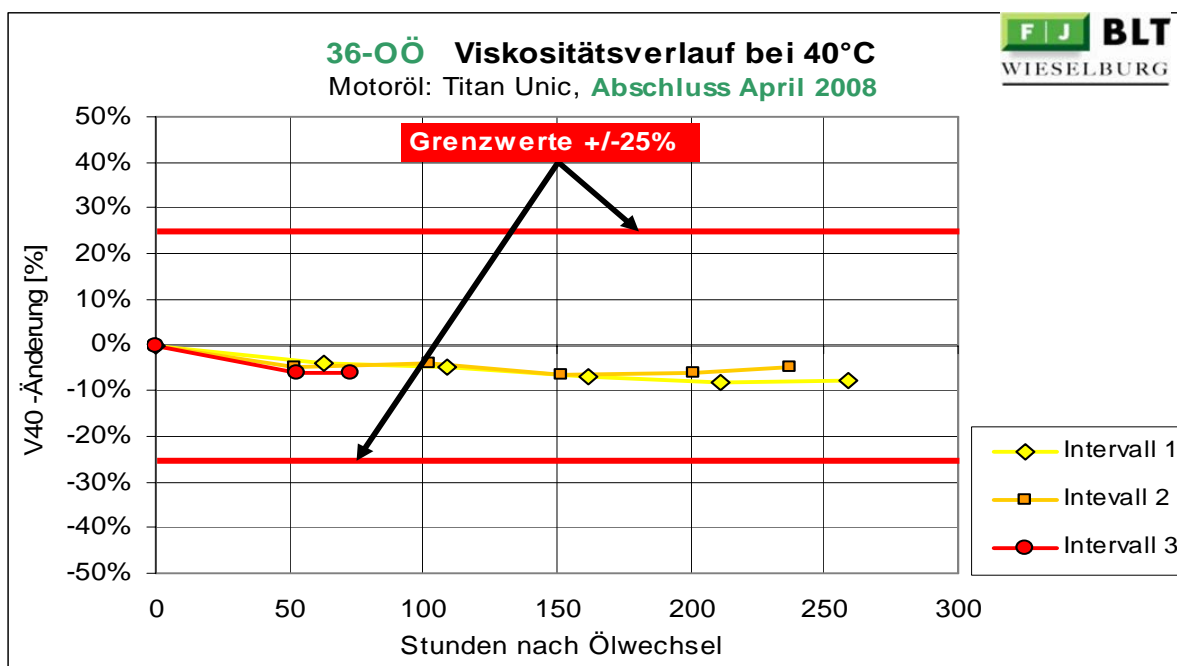


Abbildung 136: 36-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°

Die Verläufe der Untersuchungsergebnisse der Viskosität waren sowohl bei 40°C als auch bei 100°C gleichmäßig. Die größten Abweichungen lagen bei der Viskosität bei 40°C im Bereich von -8%, bei 100°C lediglich bei -3%.

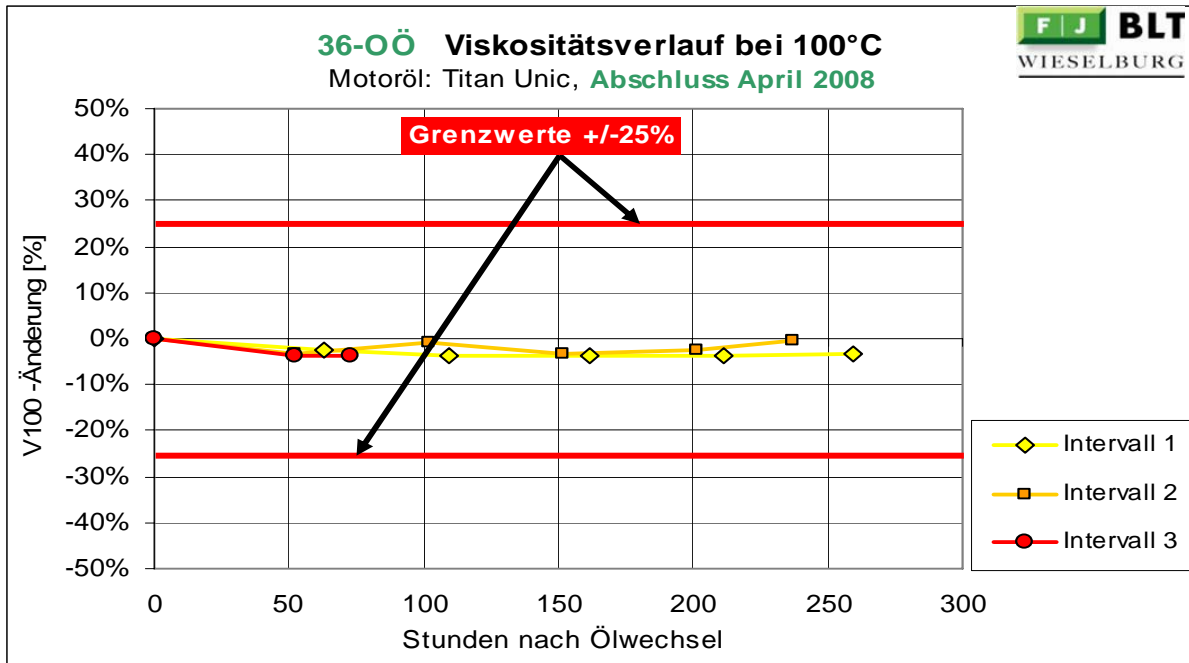


Abbildung 137: 36-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

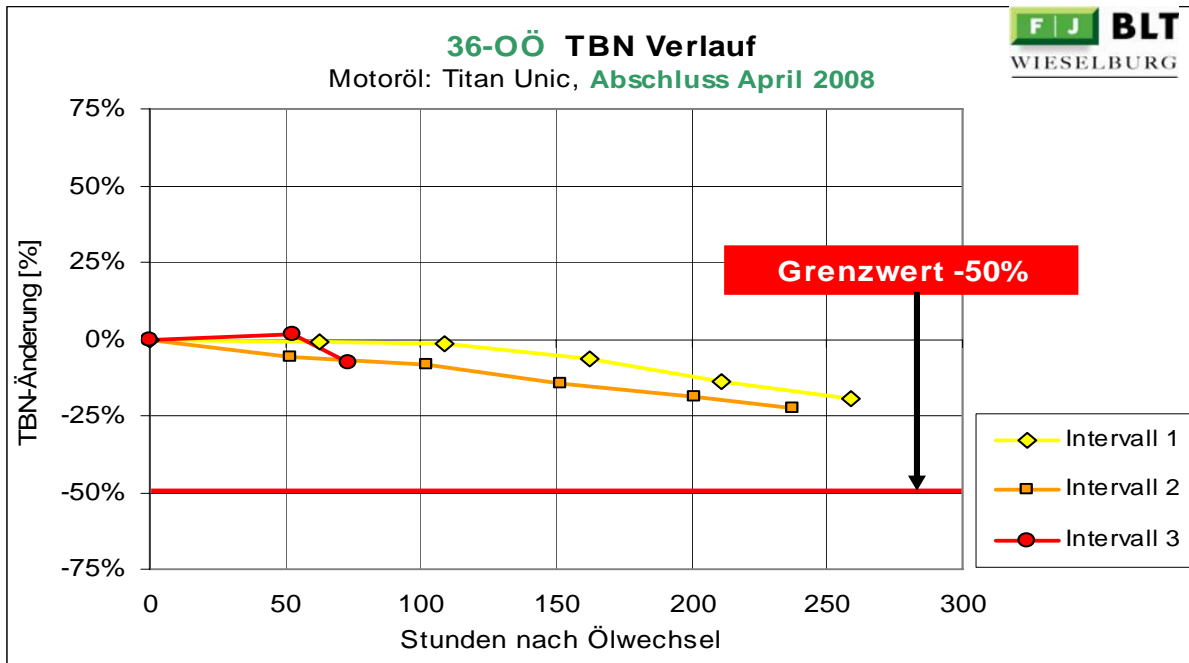


Abbildung 138: 36-OÖ Änderung der Total Base Number

Über die Laufzeit nahmen die Untersuchungswerte der TBN sichtbar ab. Die durchschnittliche Abnahme lag bei den Ölwechselproben bei rund -23% im Vergleich zur Bezugsbasis.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden sechs 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 Elementgehalte von Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom zeigten keine Überschreitungen der festgelegten Grenze von 0,5 mg/Bh Verschleißgeschwindigkeit.

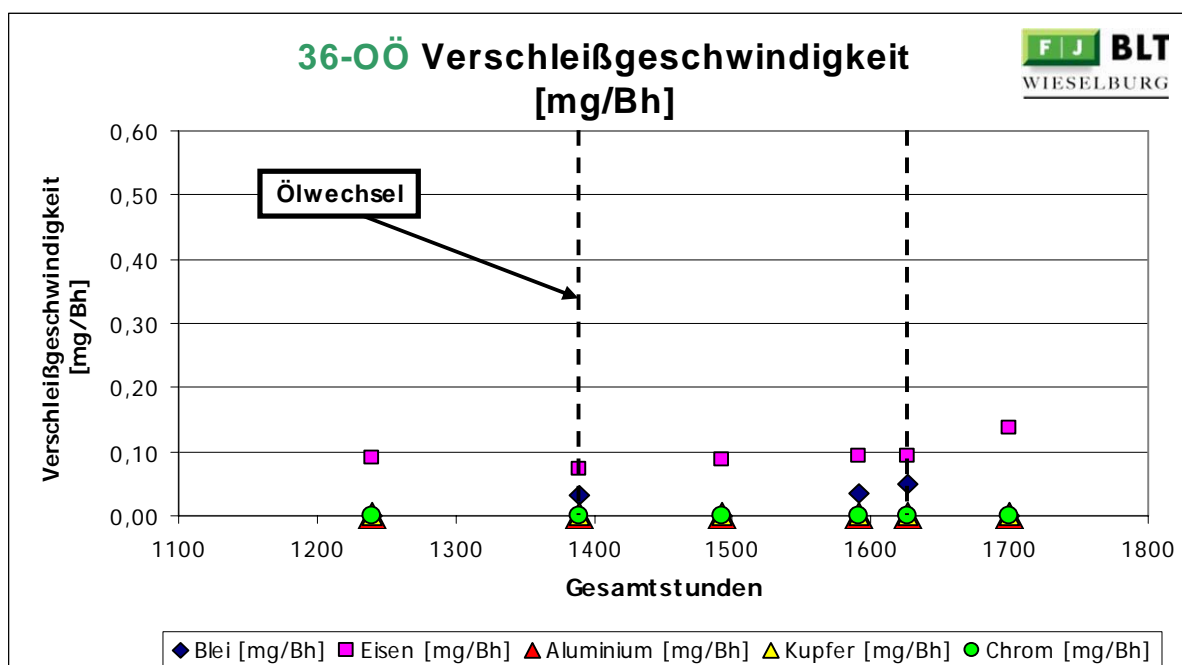


Abbildung 139: 36-OÖ Verschleißgeschwindigkeit

Die detektierten Russgehalte wiesen einen maximalen Wert von 2% auf. Sie lagen somit unter dem 3%-igen Grenzwert. Der Rapsölgehalt lag bei der ersten Motorölwechselprobe über dem 15%-igen Grenzwert. Bei der zweiten Motorölwechselprobe war das Untersuchungsergebnis mit 13,5% wieder im hohen Bereich.

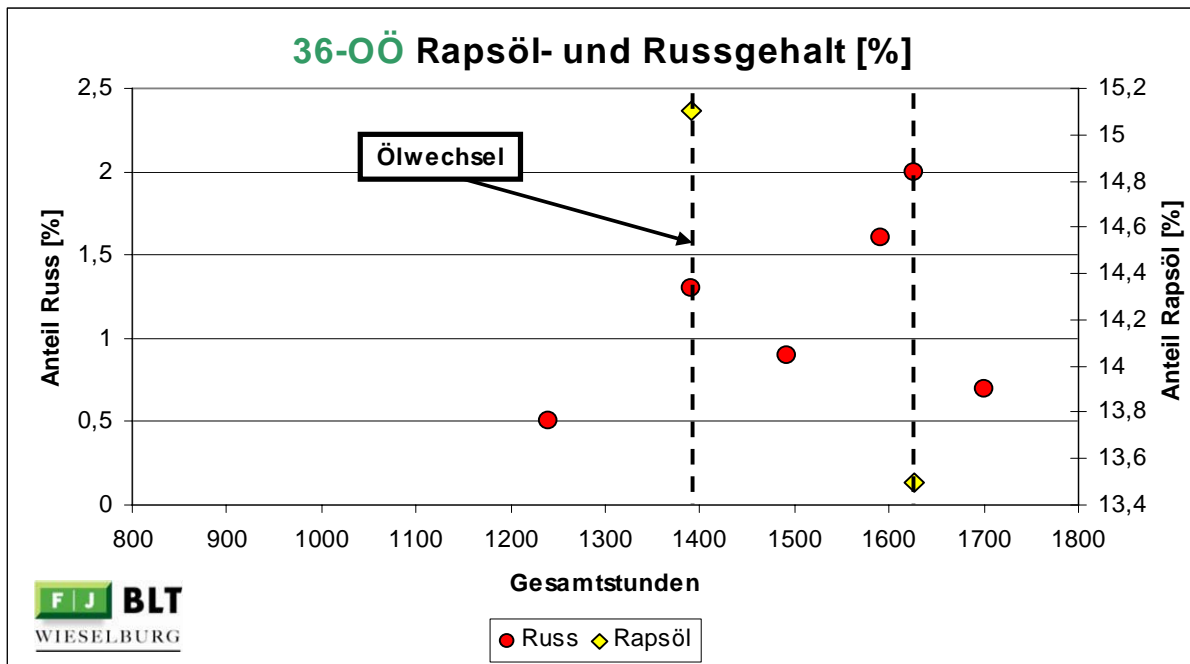


Abbildung 140: 36-OÖ Rapsöl- und Russgehalte der Motorölproben

3. Kraftstoffanalysen

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

Insgesamt wurden 4 Kraftstoffproben aus dem Lagertank, 3 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 dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffanalysen aus dem Lagertank

Bei den Lagertankproben wurde der Grenzwert des Wassergehaltes zweimal überschritten. Der Analysenwert der Oxidationsstabilität lag einmal deutlich unter dem Mindestwert für die Induktionsperiode.

Tabelle 42: 36-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-%]
23.11.2006	919	34,52	18,18	0,70		5,70	0,066
01.03.2007	919	34,58	23,33	0,74	3,08	4,37	0,062
01.06.2007	919	35,37	19,44	0,86		4,59	0,075
27.07.2007	919	35,37	14,84	0,97	8,43	4,38	0,082

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Der Dichtewert der Probe vom 01. März 2007 lag aufgrund des hohen Dieselanteils von 85% unter dem geforderten Mindestwert von 900 kg/m³. Weitere Grenzwertverletzungen wurden bei den Parametern Gesamtverschmutzung und Wassergehalt festgestellt.

Tabelle 43: 36-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 [%]
01.03.2007	846	2,55	2,85	0,05		0,090	85
01.06.2007	917	32,69	32,04	0,81		0,062	4
27.07.2007	919	34,51	9,96	0,97	4,16	0,078	1



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 eineinhalb Jahren 588 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Insgesamt wurden laut den Eintragungen 8.944 Liter Rapsöl und 1.385 Liter Diesel getankt. Dies ergab einen durchschnittlichen Verbrauch von 17,56 Liter/TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 1-Tank-System Umrüstung bei 13%. Der Einsatzbereich wurde hauptsächlich im schweren Lastbereich eingestuft. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhten auf Eintragungen aus 66 Tagen.

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



Traktortagebuch

Fahrzeug: 36 Steyr CVT 6190



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 24. Okt. 06 bei TMh: 1140
 Letzter Eintrag: 16. Apr. 08 bei TMh: 1728,2 TMh lt. Traktortagebuch: **588,2**

Anzahl der Eintragungen gesamt:
 66

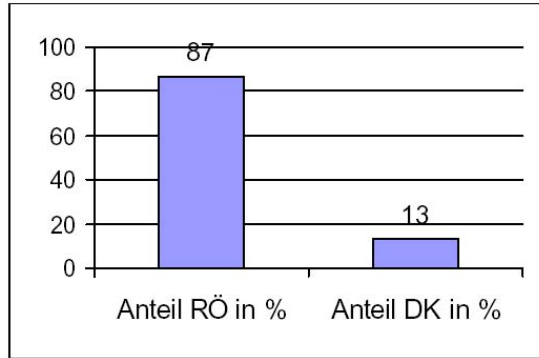
Tankmengen:

Diesel in l: 1385

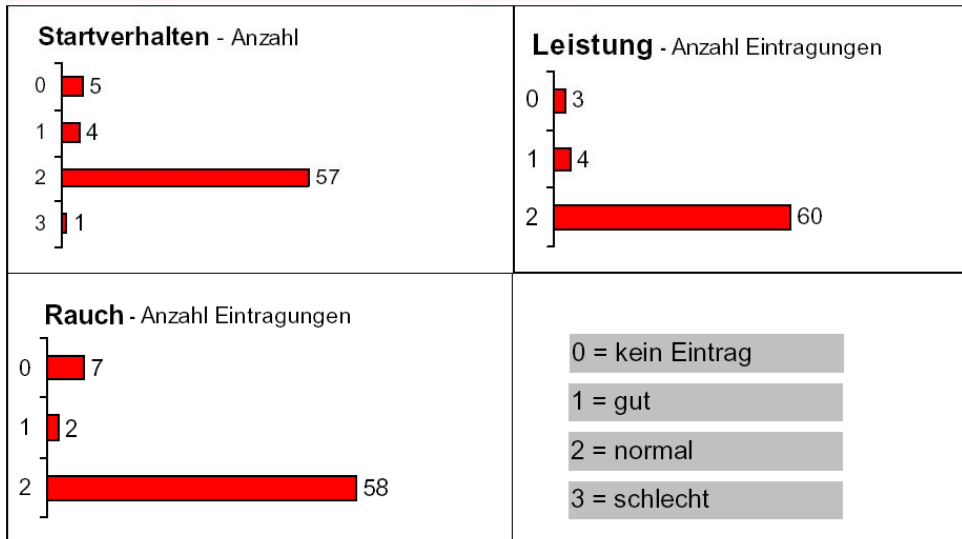
Rapsöl in l: 8944

durchschnittlicher Verbrauch/h:

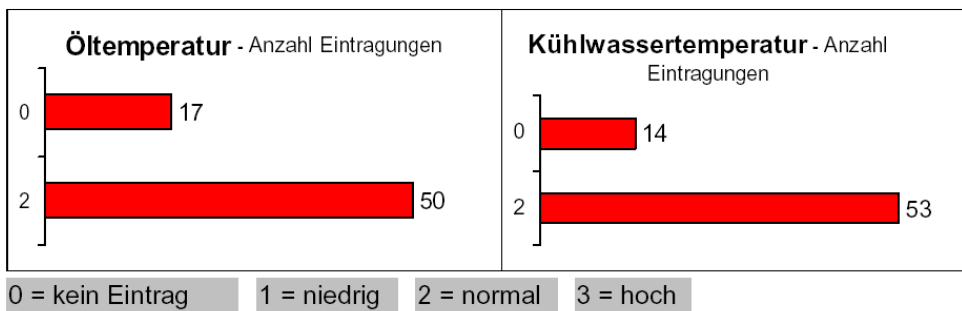
17,56



Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



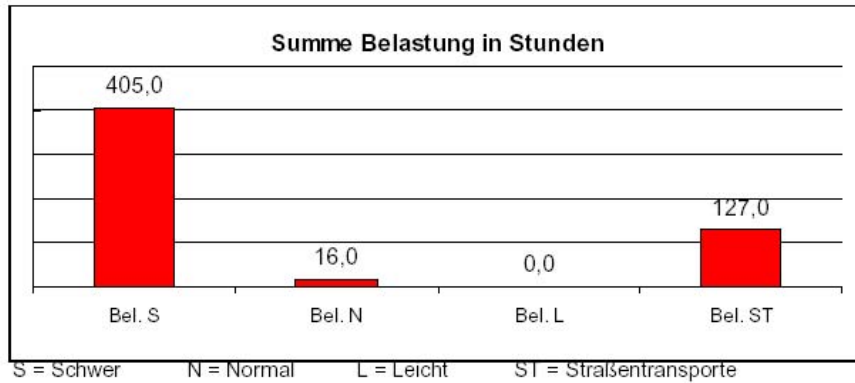


Traktortagebuch

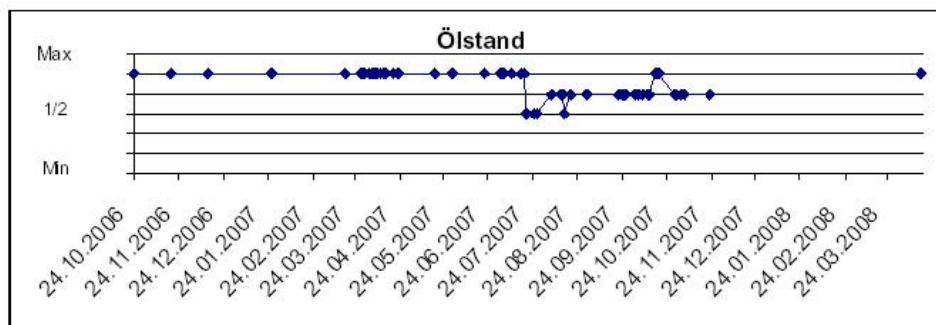
Fahrzeug: 36 Steyr CVT 6190



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



5. Auslastung

Zusätzlich zu den Auswertungen des Traktortagebuches lieferte das „Load Profile“, welches bei Steyr CVT Traktoren mit BOSCH Einspritzpumpe ausgelesen werden kann, weitere Informationen über die Auslastung des Traktors. Das elektronische System (EEM Electronic-Engine-Management) des Motors speicherte während des Betriebes kumulativ die jeweiligen Einspritzmengen und Drehzahlen.

Das nachfolgend dargestellte Belastungsprofil zeigt den prozentuellen Zeitanteil aufgetragen über die verschiedenen Drehzahlbereiche während einer aufgezeichneten Betriebsdauer von 573 Stunden.

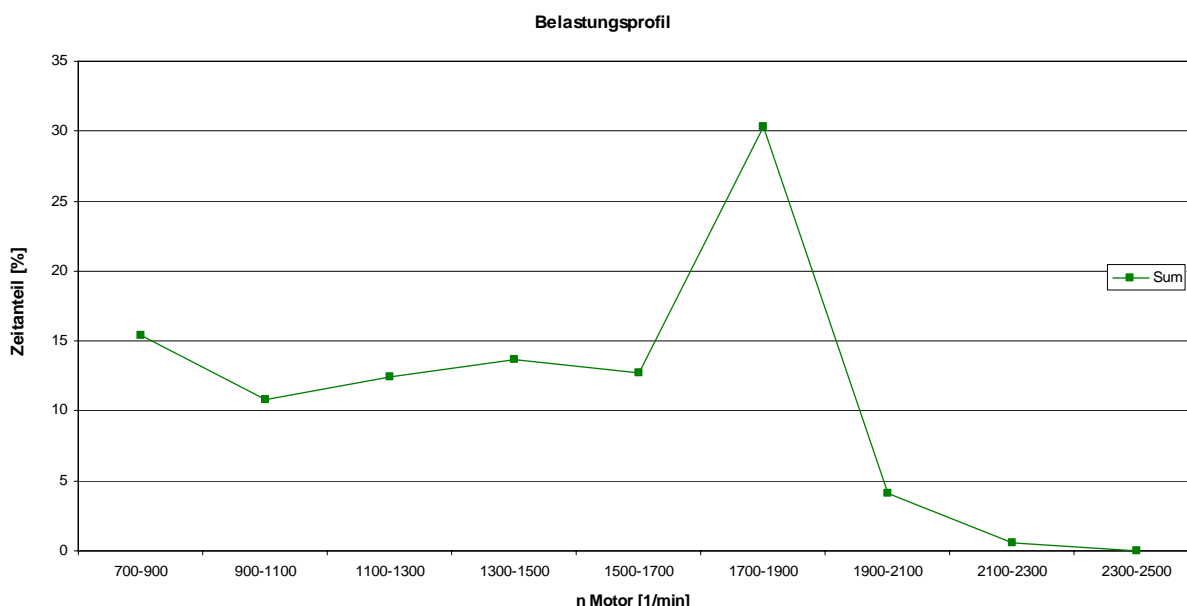


Abbildung 141: 36-OÖ Belastungsprofil

Die räumliche Darstellung der Auslastung des Motors zeigt den Hauptanteil der Belastung im Drehzahlbereich von 1500 bis 1900 min⁻¹. Relativierend muss ergänzt werden, dass der Leerlaufbereich bei jedem Beschleunigungsvorgang durchfahren wird und damit den Leerlaufanteil erhöht.

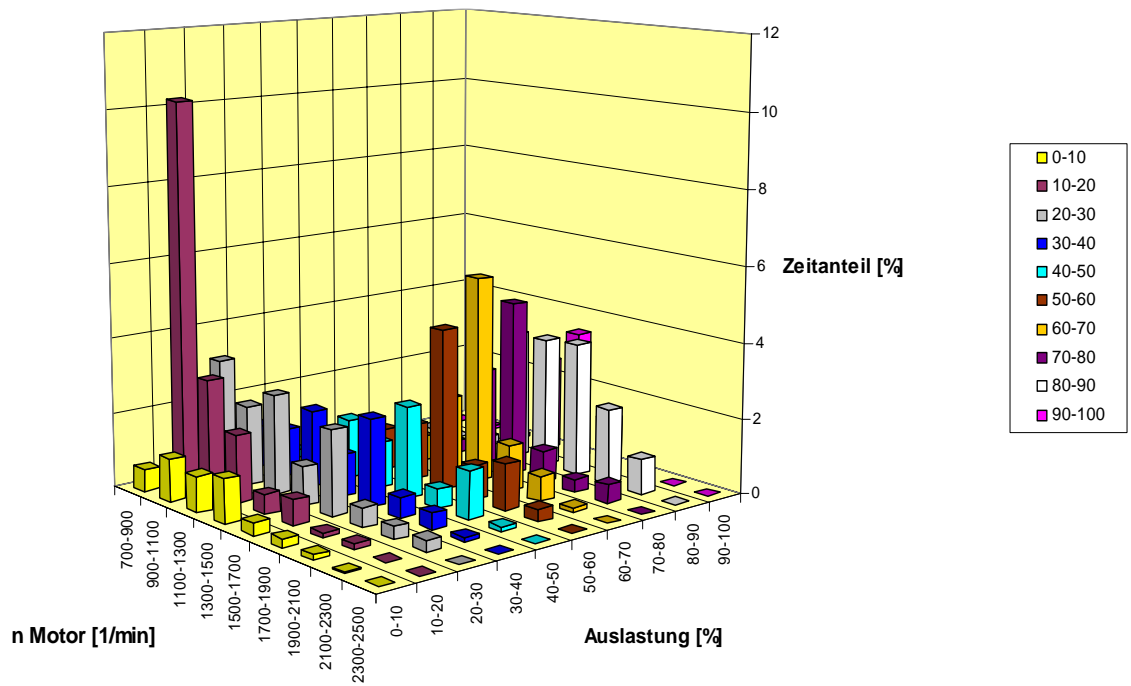


Abbildung 142: 36-OÖ Auslastung des Motors

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. durchgeführt. Die Zylinderkopfdemontage 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 des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte keine nennenswerten Änderungen im Vergleich zur Anfangsuntersuchung. Der gemessene Druckverlust im Brennraum lieferte geringfügig verbesserte Werte.

Tabelle 44: 36-OÖ Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	34	34	18	12	260	260	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	34	34	17	9	270	260	i.O.	i.O.	Düse 2
Zylinder 3	34	33	17	14	260	255	i.O.	defekt	Düse 3
Zylinder 4	34	32	19	12	255	250	i.O.	i.O.	Düse 4
Zylinder 5	34	32	18	10	260	250	i.O.	i.O.	Düse 5
Zylinder 6	34	33	17	13	265	255	i.O.	i.O.	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war nur geringfügig gesunken. Einspritzdüse 3 war hinsichtlich Spritzbild und Dichtheit als defekt einzustufen.

Die Einspritzdüsen waren am Schaft und an der Düsen Spitze teilweise mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 143: 36-OÖ Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

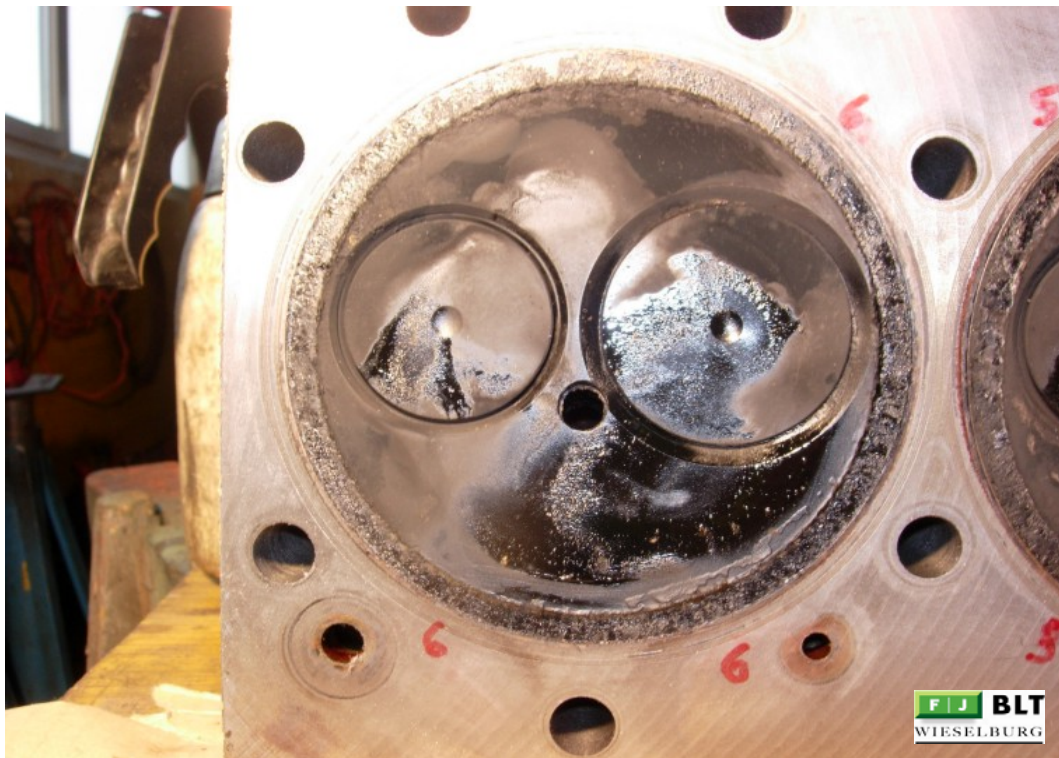


Abbildung 144: 36-OÖ Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, stellenweise feucht glänzenden, Belag versehen. In den Randbereichen war teilweise eine geringe Belagskruste vorhanden.



Abbildung 145: 36-OÖ Auslass- und Einlassventil

Am Übergang von Ventilteller zum Schaft war an den Einlassventilen eine Belagskruste ersichtlich. Die Einlasskanäle waren nur leicht verkrustet, wobei der Belag an der Ventilmündung etwas stärker war. Die Auslassventile waren mit einer dünnen, schwarzen Russschicht überzogen. Der Auslasskanal war ebenfalls leicht verkrustet. Die Auslassventile der Zylinder 2, 3 und 6 waren bei der Öffnung schwergängig, das Auslassventil von Zylinder 5 sehr schwergängig.

Der Feuerstegbereich der Zylinder war jeweils klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Teilweise waren Riefen im Belag ersichtlich, welche offensichtlich durch die Berührung mit dem Kolben entstanden waren. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar.

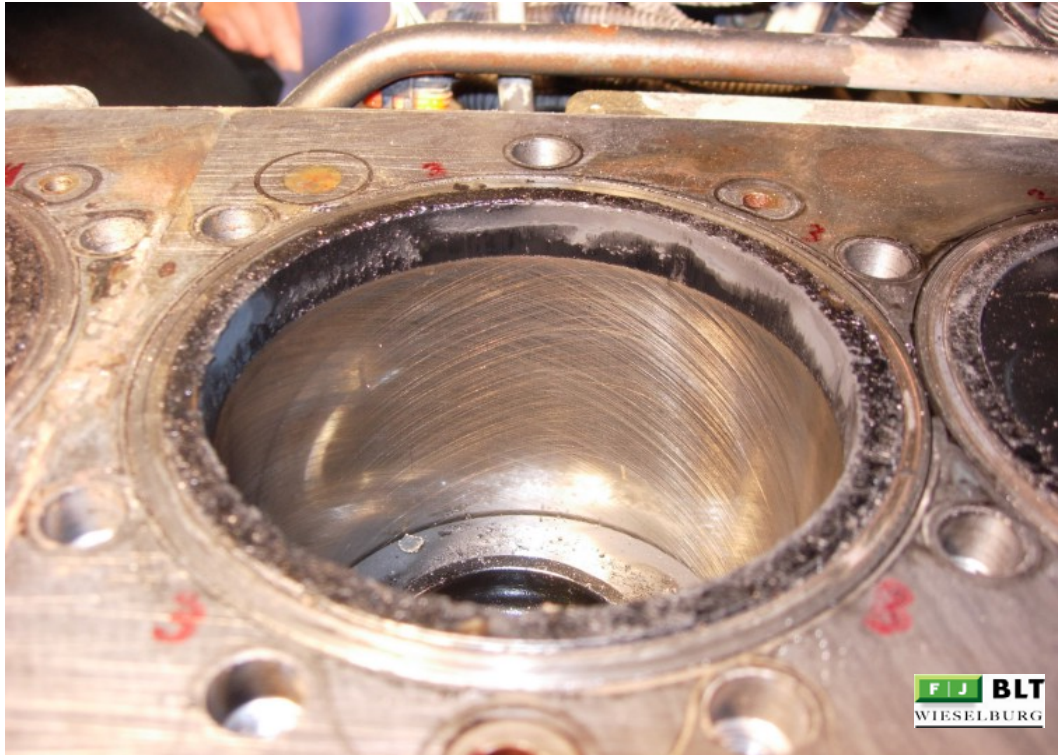


Abbildung 146: 36-OÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 147: 36-OÖ Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem dünnen, schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. In der Kolbenmulde war der Belag etwas grobkörniger.



7. Schlussbetrachtung

Der Traktor Steyr 6190 CVT wurde im Oktober 2006 bei einer bisherigen Laufleistung von 1.131 Traktormeterstunden von Mitarbeitern der Fa. Schwarzmayr auf ein e-oil 1-Tank System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Betrieb mit Rapsöl erfolgte unter Zugabe eines Additivs, welches in die Ansaugluft eingedüst wurde.

Der Betreiber meldete während des Versuchszeitraumes keine Störfälle.

Zu Projektbeginn wurde eine beinahe idente Leistungskurve mit beiden Kraftstoffen gemessen. Die Messung bei Versuchsende zeigte eine Mehrleistung sowohl bei Diesel als auch bei Rapsöl um bis zu 18 kW. Dies war auf einen nachträglich eingebauten Chip zur Leistungssteigerung zurückzuführen. Der Kraftstoffverbrauch stieg jeweils entsprechend der Leistungserhöhung.

Die Ergebnisse der Emissionsmessung zeigen, dass bei beiden Kraftstoffen, sowohl mit Chip als auch ohne Chip, über die Laufzeit eine Verbesserung fast aller Emissionskomponenten festzustellen war. Lediglich die spezifischen NO_x-Emissionen bei Rapsölbetrieb stiegen zwischen der Anfangs- und Enduntersuchung ohne Chip geringfügig an. Die Partikelemissionen waren bei Rapsölbetrieb niedriger als bei Dieselmotorbetrieb. Im Vergleich lagen die Partikelemissionswerte dieses Traktors bei beiden Kraftstoffen jeweils unterhalb des Mittelwertes aller vermessenen Traktoren.

Die Verläufe der Untersuchungsergebnisse der Viskosität waren sowohl bei 40°C als auch bei 100°C gleichmäßig. Die größten Abweichungen lagen bei der Viskosität bei 40°C im Bereich von -8%, bei 100°C lediglich bei -3%. Über die Laufzeit nahmen die Untersuchungswerte der TBN sichtbar ab. Die durchschnittliche Abnahme lag bei den Ölwechselproben bei rund -23% im Vergleich zur Bezugsbasis. Die analysierten Elementgehalte von Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom zeigten keine Überschreitungen der festgelegten Grenze von 0,5 mg/Bh Verschleißgeschwindigkeit. Die detektierten Russgehalte wiesen einen maximalen Wert von 2% auf. Sie lagen somit unter dem 3%-igen Grenzwert. Der Rapsölgehalt lag bei der ersten Motorölwechselprobe über dem 15%-igen Grenzwert. Bei der zweiten



Motorölwechselprobe war das Untersuchungsergebnis mit 13,5% wieder im hohen Bereich.

Grenzwertüberschreitungen gab es bei den Rapsölproben aus der Ölmühle vermehrt zu Beginn des Projektes beim Parameter Gesamtverschmutzung. Ab 2006 gab es kaum mehr Überschreitungen. Die häufigsten Grenzwertüberschreitungen der Lagertank- und Traktortankproben wurden beim Parameter Wassergehalt festgestellt.

Die Messung des Kompressionsdruckes bei Versuchsende zeigte keine nennenswerten Änderungen im Vergleich zur Anfangsuntersuchung. Der gemessene Druckverlust im Brennraum lieferte geringfügig verbesserte Werte. Der Öffnungsdruck der Einspritzdüsen war nur geringfügig gesunken. Einspritzdüse 3 war hinsichtlich Spritzbild und Dichtheit als defekt einzustufen. Die Einspritzdüsen waren am Schaft und der Düsen Spitze teilweise mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Die Düsenlöcher waren allesamt frei.

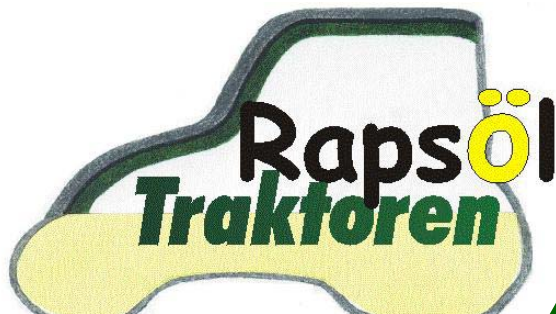
Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, stellenweise feucht glänzenden, Belag versehen. In den Randbereichen war teilweise eine geringe Belagskruste vorhanden. Am Übergang von Ventilteller zum Schaft war an den Einlassventilen eine Belagskruste ersichtlich. Die Einlasskanäle waren nur leicht verkrustet, wobei der Belag an der Ventilmündung etwas stärker war. Die Auslassventile waren mit einer dünnen, schwarzen Russschicht überzogen. Der Auslasskanal war ebenfalls leicht verkrustet. Die Auslassventile der Zylinder 2, 3 und 6 waren bei der Öffnung schwergängig, das Auslassventil von Zylinder 5 sehr schwergängig.

Der Feuerstegbereich der Zylinder war jeweils klar abgegrenzt und mit einer schwarzen Belagkruste versehen. Teilweise waren Riefen im Belag ersichtlich, welche offensichtlich durch die Berührung mit dem Kolben entstanden waren. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Die Kolbenböden waren mit einem dünnen, schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. In der Kolbenmulde war der Belag etwas grobkörniger.



37-NÖ

37-NÖ



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	Steyr 6195 CVT
Umrüstung:	Oktober 2006
Umrüslösung:	Gruber 2-Tank-System
Rapsöleinsatz:	1.554 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	Traktor
Fahrzeugmarke	Steyr 6195 CVT
Motortype	WD 620.64
Erstmalige Zulassung	21.11.2005
Motorhersteller	SISU Diesel
Motor Nr.	P 772
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	Ja (mit Abgasrückführung)
Kühlung	Wasserkühlung
Ölfüllmenge	20 Liter
Nennleistung	144 kW
Nenn Drehzahl	2100 min ⁻¹
Hubraum	6596 cm ³
Bohrung x Hub	108 x 120 mm
Verdichtungsverhältnis	18,5 : 1
Einspritzpumpe	Bosch CP1H (Common Rail)
Einspritzdruck	----
Kraftstofftank	309 Liter
Eigengewicht	6.800 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Oktober 2006
bei TMh	1.507
Enduntersuchung	August 2008
bei TMh	3.061

Umrüstung

Umrüstsystem	Gruber 2 Tank System
Umrüster	Gruber

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 Rapsöl gemessen und daraus der Verlauf von Drehmoment und Leistung an der Zapfwelle samt Kraftstoffverbrauch dargestellt.

Die Leistung bei Rapsölbetrieb lag bei der Messung zu Versuchsbeginn deutlich unter jener mit Dieselkraftstoff. Die Messung bei Versuchsende zeigte bei Rapsölbetrieb eine deutliche Steigerung der Leistung.

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

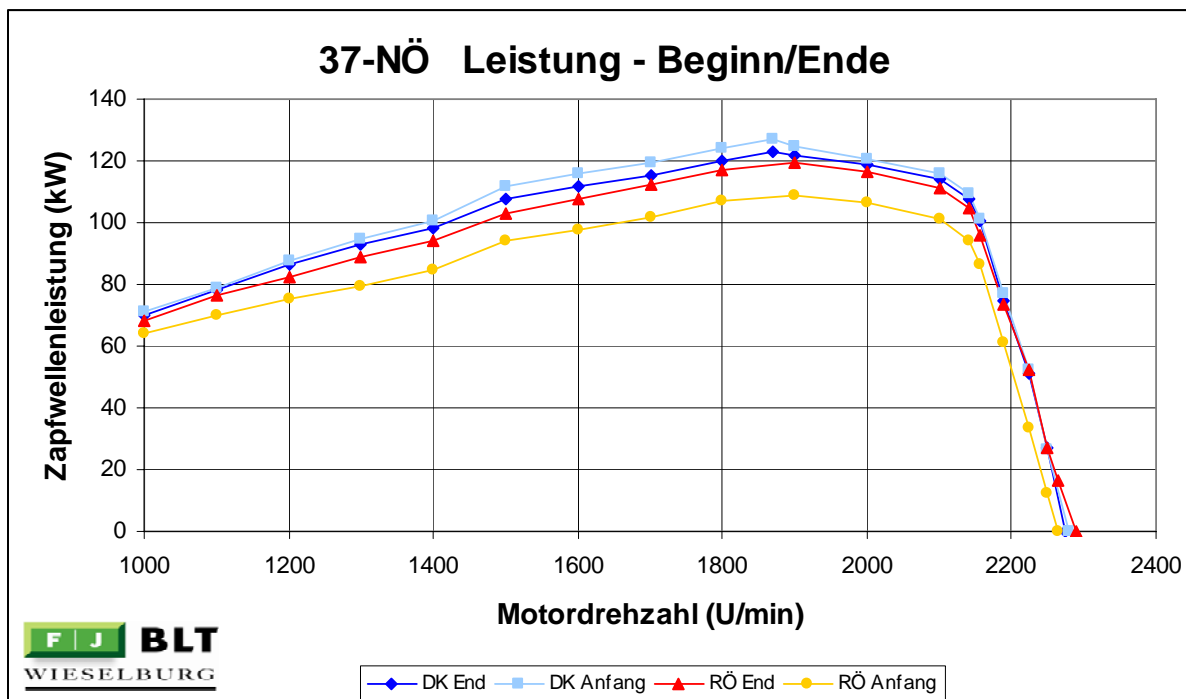


Abbildung 148: 37-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

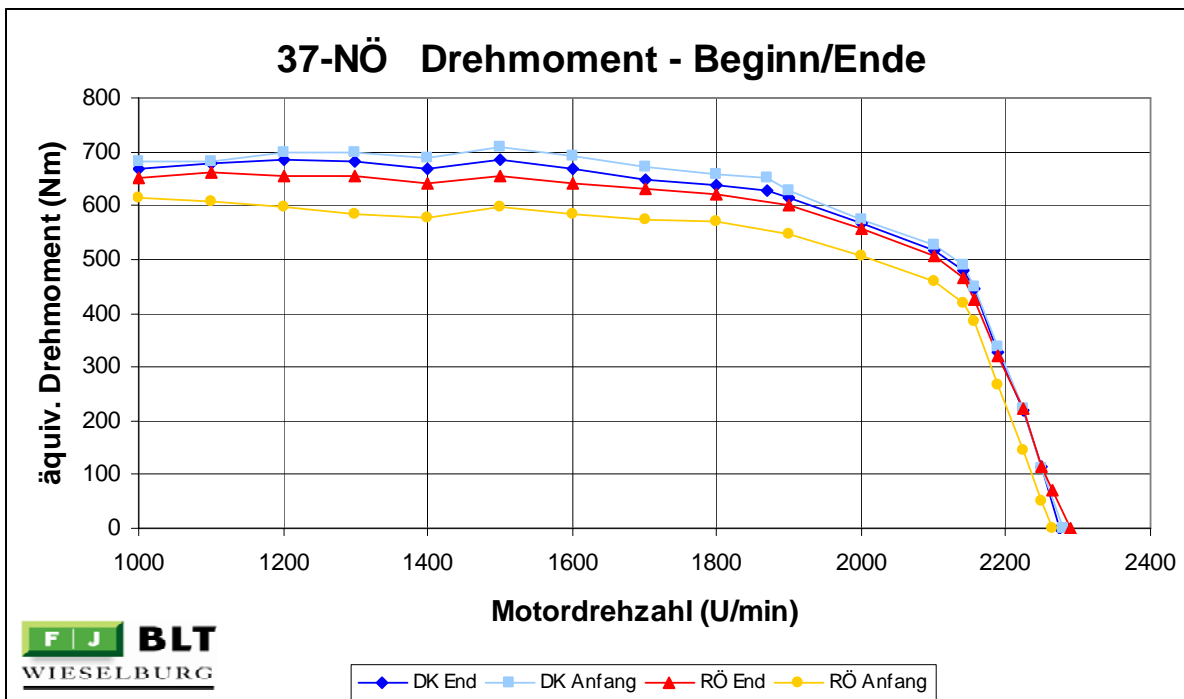


Abbildung 149: 37-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

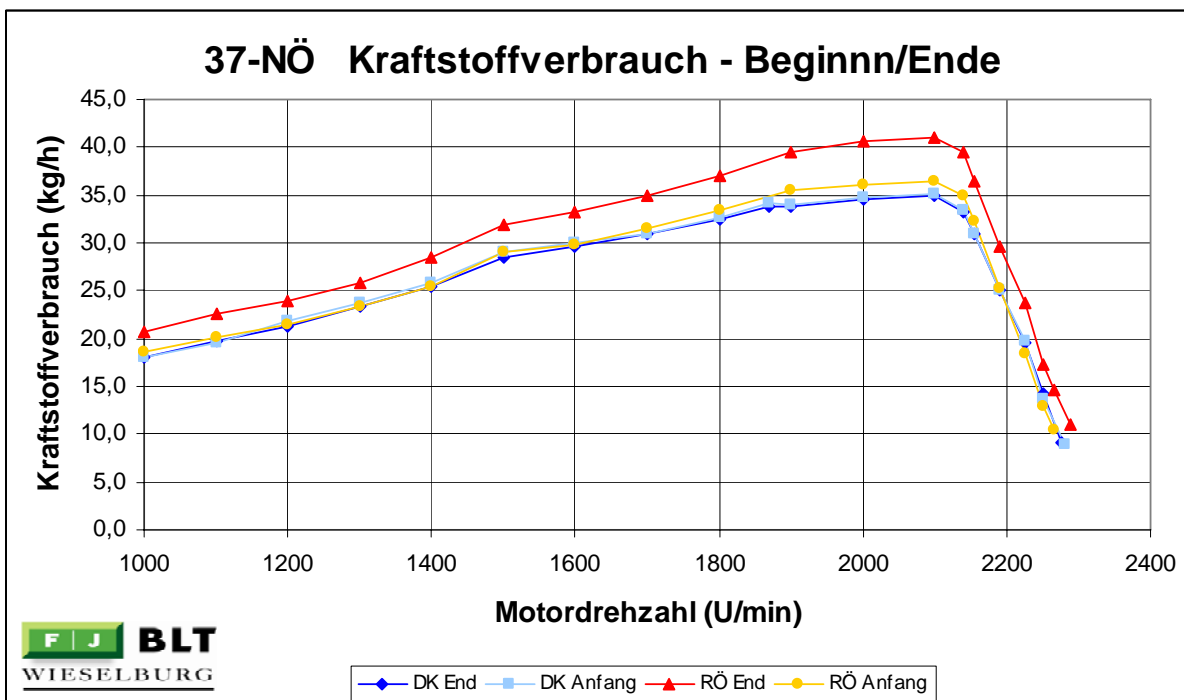


Abbildung 150: 37-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

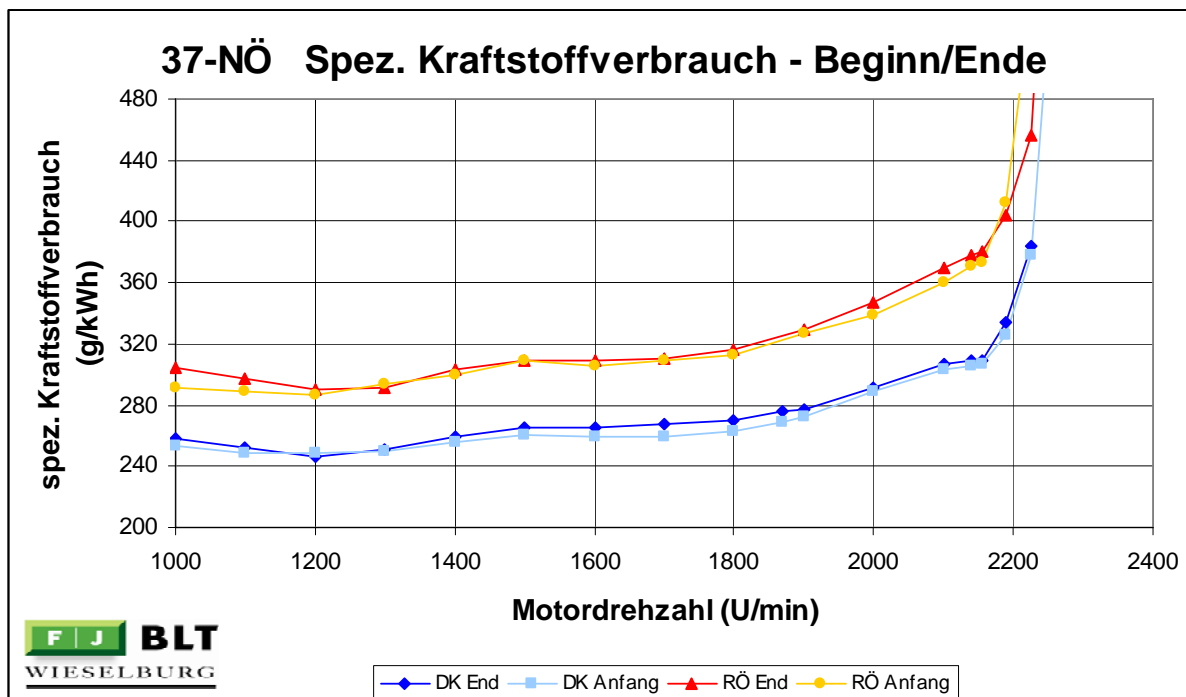


Abbildung 151: 37-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende

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 sowohl bei Betrieb mit Rapsöl als auch mit Dieselkraftstoff ein geringer Anstieg des Blow-by Wertes verzeichnet.

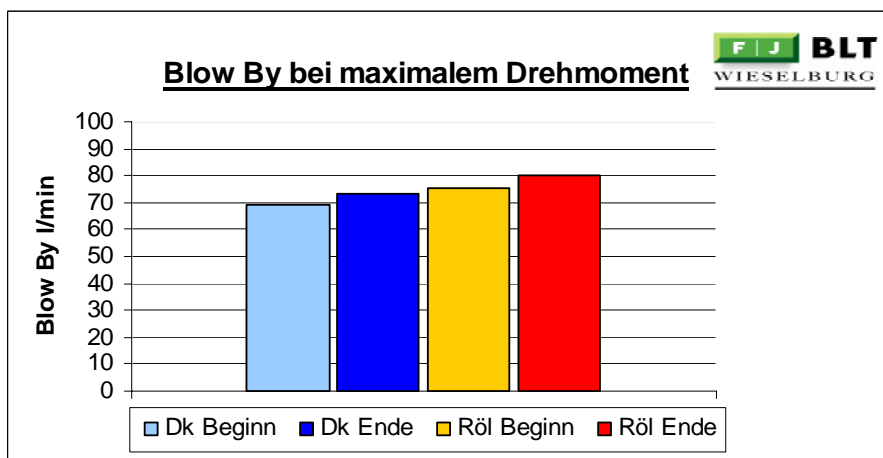


Abbildung 152: 37-NÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment

Emissionsmessung

Die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen verbesserten sich über die Laufzeit bei Rapsölbetrieb, die NO_x-Emissionen verschlechterten sich. Bei Dieselmotoren verschlechterten sich die Kohlenmonoxid- und NO_x-Emissionen über die Laufzeit merklich, die entsprechenden Kohlenwasserstoffemissionswerte wurden geringfügig besser.

Tabelle 45: 37-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende

	Beginn RÖ	Ende RÖ	Beginn DK	Ende DK
[g/kWh]	12.10.2006	20.05.2008	12.10.2006	20.05.2008
CO	1,49	1,22	1,22	1,76
HC	0,16	0,11	0,22	0,18
NO _x	5,10	6,77	4,98	6,79

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 wurde jeweils eine Messung mit Diesel und Rapsöl durchgeführt.

Tabelle 46: 37-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung

[g/kWh]	1. Messung	Datum
RÖ	0,122	20.05.2008
DK	0,285	20.05.2008

Bei Dieselmotoren war die emittierte spezifische Partikelmasse mehr als doppelt so hoch als bei Rapsölbetrieb. Verglichen mit den Auswertungen der übrigen Traktoren lagen die Partikelemissionen dieses Traktors bei Dieselmotoren im Durchschnitt, jene bei Rapsölbetrieb deutlich unter dem Mittelwert.

2. Motorölanalysen

Zur Motorschmierung wurde das Motoröl Titan Unic Ultra der Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH verwendet. Die Wechselintervalle für das Motoröl betragen laut Bedienungsanleitung 500 Betriebsstunden, diese Werte wurden vom Betreiber auf 300 Betriebsstunden reduziert.

Während der Projektlaufzeit wurden vier Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 311 TMh sowie ein Intervall zu 309 Traktormeterstunden (letztes angefangenes Intervall) untersucht. Von 35 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%.

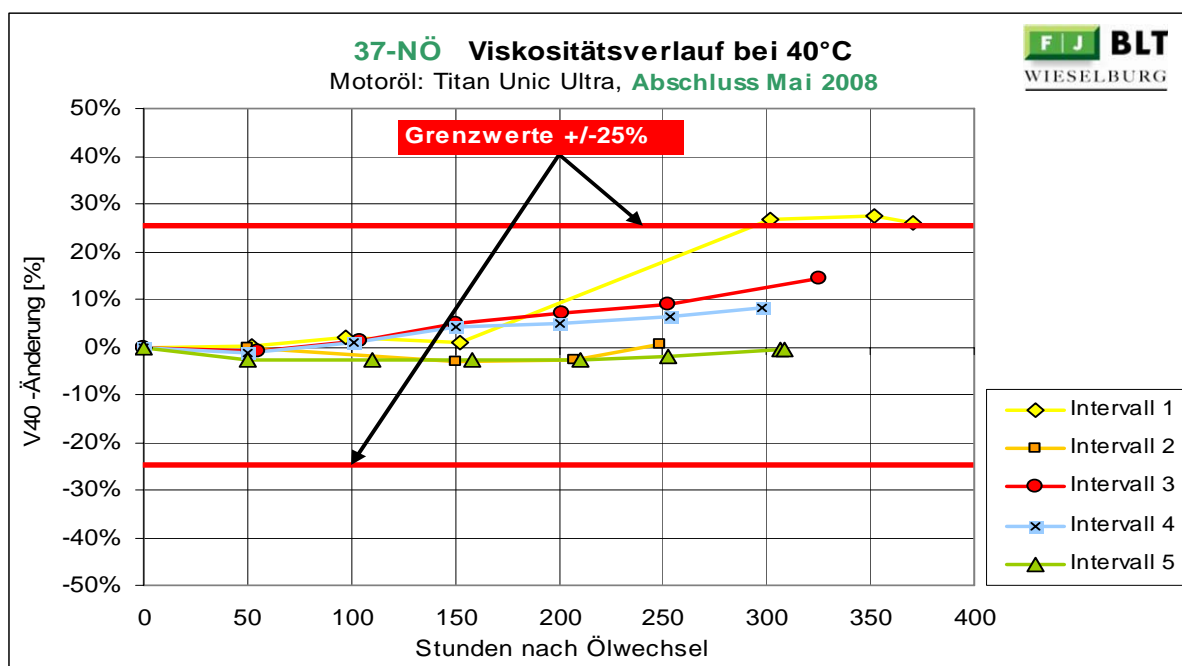


Abbildung 153: 37-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C

Die Viskositätsverläufe bei 40°C zeigten ein unterschiedliches Bild. Waren die Ergebnisse bei den Intervallen 2 und 5 durchwegs im Bereich des Bezugswertes, stiegen die Werte bei den anderen Intervallen deutlich an. Im ersten Intervall wurde nach 300 Betriebsstunden die obere Grenze von +25% überschritten. Die Ergebnisse der Viskosität bei 100°C zeigten ein ähnliches Bild.

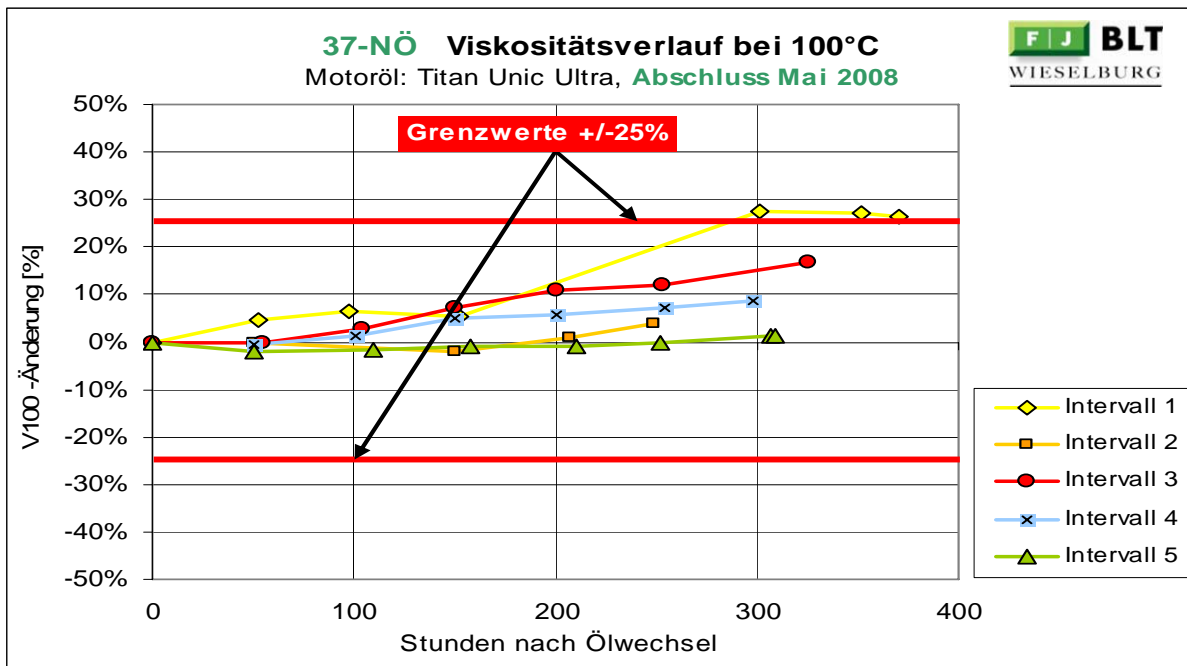


Abbildung 154: 37-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C

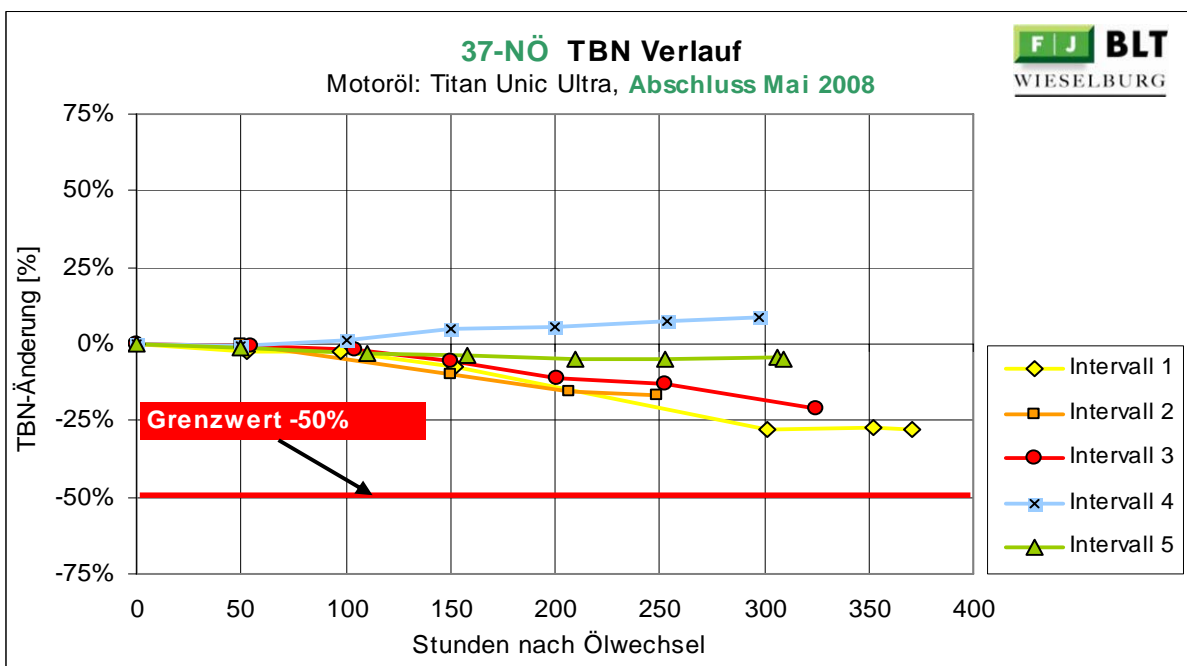


Abbildung 155: 37-NÖ Änderung der Total Base Number

Die TBN-Untersuchungswerte fielen in 4 Intervallen über die Laufzeit. Im ersten Intervall wurde die stärkste Abnahme von -26% beobachtet. Der Anstieg der TBN-Werte im vierten Intervall ließ sich nicht verifizieren.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Labors, wurden 13 Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese hinsichtlich Russ- und Rapsölgehalt sowie den Gehalt an Verschleißelementen untersucht wurden. Der festgelegte Grenzwert von 0,5 mg/Bh für die Verschleißgeschwindigkeit wurde bei allen untersuchten Elementen deutlich unterschritten.

Von 13 analysierten Motorölproben überschritten fünf den festgelegten Grenzwert von 3% Russgehalt. Die Grenzwertüberschreitungen wurden regelmäßig ab einer Einsatzdauer von 200 bis 300 Betriebsstunden festgestellt. Lediglich die Analysergebnisse des letzten Intervalls ergaben auch bei einem Einsatz von über 250 TMh einen verhältnismäßig geringen Russanteil. Bei den Rapsölgehalten der Motorölproben wurde der festgesetzte Grenzwert von 15% durchgehend eingehalten.

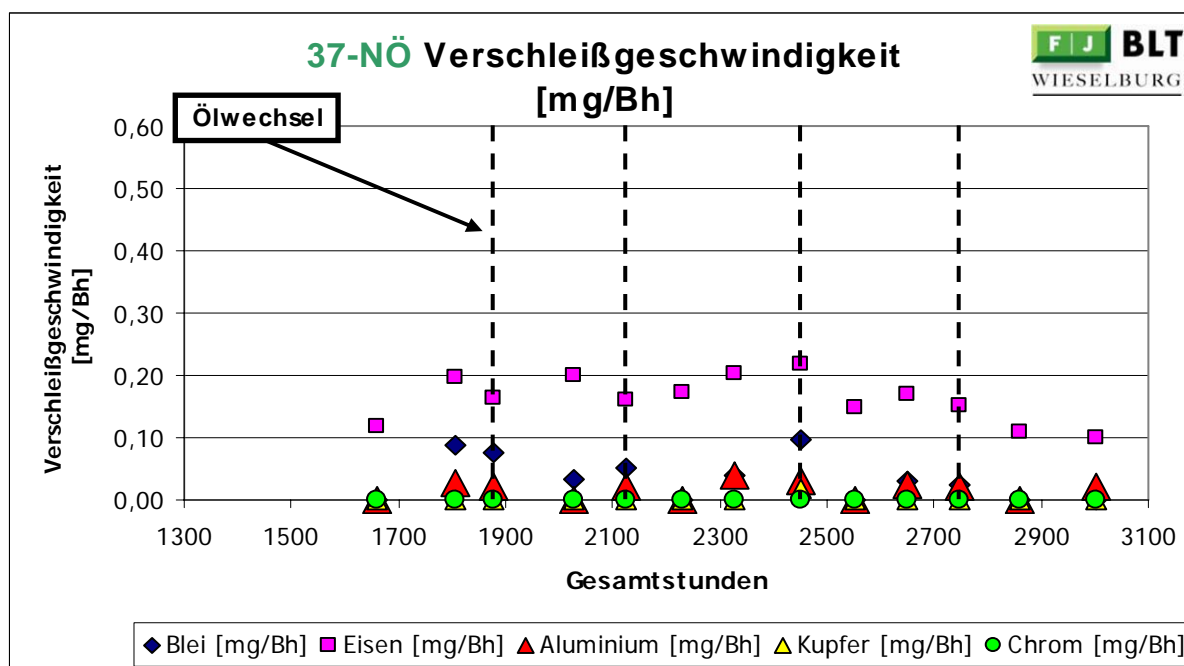


Abbildung 156: 37-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh]

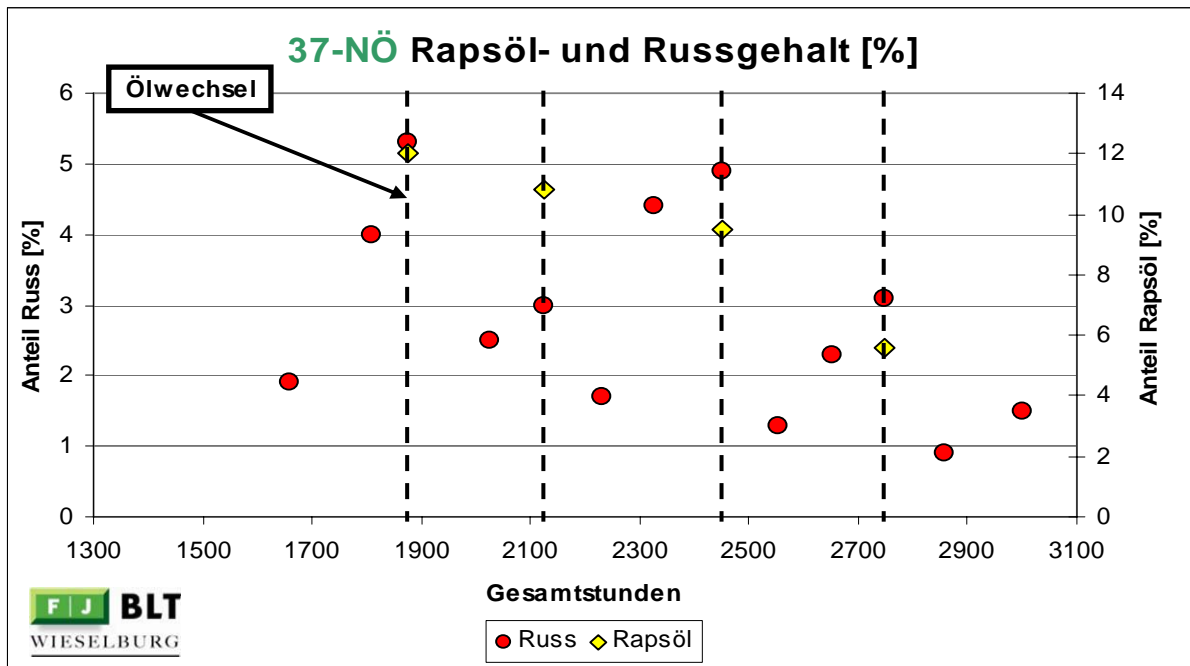


Abbildung 157: 37-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben



3. 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 eineinhalb Jahren 1.533 Betriebsstunden mit Rapsöl dokumentiert.

Laut den Tankeintragungen wurden 16.180 Liter Rapsöl und 1.446 Liter Dieselkraftstoff getankt. Dies entsprach einem durchschnittlichen Verbrauch von 11,5 Liter je TMh. Der Dieselanteil lag bei diesem Traktor mit einer 2-Tank-System Umrüstung bei 8%. Der Einsatzbereich wurde überwiegend der Kategorie schwere Belastung zugeordnet. Die Auswertungen dieses Traktortagebuchs beruhen auf Eintragungen von 190 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

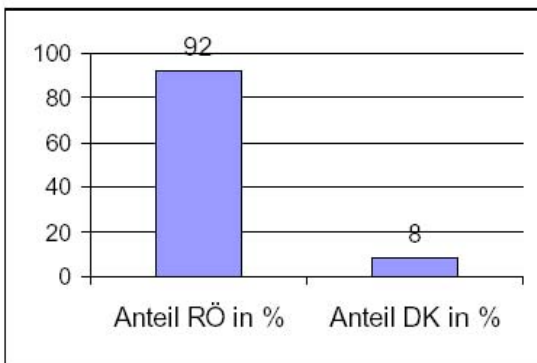
Fahrzeug: 37 Steyr T 403



Allgemeine Daten:

Erster Eintrag: 21. Okt. 06 bei TMh: 1540,9
 Letzter Eintrag 05. Jun. 08 bei TMh: 3074,0 TMh lt. Traktortagebuch **1533,1**

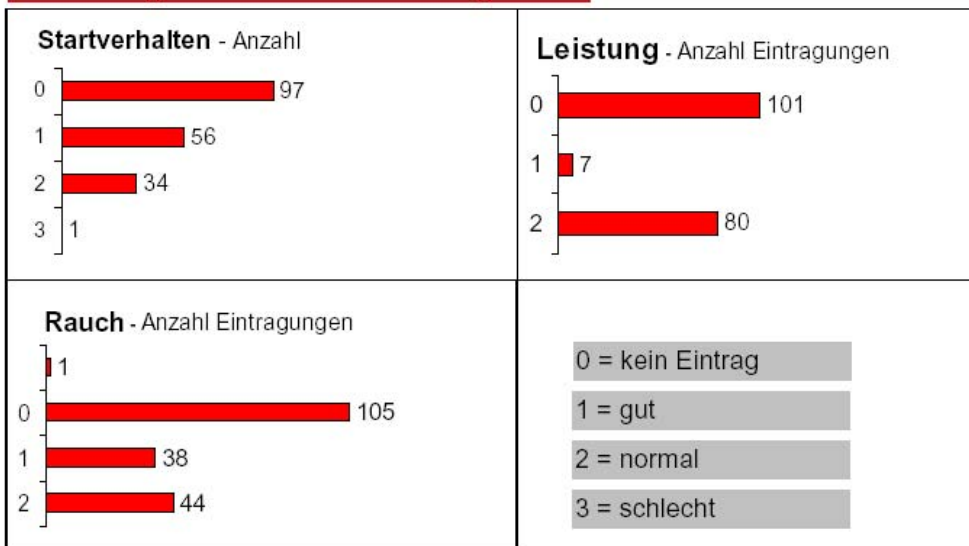
Anzahl der Eintragungen gesamt:
 190



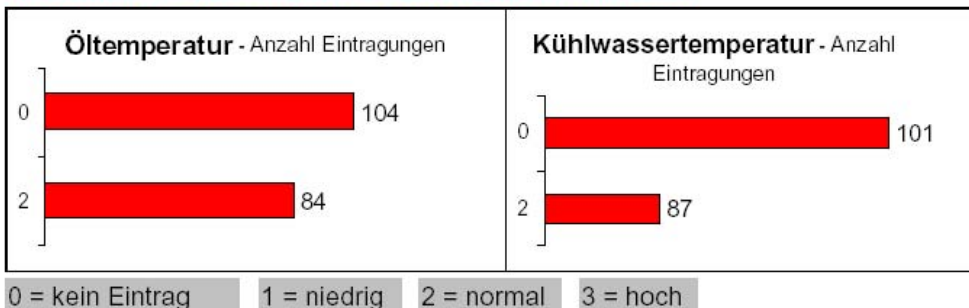
Tankmengen:

Diesel in l: 1446
 Rapsöl in l: 16180
 durchschnittlicher Verbrauch/h:
11,50

Beurteilung: Startverhalten/Leistung/Rauch



Beurteilung: Öltemperatur / Kühlwassertemperatur



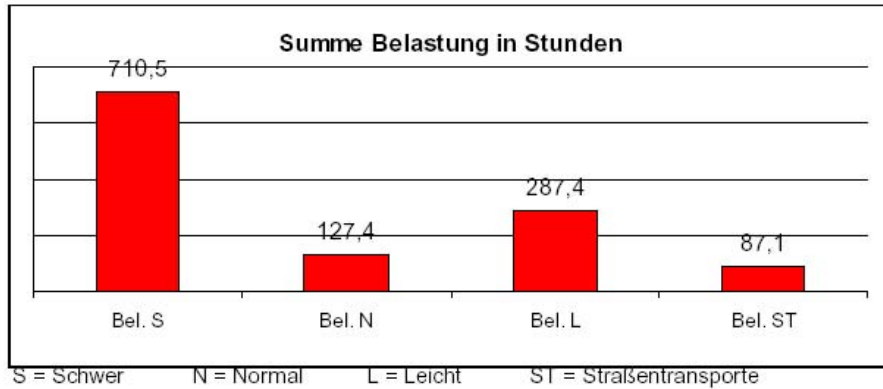


Traktortagebuch

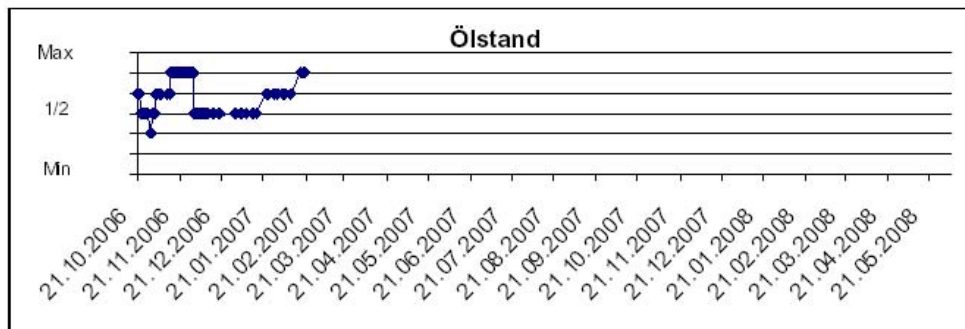
Fahrzeug: 37 Steyr T 403



Auslastungsprofil



Ölstandsverlauf



4. Auslastung

Zusätzlich zu den Auswertungen des Traktortagebuches lieferte das „Load Profile“, welches bei Steyr CVT Traktoren mit BOSCH Einspritzpumpe ausgelesen werden kann, weitere Informationen über die Auslastung des Traktors. Das elektronische System (EEM Electronic-Engine-Management) des Motors speicherte während des Betriebes kumulativ die jeweiligen Einspritzmengen und Drehzahlen.

Das nachfolgend dargestellte Belastungsprofil zeigt den prozentuellen Zeitanteil aufgetragen über die verschiedenen Drehzahlbereiche während einer aufgezeichneten Betriebsdauer von 1.540 Stunden.

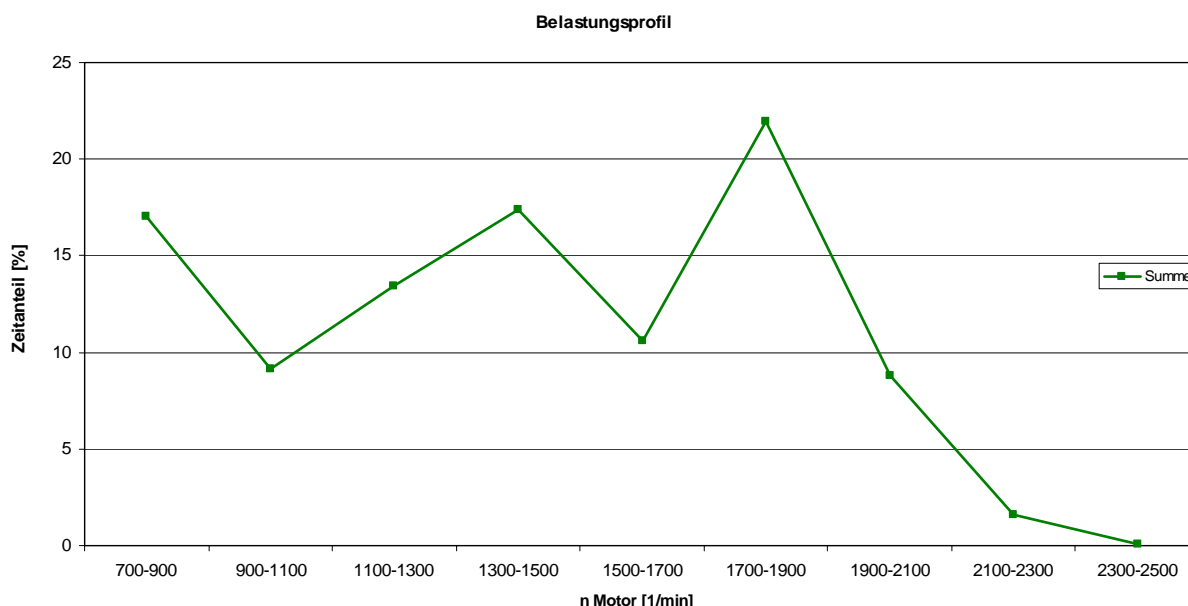


Abbildung 158: 37-NÖ Belastungsprofil

Die räumliche Darstellung der Auslastung des Motors zeigt einen hohen Anteil an Leerlauf und den Hauptanteil der Belastung im Drehzahlbereich von 1500 bis 1900 min^{-1} . Relativierend muss ergänzt werden, dass der Leerlaufbereich bei jedem Beschleunigungsvorgang durchfahren wird und damit den Leerlaufanteil erhöht.

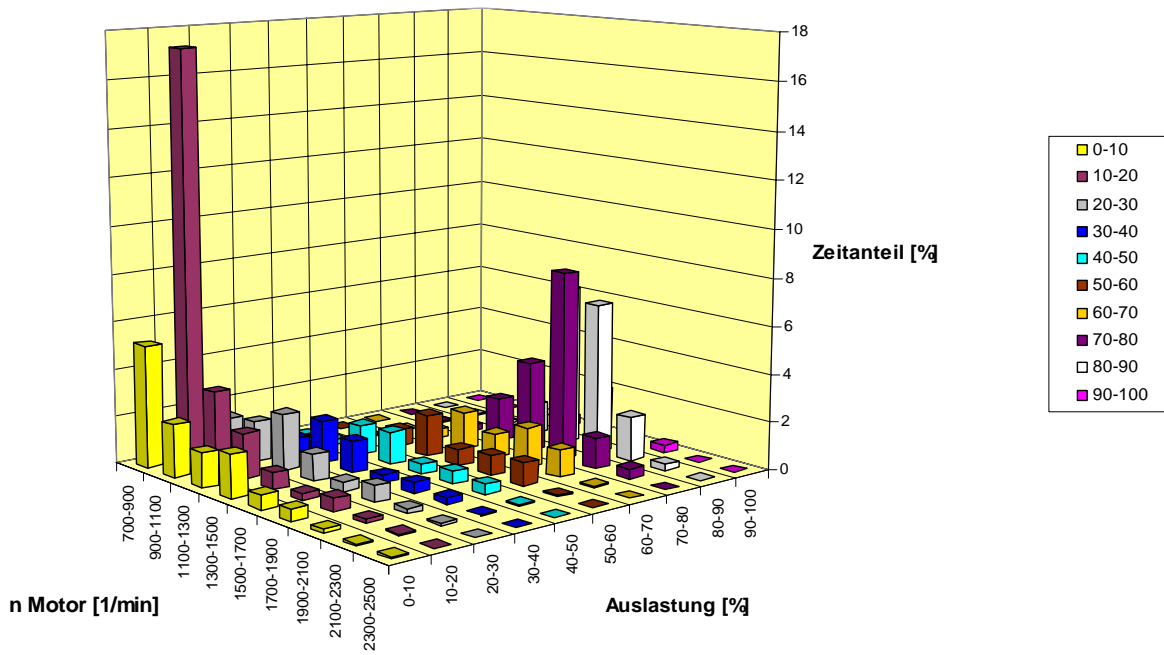


Abbildung 159: 37-NÖ Auslastung des Motors

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 Steyr 6195 CVT 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 anlässlich der abschließenden Motoröffnung untersuchten Injektoren zeigten am Schaft und an den Düsen spitzen eine schwarze Belagskruste. Die Löcher waren allesamt frei. Die Einlassventile waren jeweils vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer massiven Belagskruste versehen, welche stellenweise weg gebrochen war. Im Einlasskanal war ebenfalls eine dicke Belagskruste vorhanden. Die Auslassventile waren mit einem Russfilm bedeckt.



Abbildung 160: 37-NÖ Injektor



Abbildung 161: 37-NÖ Einlass- und Auslassventil



Abbildung 162: 37-NÖ Einlasskanal

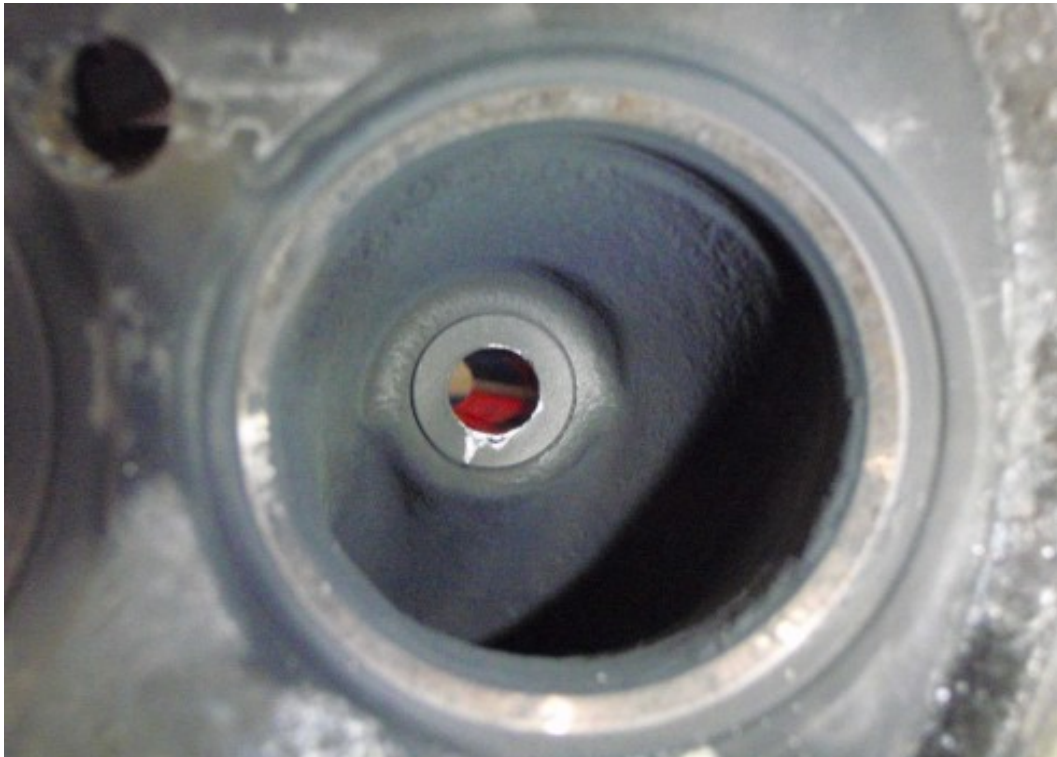


Abbildung 163: 37-NÖ Auslasskanal



Abbildung 164: 37-NÖ Zylinderlaufbüchse



Abbildung 165: 37-NÖ Kolbenboden

Der Feuerstegbereich der Laufbüchsen war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen Belag, welcher stellenweise abgetragen war, versehen. Die Kolbenböden waren mit einem Russfilm bedeckt. Das Spritzbild war deutlich sichtbar und zeigte teilweise rötliche bis grau-weiße Färbungen.

Der Feuersteg der Kolben war mit einem schwarzen Belag versehen. Der Nutgrund des ersten Kolbenringes zeigte ebenfalls einen Belag. Der Bereich zwischen dem ersten und zweiten Kolbenring wies einen dünnen schwarzen Belag auf. Der Nutgrund von Kolbenring 2 war lediglich geschwärzt.



Abbildung 166: 37-NÖ Kolben



6. Schlussbetrachtung

Der Traktor Steyr 6195 CVT wurde im Oktober 2006 bei einer bisherigen Laufleistung von 1.507 Traktormeterstunden mit einem Gruber 2- Tank Kraftstoffmanagement System ausgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 1.554 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Während des Versuchszeitraumes wurden vom Betreiber keine Störungen gemeldet.

Die Leistung bei Rapsölbetrieb lag bei der Messung zu Versuchsbeginn deutlich unter jener mit Dieselkraftstoff. Die Messung bei Versuchsende zeigte bei Rapsölbetrieb eine deutliche Steigerung der Leistung.

Die Kohlenmonoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen verbesserten sich über die Laufzeit bei Rapsölbetrieb, die NO_x-Emissionen verschlechterten sich. Bei Dieselbetrieb verschlechterten sich die Kohlenmonoxid- und NO_x-Emissionen über die Laufzeit merklich, die entsprechenden Kohlenwasserstoffemissionswerte wurden geringfügig besser. Bei Dieselbetrieb war die emittierte spezifische Partikelmasse mehr als doppelt so hoch als bei Rapsölbetrieb. Verglichen mit den Auswertungen der übrigen Traktoren lagen die Partikelemissionen dieses Traktors bei Dieselbetrieb im Durchschnitt, jene bei Rapsölbetrieb deutlich unter dem Mittelwert.

Die Viskositätsverläufe bei 40°C zeigten ein unterschiedliches Bild. Waren die Ergebnisse bei den Intervallen 2 und 5 durchwegs im Bereich des Bezugswertes, stiegen die Werte bei den anderen Intervallen deutlich an. Im ersten Intervall wurde nach 300 Betriebsstunden die obere Grenze von +25% überschritten. Die Ergebnisse der Viskosität bei 100°C zeigten ein ähnliches Bild. Die TBN-Untersuchungswerte fielen in 4 Intervallen über die Laufzeit. Im ersten Intervall wurde die stärkste Abnahme von -26% beobachtet. Der Anstieg der TBN-Werte im vierten Intervall ließ sich nicht verifizieren. Von 13 analysierten Motorölproben überschritten fünf den festgelegten Grenzwert von 3% Russgehalt. Die Grenzwertüberschreitungen wurden regelmäßig ab einer Einsatzdauer von 200 bis 300 Betriebsstunden festgestellt. Lediglich die Analysergebnisse des letzten Intervalls ergaben auch bei einem Einsatz von über



250 TMh einen verhältnismäßig geringen Russanteil. Bei den Rapsölgehalten der Motorölproben wurde der festgesetzte Grenzwert von 15% durchgehend eingehalten.

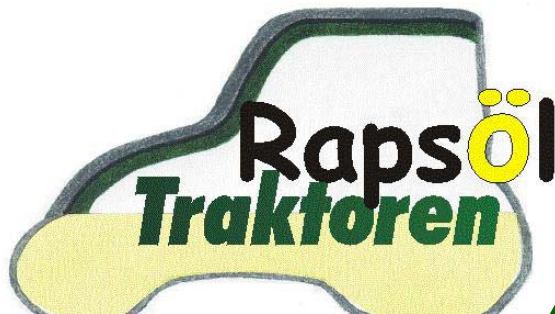
Die anlässlich der abschließenden Motoröffnung untersuchten Injektoren zeigten am Schaft und an den Düsen spitzen eine schwarze Belagskruste. Die Löcher waren allesamt frei. Die Einlassventile waren jeweils vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer massiven Belagskruste versehen, welche stellenweise weg gebrochen war. Im Einlasskanal war ebenfalls eine dicke Belagskruste vorhanden. Die Auslassventile waren mit einem Russfilm bedeckt.

Der Feuerstegbereich der Laufbüchsen war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen Belag, welcher stellenweise abgetragen war, versehen. Die Kolbenböden waren mit einem Russfilm bedeckt. Das Spritzbild war deutlich sichtbar und zeigte teilweise rötliche bis grau-weiße Färbungen. Der Feuersteg der Kolben war mit einem schwarzen Belag versehen. Der Nutgrund des ersten Kolbenringes zeigte ebenfalls einen Belag. Der Bereich zwischen dem ersten und zweiten Kolbenring wies einen dünnen, schwarzen Belag auf. Der Nutgrund von Kolbenring 2 war lediglich geschwärzt.



38-Bgld

38-Bgld



Abschlussbericht

September 2008

Fahrzeug:	New Holland TM 190
Umrüstung:	Mai 2007
Umrüttlösung:	Hausmann 1-Tank-System
Rapsöleinsatz:	716 Betriebsstunden



Fahrzeugbeschreibung

Fahrzeugart	LOF Zugmaschine
Fahrzeugmarke	New Holland TM 190
Motortype	675TA/FA
Erstmalige Zulassung	26.02.2007
Motorhersteller	CNH
Motor Nr.	-----
Anzahl Zylinder	6
Turboaufladung	ja
Kühlung	Überdruck Kühlsystem
Ölfüllmenge	19 Liter
Nennleistung	142 kW
Nenn Drehzahl	2200 min-1
Hubraum	7500 cm ³
Bohrung x Hub	111,8 x 127mm
Verdichtungsverhältnis	17,5:1
Einspritzpumpe	Bosch VP 30
Einspritzdruck	270 bis 280 bar
Kraftstofftank	388 Liter
Eigengewicht	7.980 kg

Untersuchungszeitraum

Anfangsuntersuchung	Mai 2007
bei TMh	67
Enduntersuchung	Mai 2008
bei TMh	783

Umrüstung

Umrüstsystem	Hausmann Eintanksystem
Umrüster	KFZ Werkstätte Huber

1. Leistungs- und Emissionsmessung

Leistungsmessung

Im Rahmen der 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 Messung zeigte bei Dieselbetrieb eine geringfügig höhere Leistung als bei Rapsölbetrieb. Der Kraftstoffverbrauch war beim Betrieb mit Rapsöl etwas höher. Nachfolgend sind die Diagramme dargestellt, wobei jeweils die beiden Kraftstoffe gegenübergestellt werden.

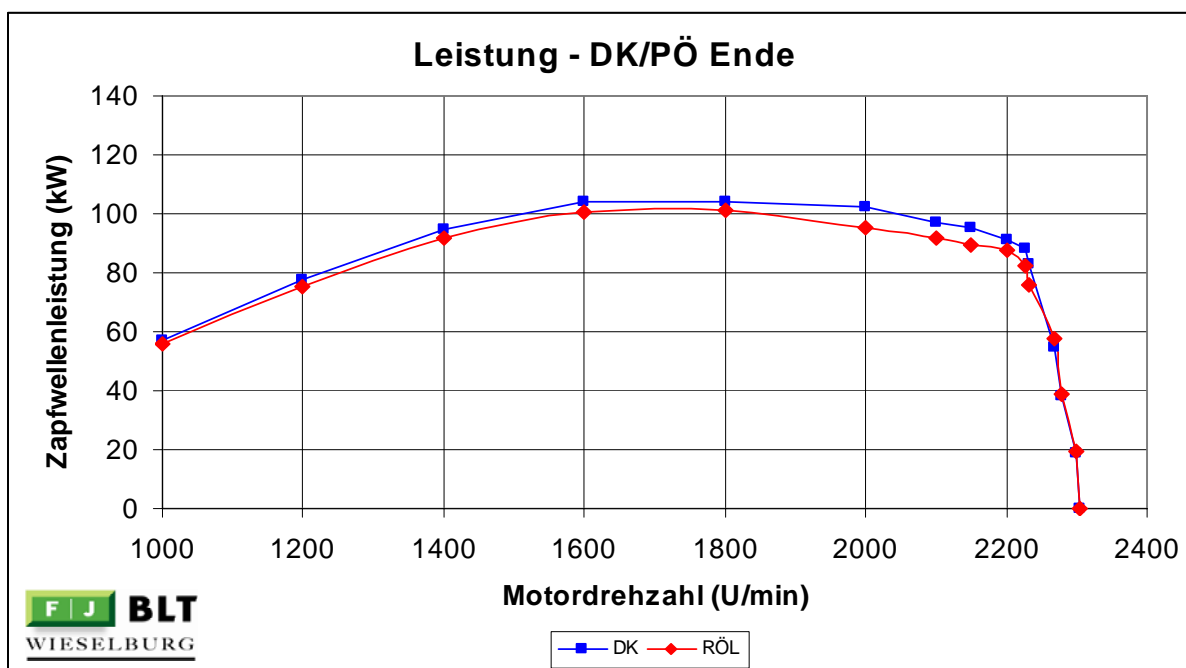


Abbildung 167: 38-Bgld Zapfwellenleistung Ende Diesel/Rapsöl

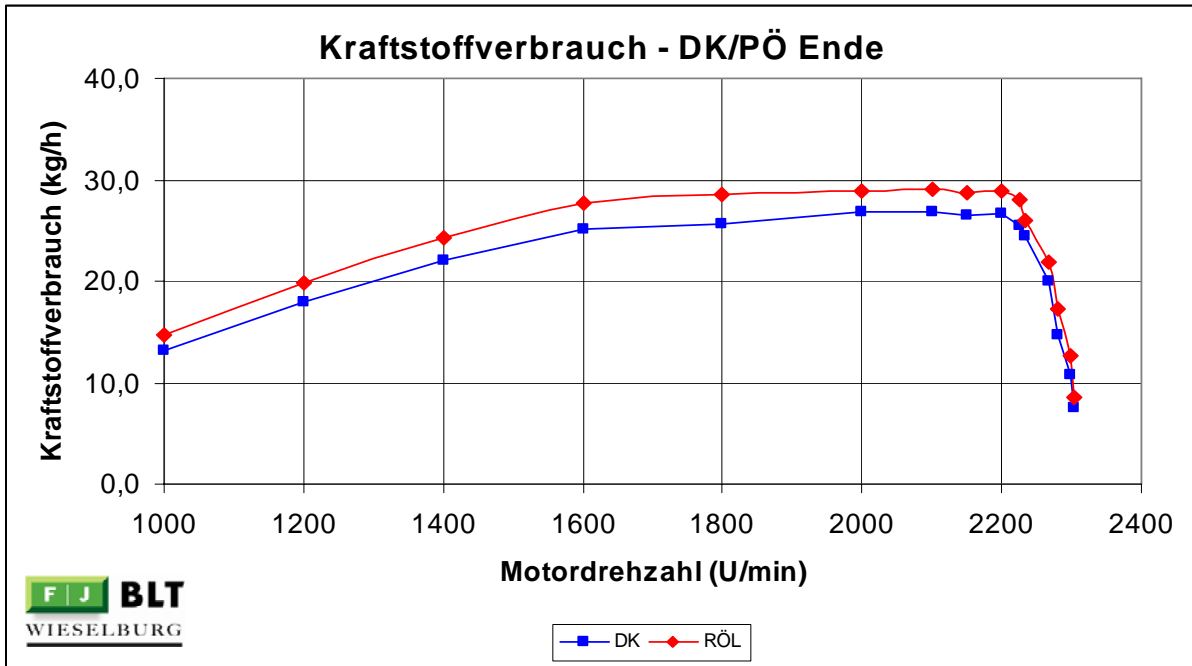


Abbildung 168: 38-Bgld Kraftstoffverbrauch Ende Rapsöl/Diesel

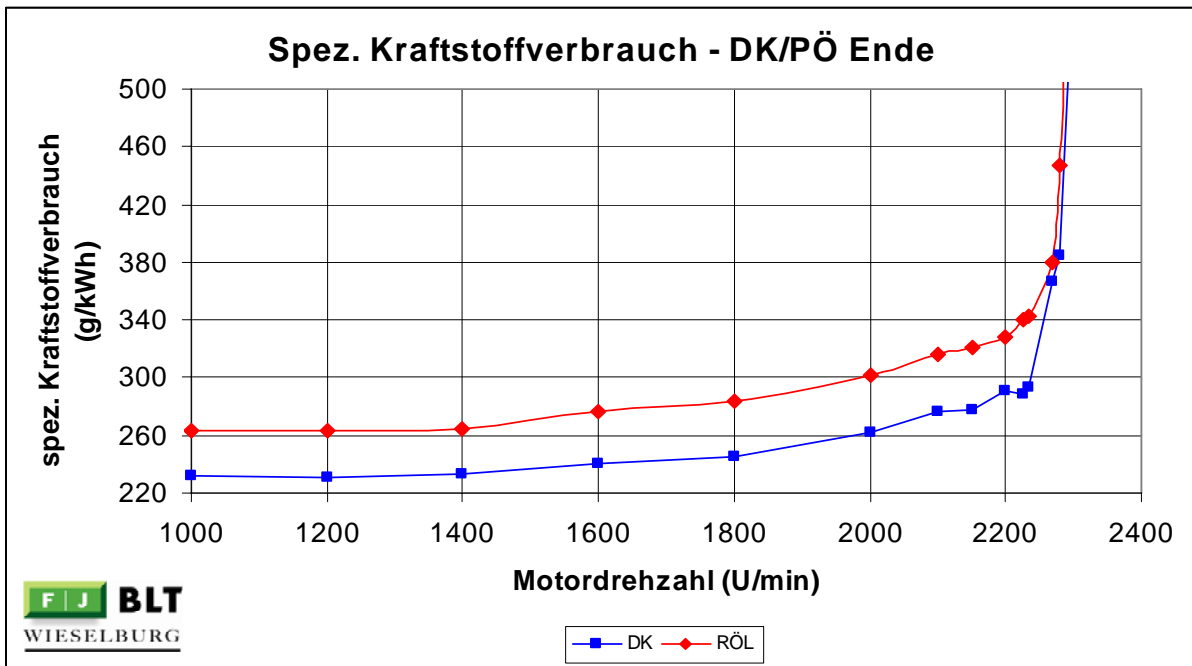


Abbildung 169: 38-Bgld Spezifischer Kraftstoffverbrauch Ende Diesel/Rapsöl



Emissions- und Partikelmessung

Die Kohlenmonoxid- und die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselmotoren. Bei den Kohlenwasserstoff- und Partikelemissionen gab es bei Rapsölbetrieb deutliche niedrigere Werte als bei Dieselmotoren.

Die CO-, HC- und NO_x-Emissionswerte dieses Traktors lagen deutlich unter dem Mittelwert aller Projekttraktoren. Die emittierte spezifische Partikelmasse (PM) lag im Durchschnitt der vermessenen Traktoren.

Tabelle 47: 38-Bgld Ergebnisse der Emissions- und Partikelmessung

	Ende RÖ	Ende DK
[g/kWh]	06.05.2008	06.05.2008
CO	1,11	0,95
HC	0,11	0,24
NO _x	8,51	7,74
PM	0,17	0,26

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 300 Betriebsstunden, diese Werte konnten laut Empfehlung des Umrüsters beibehalten werden. Während der Projektlaufzeit wurden drei Ölwechselintervalle zu einem Mittelwert von 232 TMh gefahren. Von 17 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 15% 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% der Altölprobe im Vergleich zur Ausgangsprobe festgelegt, bei der TBN eine maximale Abweichung von -50%.

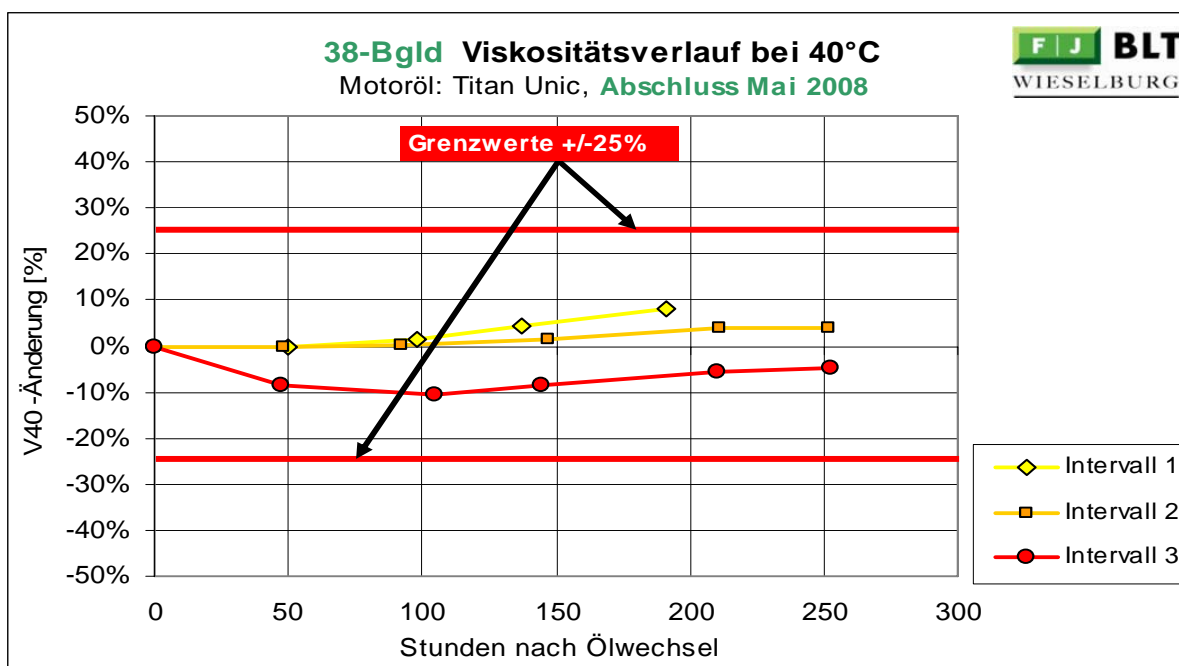


Abbildung 170: 38-Bgld Änderungen der Viskosität bei 40°C



Bei den ersten beiden Ölwechselintervallen blieben die Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 40°C bis zu 100 Stunden Laufzeit konstant und stiegen dann leicht bis um 10% an. Beim dritten Intervall nahmen die Werte bis zur 100-Stundenprobe um rund 10% ab und stiegen dann parallel zu den vorherigen Intervallen wieder an.

Eine Grenzwertüberschreitung wurde hinsichtlich der Änderung der Viskosität bei 100°C im Intervall 2 festgestellt. Die Ursache für diesen Ausreißer konnte nicht eruiert werden. Die restlichen Analysenergebnisse der Viskosität bei 100°C lagen in einem Bereich von ±10% der Bezugsbasis.

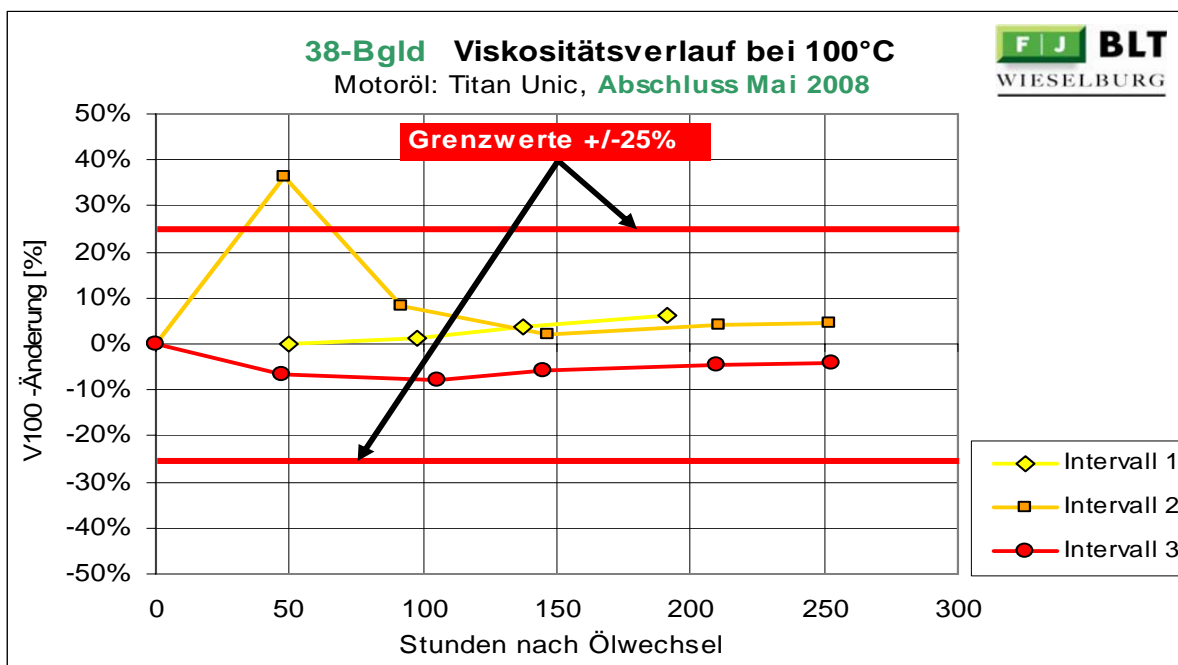


Abbildung 171: 38-Bgld Änderung der Viskosität bei 100°C

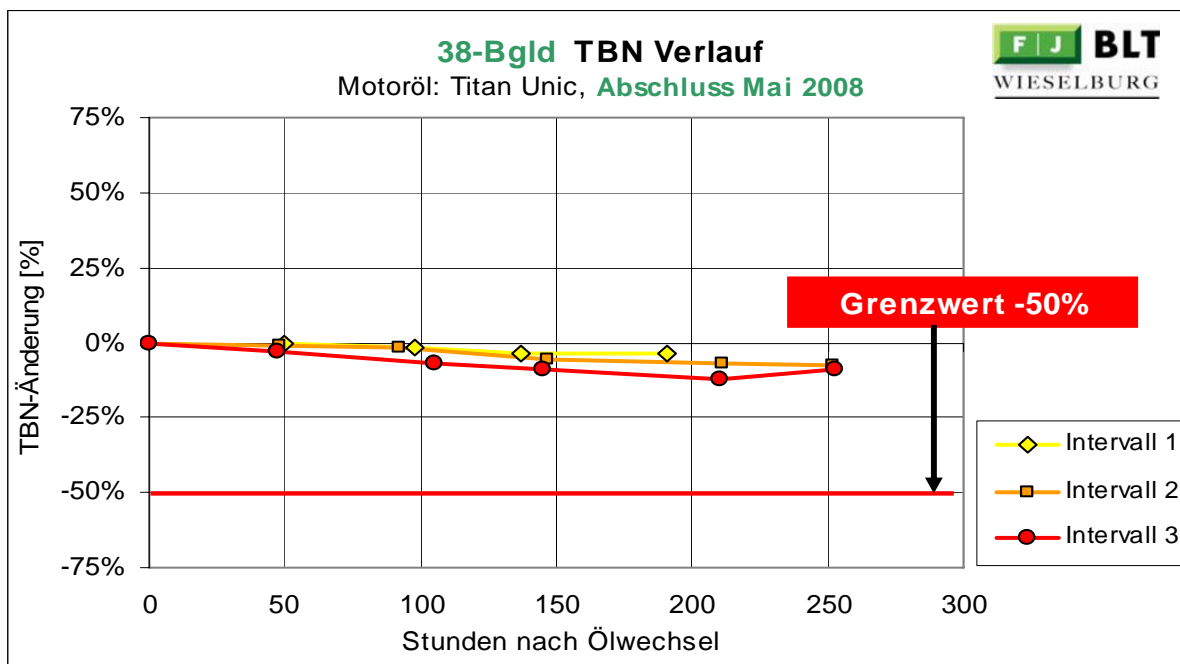


Abbildung 172: 38-Bgld Änderung der Total Base Number

Die Analysenergebnisse der TBN waren sehr gleichmäßig und nur langsam über die Einsatzdauer abnehmend. Die maximale Abnahme lag bei 12% vom Ausgangswert und somit deutlich unter dem vorgegebenen 50%-Limit.

Neben den Qualitätsüberprüfungen des Motoröles seitens des FJ-BLT Wieselburg, wurden sieben Proben zu Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH nach Mannheim gesandt, wo diese auf Russ- und Rapsölgehalt sowie auf den Gehalt an Verschleißelementen überprüft wurden.

Die Grenze der Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 mg/Bh wurde bei allen untersuchten Elementen - Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom – deutlich unterschritten.

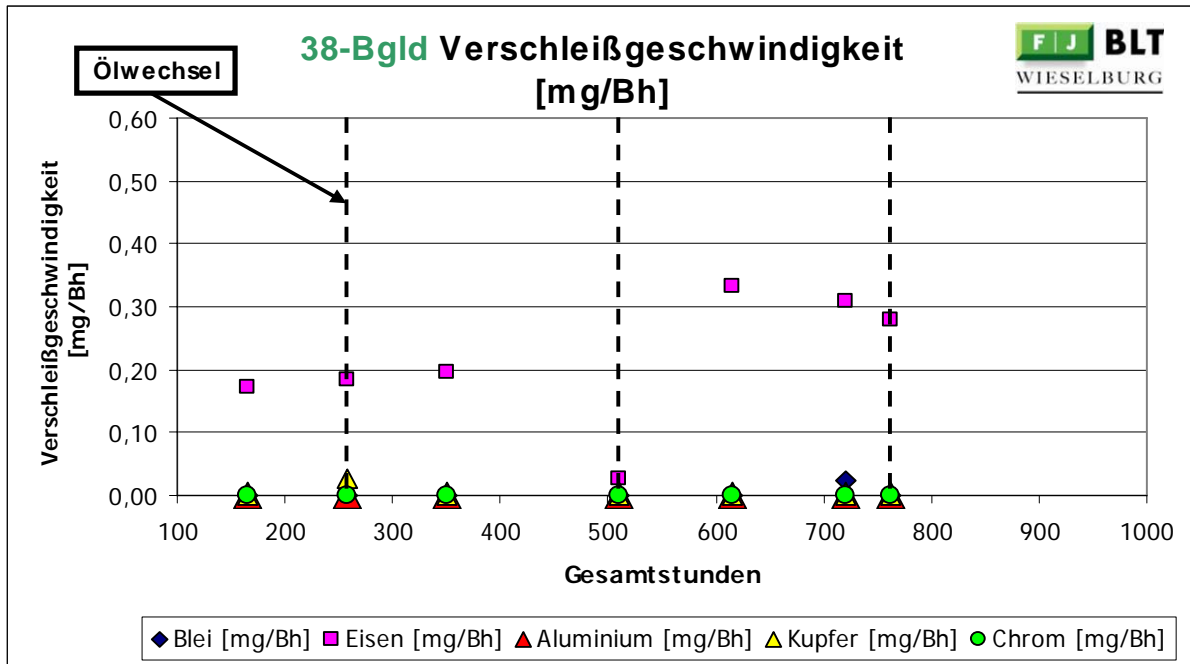


Abbildung 173: 38-Bgld Verschleißgeschwindigkeit

Die für den Russ- und Rapsölgehalt festgelegten Grenzwerte von maximal 3% bzw. 15% wurden deutlich unterschritten.

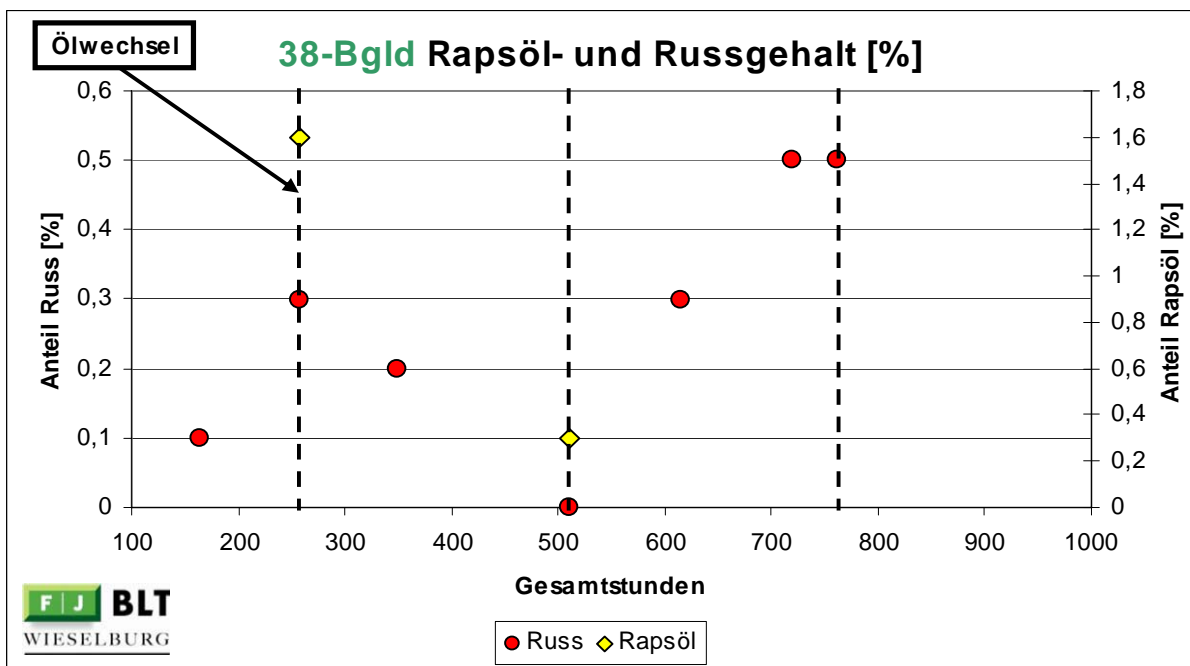


Abbildung 174: 38-Bgld Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben

Kommentar Fa. Fuchs

Bei den untersuchten Proben sind keine wesentlichen Auffälligkeiten festzustellen. Die Grenzwertüberschreitung der Viskosität bei einer Probe ist als Mess-Ausreißer zu werten, da die weiteren Messwerte völlig im erwarteten Trend verlaufen.

3. Kraftstoffanalysen

Das als Kraftstoff verwendete Rapsöl stammte aus Rechnitz im Burgenland. Insgesamt wurden jeweils zwei 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. Anbei sind die einzelnen Analyseergebnisse dargestellt – rot gefärbte Ergebnisse entsprachen nicht den Anforderungen der österreichischen Kraftstoffverordnung.

Kraftstoffproben aus dem Lagertank

Bei den gezogenen Lagertankstichproben wurde jeweils der Wassergehaltsgrenzwert überschritten. Bei der ersten Probe wurde auch der Grenzwert der Gesamtverschmutzung überschritten bzw. konnte gar nicht filtriert werden. Diese Probe wurde anschließend auf 100°C erwärmt und anschließend wieder auf 40°C abgekühlt und erneut filtriert, mit dem Ergebnis einer Gesamtverschmutzung von 11,44 mg/kg.

Tabelle 48: 38-Bgld 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-%]
24.07.2007	919	34,91	n.f.	1,38	6,98	7,68	0,085
28.01.2008	920	34,85	14,54	2,40	6,55	7,32	0,081

Kraftstoffproben aus dem Traktortank

Wie bei den Lagertankproben wurde auch bei den gezogenen Stichproben aus dem Traktortank der Grenzwert des Wassergehaltes überschritten.

Die Rapsölprobe die bei der entsprechenden Lagertankprobe noch unfiltrierbar war, wies hier eine Gesamtverschmutzung von 10,78 mg/kg auf. Eine einmalige Grenzwertüberschreitung gab es noch bei der Neutralisationszahl.

Tabelle 49: 38-Bgld 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 [%]
24.07.2007	920	34,36	10,78	1,75	7,59	0,085	0
28.01.2008	919	34,13	11,30	2,31	7,27	0,078	0

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. 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 Düsen wurden im Rahmen der Anfangsuntersuchung nicht überprüft, da sie vom Umrüster noch umgebaut wurden.

Tabelle 50: 38-Bgld Zylinder- und Düsendokumentation

	Kompression [bar]		Druckverlust [%]		Düsenöffnungsdruck [bar]		Spritzbild		
	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	Anfang	Ende	
Zylinder 1	32	35	5	25	288	265	i.O.	i.O.	Düse 1
Zylinder 2	32	34	4	22	290	265	i.O.	defekt	Düse 2
Zylinder 3	32	34	2	14	280	260	i.O.	defekt	Düse 3
Zylinder 4	32	34	4	20	280	260	i.O.	defekt	Düse 4
Zylinder 5	31	35	5	28	278	260	i.O.	defekt	Düse 5
Zylinder 6	31	34	4	20	280	260	i.O.	defekt	Düse 6

i.O.....in Ordnung

Die Enduntersuchung des Motors zeigte einen geringen Anstieg des Kompressionsdruckes. Der Druckverlust im Brennraum hat sich ebenfalls etwas erhöht. Der Düsenöffnungsdruck hat sich gegenüber dem Anfangszustand um bis zu 25 bar verringert.

Die Düsen 2 bis 6 waren hinsichtlich Spritzbild und Dichtheit alle als defekt einzustufen. Die Düsen tropften und es konnte kein Strahl ausgebildet werden.

Der Schaft und die Düsen spitzen waren zum Teil mit einem massiven, schwarzen Belag versehen, die Düsenlöcher waren allesamt frei.



Abbildung 175: 38-Bgld Einspritzdüse

Brennraumuntersuchung

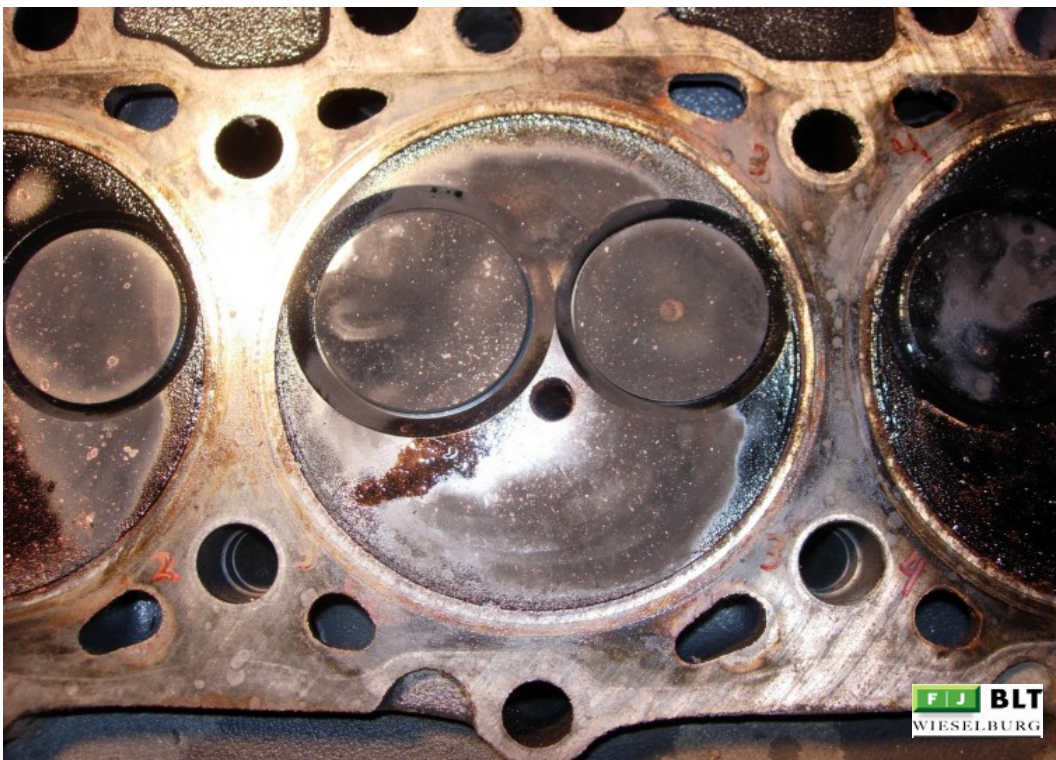


Abbildung 176: 38-Bgld Zylinderkopf

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feuchten Belag versehen, welcher in den Randbereichen teilweise in eine Belagskruste überging.



Abbildung 177: 38-Bgld Einlass- und Auslassventil

Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Teilweise war der Belag abgeplatzt. Im Einlasskanal konnte eine geringe Belagskruste festgestellt werden. Die Auslassventile waren lediglich mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigten keine Verkrustung.

Der Feuersteg der Laufbüchsen war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Im Bereich unter dem Feuersteg sind in der Laufbüchse stellenweise filmartige Kokkspuren ersichtbar. Die Kokkspuren lassen sich mit dem Fingernagel entfernen. Bei Zylinder 6 war über die gesamte Hubhöhe eine geringfügige Riefe ersichtbar.

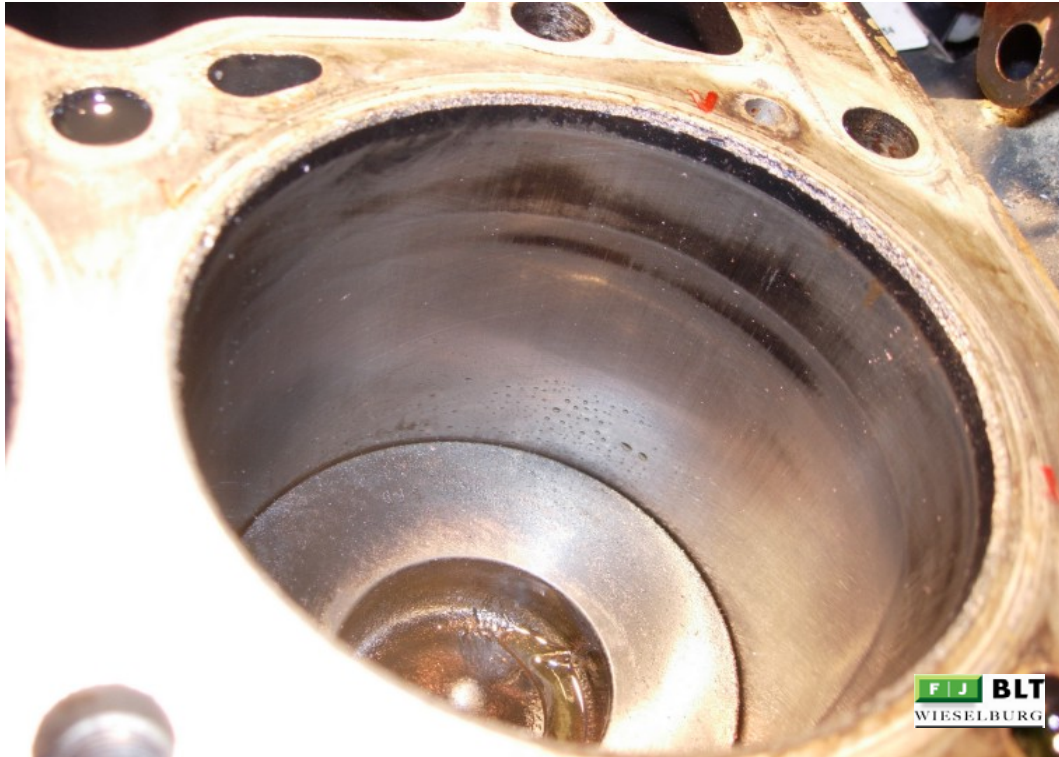


Abbildung 178: 38-Bgld Zylinderlaufbüchse



Abbildung 179: 38-Bgld Kolbenboden

Die Kolbenböden waren mit einem dünnen, schwarzen Belag überzogen. Der Belag war teilweise schmierig und teilweise fest.



5. Schlussbetrachtung

Der Traktor New Holland TM 190 wurde im Mai 2007 bei einer bisherigen Laufleistung von 67 Traktormeterstunden von der Firma Huber KFZ in Oberrabnitz auf ein Hausmann 1-Tank System für den Betrieb mit Rapsöl umgerüstet. Der Traktor wurde insgesamt 716 Traktormeterstunden mit diesem System betrieben.

Es wurden während des Versuchszeitraumes keine Störungen vom Betreiber gemeldet.

Hinsichtlich der Leistungs- und Emissionsmessung wurde eine Messung zu Projektende durchgeführt. Die Leistungskurve war hierbei bei Dieselbetrieb etwas höher als bei Rapsölbetrieb.

Die Kohlenmonoxid- und die NO_x-Emissionen waren bei Rapsölbetrieb etwas höher als bei Dieselbetrieb. Bei den Kohlenwasserstoff- und Partikelemissionen gab es bei Rapsölbetrieb deutliche niedrigere Werte als bei Dieselbetrieb. Die CO-, HC- und NO_x-Emissionswerte dieses Traktors lagen deutlich unter dem Mittelwert aller Projekttraktoren. Die emittierte spezifische Partikelmasse (PM) lag im Durchschnitt der vermessenen Traktoren.

Die Untersuchungsergebnisse der Viskosität bei 40 und 100°C waren unauffällig. Die maximalen Abweichungen lagen in einem Bereich von ±10% der Bezugsbasis. Die Analyseergebnisse der TBN waren sehr gleichmäßig und nur langsam über die Einsatzdauer abnehmend. Die maximale Abnahme lag bei 12% vom Ausgangswert und somit deutlich unter dem vorgegebenen 50%-Limit. Die Grenze der Verschleißgeschwindigkeit von 0,5 mg/Bh wurde bei allen untersuchten Elementen - Blei, Eisen, Aluminium, Kupfer und Chrom – deutlich unterschritten. Die für den Russ- und Rapsölgehalt festgelegten Grenzwerte von maximal 3% bzw. 15% wurden deutlich unterschritten

Aufgrund der kurzen Laufzeit wurden im Rahmen des Projekts lediglich zwei Lagertank- und zwei Traktortankproben gezogen. Bei allen Proben wurde der



Grenzwert des Wassergehalts überschritten. Jeweils wurden die Grenzwerte der Parameter Gesamtverschmutzung und Neutralisationszahl nicht erfüllt.

Die Enduntersuchung des Motors zeigte einen geringen Anstieg des Kompressionsdruckes. Der Druckverlust im Brennraum hat sich ebenfalls etwas erhöht. Der Düsenöffnungsdruck hat sich gegenüber dem Anfangszustand um bis zu 25 bar verringert. Die Düsen 2 bis 6 waren hinsichtlich Spritzbild und Dichtheit alle als defekt einzustufen. Die Düsen tropften und es konnte kein Strahl ausgebildet werden. Der Schaft und die Düsen spitzen waren zum Teil mit einem massiven schwarzen Belag versehen, die Düsenlöcher waren allesamt frei.

Der Zylinderkopf war mit einem schwarzen, feuchten Belag versehen, welcher in den Randbereichen teilweise in eine Belagskruste überging. Die Einlassventile waren vom Ventilteller bis zum Schaft mit einer schwarzen Belagskruste versehen. Teilweise war der Belag abgeplatzt. Im Einlasskanal konnte eine geringe Belagskruste festgestellt werden. Die Auslassventile waren lediglich mit einem schwarzen Russfilm bedeckt und zeigen keine Verkrustung.

Der Feuersteg der Laufbüchsen war jeweils klar abgegrenzt und mit einem schwarzen, feucht glänzenden Belag versehen. Die Honspuren der Laufbüchsen waren deutlich sichtbar. Im Bereich unter dem Feuersteg in der Laufbüchse waren stellenweise filmartige Koksspuren ersichtlich. Die Koksspuren ließen sich mit dem Fingernagel entfernen. Bei Zylinder 6 war über die gesamte Hubhöhe eine geringfügige Riefe ersichtlich. Die Kolbenböden waren mit einem dünnen, schwarzen Belag überzogen. Dieser Belag war teilweise schmierig und teilweise fest.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: 27-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende .	825
Abbildung 2: 27-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	826
Abbildung 3: 27-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende .	826
Abbildung 4: 27-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	827
Abbildung 5: 27-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment	827
Abbildung 6: 27-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	829
Abbildung 7: 27-NÖ Änderungen der Viskosität bei 100°C	830
Abbildung 8: 27-NÖ Änderungen der Total Base Number	830
Abbildung 9: 27-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	831
Abbildung 10: 27-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	831
Abbildung 11: 27-NÖ Einspritzdüse.....	838
Abbildung 12: 27-NÖ Zylinderkopf.....	838
Abbildung 13: 27-NÖ Einlass- und Auslassventil.....	839
Abbildung 14: 27-NÖ Zylinderlaufbüchse	840
Abbildung 15: 27-NÖ Kolbenboden.....	840
Abbildung 16: 28-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	846
Abbildung 17: 28-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	847
Abbildung 18: 28-NÖ Änderung der Total Base Number	848
Abbildung 19: 28-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	848
Abbildung 20: 28-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	849
Abbildung 21: 28-NÖ Einspritzdüse	855
Abbildung 22: 28-NÖ Zylinderkopf.....	855
Abbildung 23: 28-NÖ Einlass- und Auslassventile.....	856
Abbildung 24: 28-NÖ Zylinderlaufbüchse	857
Abbildung 25: 28-NÖ Kolbenboden.....	857
Abbildung 26: 29-NÖ Schaden an der Turbokupplung	863
Abbildung 27: 29-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	864
Abbildung 28: 29-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	865
Abbildung 29: 29-NÖ Änderung der Total Base Number	865
Abbildung 30: 29-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	866



Abbildung 31: 29-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	867
Abbildung 32: 29-NÖ Einspritzdüse	874
Abbildung 33: 29-NÖ Zylinderkopf.....	874
Abbildung 34: 29-NÖ Einlass- und Auslassventile.....	875
Abbildung 35: 29-NÖ Zylinderlaufbüchse	876
Abbildung 36: 29-NÖ Kolbenboden.....	876
Abbildung 37: 30-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	881
Abbildung 38: 30-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	882
Abbildung 39: 30-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	882
Abbildung 40: 30-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	883
Abbildung 41: 30-NÖ Blow-by Werte bei maximalem Drehmoment	883
Abbildung 42: 30-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	885
Abbildung 43: 30-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	886
Abbildung 44: 30-NÖ Änderung der Total Base Number	886
Abbildung 45: 30-NÖ Verschleißgeschwindigkeit	887
Abbildung 46: 30-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	888
Abbildung 47: 30-NÖ Einspritzdüse	895
Abbildung 48: 30-NÖ Zylinderkopf.....	895
Abbildung 49: 30-NÖ Auslass- und Einlassventil.....	896
Abbildung 50: 30-NÖ Zylinderlaufbüchse	897
Abbildung 51: 30-NÖ Kolbenboden.....	897
Abbildung 52: 31-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	903
Abbildung 53: 31-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	904
Abbildung 54: 31-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	904
Abbildung 55: 31-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	905
Abbildung 56: 31-NÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment.....	905
Abbildung 57 31-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	907
Abbildung 58: 31-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	908
Abbildung 59: 31-NÖ Änderung der Total Base Number	908
Abbildung 60: 31-NÖ Verschleißgeschwindigkeit	909

Abbildung 61: 31-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	910
Abbildung 62: 31-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit	913
Abbildung 63: 31-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts	914
Abbildung 64: 31-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts	914
Abbildung 65: 31-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur.....	915
Abbildung 66: 31-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur.....	915
Abbildung 67: 31-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur.....	916
Abbildung 68: 31-NÖ Einspritzdüse	921
Abbildung 69: 31-NÖ Zylinderkopf.....	921
Abbildung 70: 31-NÖ Einlass- und Auslassventile.....	922
Abbildung 71: 31-NÖ Zylinderlaufbüchse	923
Abbildung 72: 31-NÖ Kolbenboden.....	923
Abbildung 73: 32-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	929
Abbildung 74: 32-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	930
Abbildung 75: 32-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	930
Abbildung 76: 32-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	931
Abbildung 77: 32-NÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment.....	931
Abbildung 78: 32-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	933
Abbildung 79: 32-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	934
Abbildung 80: 32-NÖ Änderung der Total Base Number	934
Abbildung 81: 32-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	935
Abbildung 82: 32-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	936
Abbildung 83: 32-NÖ Einspritzdüse	942
Abbildung 84: 32-NÖ Zylinderkopf.....	942
Abbildung 85: 32-NÖ Einlassventile	943
Abbildung 86: 32-NÖ Auslassventile	943
Abbildung 87: 32-NÖ Zylinderlaufbüchse	944
Abbildung 88: 32-NÖ Kolbenboden.....	945
Abbildung 89: 33-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	951
Abbildung 90: 33-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	952
Abbildung 91: 33-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	952

Abbildung 92: 33-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	953
Abbildung 93: 33-OÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment	953
Abbildung 94: 33-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	955
Abbildung 95: 33-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	956
Abbildung 96: 33-OÖ Änderung der Total Base Number.....	956
Abbildung 97: 33-OÖ Verschleißgeschwindigkeit.....	957
Abbildung 98: 33-OÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben.....	958
Abbildung 99: 33-OÖ Belastungsprofil	963
Abbildung 100: 33-OÖ Auslastung des Motors.....	964
Abbildung 101: 33-OÖ Einspritzdüse	966
Abbildung 102: 33-OÖ Zylinderkopf	967
Abbildung 103: 33-OÖ Einlass- und Auslassventil	967
Abbildung 104: 33-OÖ Zylinderlaufbüchse.....	968
Abbildung 105: 33-OÖ Kolbenboden.....	968
Abbildung 106: 34-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	973
Abbildung 107: 34-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	974
Abbildung 108: 34-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	974
Abbildung 109: 34-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	975
Abbildung 110: 34-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C.....	977
Abbildung 111: 34-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	978
Abbildung 112: 34-NÖ Änderung der Total Base Number	978
Abbildung 113: 34-NÖ Verschleißgeschwindigkeit	979
Abbildung 114: 34-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	980
Abbildung 115: 34-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Laufzeit.....	983
Abbildung 116: 34-NÖ Zeitintervalle aufgetragen auf die Anzahl der Starts	984
Abbildung 117: 34-NÖ Gegenüberstellung Kalt- und Warmstarts.....	984
Abbildung 118: 34-NÖ Häufigkeitsverteilung der Motoröltemperatur.....	985
Abbildung 119: 34-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kühlflüssigkeitstemperatur	985
Abbildung 120: 34-NÖ Häufigkeitsverteilung der Kraftstofffiltertemperatur.....	986



Abbildung 121: 34-NÖ Einspritzdüse	991
Abbildung 122: 34-NÖ Zylinderkopf.....	991
Abbildung 123: 34-NÖ Auslass- und Einlassventil.....	992
Abbildung 124: 34-NÖ Zylinderlaufbüchse	993
Abbildung 125: 34-NÖ Kolbenboden.....	993
Abbildung 126: 35-Bgld Änderungen der Viskosität bei 40°C.....	1001
Abbildung 127: 35-Bgld Änderung der Viskosität bei 100°C.....	1002
Abbildung 128: 35-Bgld Änderung der Total Base Number	1002
Abbildung 129: 35-Bgld Verschleißgeschwindigkeit	1003
Abbildung 130: 35-Bgld Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	1004
Abbildung 131: 36-OÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	1013
Abbildung 132: 36-OÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	1014
Abbildung 133: 36-OÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	1014
Abbildung 134: 36-OÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende.....	1015
Abbildung 135: 36-OÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment	1015
Abbildung 136: 36-OÖ Änderung der Viskosität bei 40°	1017
Abbildung 137: 36-OÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	1018
Abbildung 138: 36-OÖ Änderung der Total Base Number.....	1018
Abbildung 139: 36-OÖ Verschleißgeschwindigkeit.....	1019
Abbildung 140: 36-OÖ Rapsöl- und Russgehalte der Motorölproben.....	1020
Abbildung 141: 36-OÖ Belastungsprofil	1025
Abbildung 142: 36-OÖ Auslastung des Motors.....	1026
Abbildung 143: 36-OÖ Einspritzdüse	1028
Abbildung 144: 36-OÖ Zylinderkopf	1028
Abbildung 145: 36-OÖ Auslass- und Einlassventil	1029
Abbildung 146: 36-OÖ Zylinderlaufbüchse.....	1030
Abbildung 147: 36-OÖ Kolbenboden.....	1030
Abbildung 148: 37-NÖ Zapfwellenleistung Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	1035

Abbildung 149: 37-NÖ Äquiv. Drehmoment Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	1036
Abbildung 150: 37-NÖ Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	1036
Abbildung 151: 37-NÖ Spezifischer Kraftstoffverbrauch Dieselkraftstoff und Rapsöl Beginn/Ende	1037
Abbildung 152: 37-NÖ Blow-by bei maximalem Drehmoment.....	1037
Abbildung 153: 37-NÖ Änderung der Viskosität bei 40°C	1039
Abbildung 154: 37-NÖ Änderung der Viskosität bei 100°C	1040
Abbildung 155: 37-NÖ Änderung der Total Base Number	1040
Abbildung 156: 37-NÖ Verschleißgeschwindigkeit [mg/Bh].....	1041
Abbildung 157: 37-NÖ Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	1042
Abbildung 158: 37-NÖ Belastungsprofil.....	1046
Abbildung 159: 37-NÖ Auslastung des Motors.....	1047
Abbildung 160: 37-NÖ Injektor	1048
Abbildung 161: 37-NÖ Einlass- und Auslassventil.....	1049
Abbildung 162: 37-NÖ Einlasskanal.....	1049
Abbildung 163: 37-NÖ Auslasskanal	1050
Abbildung 164: 37-NÖ Zylinderlaufbüchse	1050
Abbildung 165: 37-NÖ Kolbenboden.....	1051
Abbildung 166: 37-NÖ Kolben.....	1052
Abbildung 167: 38-Bgld Zapfwellenleistung Ende Diesel/Rapsöl	1057
Abbildung 168: 38-Bgld Kraftstoffverbrauch Ende Rapsöl/Diesel.....	1058
Abbildung 169: 38-Bgld Spezifischer Kraftstoffverbrauch Ende Diesel/Rapsöl.....	1058
Abbildung 170: 38-Bgld Änderungen der Viskosität bei 40°C.....	1060
Abbildung 171: 38-Bgld Änderung der Viskosität bei 100°C.....	1061
Abbildung 172: 38-Bgld Änderung der Total Base Number	1062
Abbildung 173: 38-Bgld Verschleißgeschwindigkeit	1063
Abbildung 174: 38-Bgld Rapsöl- und Russgehalt in den Motorölproben	1063
Abbildung 175: 38-Bgld Einspritzdüse.....	1066
Abbildung 176: 38-Bgld Zylinderkopf.....	1066
Abbildung 177: 38-Bgld Einlass- und Auslassventil.....	1067
Abbildung 178: 38-Bgld Zylinderlaufbüchse	1068
Abbildung 179: 38-Bgld Kolbenboden	1068



Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: 27-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	828
Tabelle 2: 27-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung	828
Tabelle 3: 27-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	832
Tabelle 4: 27-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	833
Tabelle 5: 27-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation	837
Tabelle 6: 28-NÖ Kraftstoffanalysen aus dem Lagertank.....	850
Tabelle 7: 28-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	850
Tabelle 8: 28-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation	854
Tabelle 9: 29-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	868
Tabelle 10: 29-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	869
Tabelle 11: 29-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation	873
Tabelle 12: 30-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	884
Tabelle 13: 30-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung	884
Tabelle 14: 30-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	889
Tabelle 15: 30-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	890
Tabelle 16: 30-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation	894
Tabelle 17: 31-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	906
Tabelle 18: 31-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung	906
Tabelle 19: 31-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	911
Tabelle 20: 31-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	912
Tabelle 21: 31-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation	920
Tabelle 22: 32-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	932
Tabelle 23: 32-NÖ Ergebnisse aus der Partikelmessung	932
Tabelle 24: 32-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	937
Tabelle 25: 32-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	937
Tabelle 26: 32-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation	941
Tabelle 27: 33-OÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	954
Tabelle 28: 33-OÖ Ergebnisse aus der Partikelmessung	954
Tabelle 29: 33-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank.....	959
Tabelle 30: 33-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank.....	959
Tabelle 31: 33-OÖ Zylinder- und Düsendokumentation.....	965
Tabelle 32: 34-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	975



Tabelle 33: 34-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung	976
Tabelle 34: 34-NÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	981
Tabelle 35: 34-NÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank	982
Tabelle 36: 34-NÖ Zylinder- und Düsendokumentation	990
Tabelle 37: 35-Bgld Kraftstoffproben aus dem Lagertank	1005
Tabelle 38: 35-Bgld Kraftstoffproben aus dem Traktortank	1005
Tabelle 39: 35-Bgld Zylinder- und Düsendokumentation	1009
Tabelle 40: 36-OÖ Gasförmige Emissionen	1016
Tabelle 41: 36-OÖ Ergebnisse der Partikelmessung	1016
Tabelle 42: 36-OÖ Kraftstoffproben aus dem Lagertank	1021
Tabelle 43: 36-OÖ Kraftstoffproben aus dem Traktortank	1021
Tabelle 44: 36-OÖ Zylinder- und Düsendokumentation	1027
Tabelle 45: 37-NÖ Gasförmige Emissionen Beginn/Ende	1038
Tabelle 46: 37-NÖ Ergebnisse der Partikelmessung	1038
Tabelle 47: 38-Bgld Ergebnisse der Emissions- und Partikelmessung	1059
Tabelle 48: 38-Bgld Kraftstoffproben aus dem Lagertank	1064
Tabelle 49: 38-Bgld Kraftstoffproben aus dem Traktortank	1064
Tabelle 50: 38-Bgld Zylinder- und Düsendokumentation	1065