UNIVERSITÄT ROSTOCK

Abschlussbericht für das

Forschungsvorhaben

„Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz“

Aktenzeichen: 22021107 (07NR211)

Bearbeitende Institution:	Universität Rostock Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren Albert-Einstein-Str. 2 18059 R o s t o c k
Projektleiter:	Prof. Horst Harndorf
Bearbeiter:	Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Sy Dipl.-Ing. Evelyn Flügge Dr. Volker Wichmann Dipl.-Ing. Gudrun Klaaßen
Laufzeit:	1. Juni 2008 bis 28. Februar 2009

Gliederung

1. Einleitung 1

2. Ziel und Aufgaben der Universität Rostock 3

3. Erstellung des Untersuchungsprogramm 5

4. Ergebnisse des Untersuchungsprogramms 8

4.1 Statistische Angaben 11

4.2 Auswertung des Fragenkomplexes zum Traktoreinsatz 15

4.3 Auswertung des Fragenkomplexes zum Tankverhalten 23

4.4 Auswertung des Fragenkomplexes zum Rapsölkraftstoff 29

4.5 Auswertung des Fragenkomplexes zum Schmieröleinsatz 41

4.6 Auswertung des Fragenkomplexes zum Leistungsverhalten der Traktoren 47

4.7 Auswertung des Fragenkomplexes zum Störungsverhalten der Traktoren 53

4.8 Auswertung des Fragenkomplexes von allgemeinem Interesse zum Traktorenprogramm 94

5. Zusammenfassung und Ausblick 102

6. Literaturverzeichnis 108

1. Einleitung

Der Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft ist weiterhin ein Aufgabenfeld, das auf Grund der Freistellung des Öles von der Energiesteuer (vormals Mineralölsteuer) für die Landwirte von wirtschaftlicher Bedeutung ist. Weitere bedeutende Vorteile von Rapsöl als Kraftstoff sind dessen sehr hohe Energiedichte, seine ausgeglichene Kohlendioxidbilanz und seine geringe Wassergefährdung. Der Landwirt kann sich selbst mit günstigem kaltgepressten Rapsöl als Kraftstoff versorgen (Eigenpresser). Außerdem hat die deutsche Gesetzgebung festgelegt, dass Pflanzenöl als Kraftstoff für die Landwirtschaft auch in der Zukunft von der Steuer befreit bleibt.
Rapsöl ist ein nachhaltiger Kraftstoff aus der Landwirtschaft für die Landwirtschaft, dessen Einsatz deshalb gesellschaftlich und politisch gefordert wird.

Es besteht der Bedarf, Motoren in Deutschland in den Markt zu bringen, in denen Rapsöl als Kraftstoff zuverlässig eingesetzt werden kann.
In der Motorentwicklung sind Feldtests von wesentlicher Bedeutung, neben Prüfstandstests und Dauerläufen in der Vorserienerprobung, um Langzeiterfahrungen und Verschleißverhalten praxisnah ermitteln zu können. Bei der Schnelligkeit der heutigen Produktwechsel von weniger als drei Jahren, muss hierfür auf die an den Tier I- und Tier II-Motorengenerationen gewonnenen Erfahrungen zurückgegriffen werden, da bei den aktuellen Baureihen (seit 2006: Tier III-Motorengeneration) noch keine hinreichenden Erkenntnisse vorliegen können.

In den Jahren 2001 bis 2005 hat die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe im Auftrage des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft das 100 Traktorenprogramm „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“ [1], durchgeführt. In diesem Programm wurden 107 Traktoren über einen Zeitraum von drei bis vier Jahren im Betrieb mit Rapsölkraftstoff von der Universität Rostock wissenschaftlich betreut und untersucht. Die Traktoren erreichten in dieser Zeit durchschnittlich 2.250 Betriebsstunden im Rapsölbetrieb, einzelne Traktoren über 5.000 Betriebsstunden. Die im Abschlussbericht des „100 Traktorenprogramms“ [1] veröffentlichten Dauerhaltbarkeitsdaten beruhten auf diesen Betriebsstunden.

Nach Abschluss des „100 Traktorenprogramms“ wollten 88 Traktorenbetreiber ihre Traktoren weiterhin mit Rapsöl betreiben. Diese Traktoren sind inzwischen weitere drei Jahre mit Rapsöl gefahren, so dass sich die erreichten Betriebstundenzahlen um durchschnittlich weitere 1.900 Stunden erhöht haben.
Es liegen für diese Tier I-Motoren jetzt sieben bis acht Jahre Betriebserfahrungen mit Rapsöl als Kraftstoff vor, so dass sie die bisher höchsten (wissenschaftlich begleiteten) durchschnittlichen Laufzeiten im Rapsölbetrieb in der Landwirtschaft aufweisen und wesentliche Informationen über Langzeiterfahrungen und Dauerhaltbarkeit während der Nutzungsdauer liefern, wie sie anders nicht zu erhalten sind.

Um die in diesem Umfang weltweit unbekannten Informationen über die Langzeitwirkung des Rapsölbetriebs in Motoren zu erfassen, hat die Universität Rostock die mit Rapsöl betrieben Traktoren weiter untersucht, analysiert und bewertet.

Bild 1: Messfahrzeug der Universität Rostock
vor der Pflanzenölmühle der Biomasse-Hof GbR,
Traktor 1, Endoskopie des Fendt 716 Vario

2. Ziel und Aufgaben der Universität Rostock

Von den 107 Traktoren, die im Jahr 2001/2002 im Rahmen des „100 Traktorenprogramms“ auf den Rapsölbetrieb umgerüstet wurden, liefen Ende des Jahres 2005 noch 88 Schlepper mit Rapsöl. Diese Maschinen sollten nach Auskunft der Betreiber, auch nach dem Projektende weiter mit Rapsöl betrieben werden.

Die Traktoren sind also weitere drei Jahre mit Rapsöl gefahren worden, so dass sich die erreichten durchschnittlichen Betriebstundenzahlen der Schlepper deutlich um über 1.900 Stunden erhöht haben und durchschnittlichen um die 4.150 Stunden liegen. Die maximalen Betriebsstunden einiger Traktoren erreichten um die 7.000 Stunden und kamen damit in die Nähe der nominalen Nutzungsdauer moderner Traktoren von 10.000 Betriebsstunden. Entsprechend mussten an diesen Tier I-Motoren Einspritzdüsenwechsel und Kontrollen der Einspritzpumpen erfolgt sein.

Ein Ziel des Forschungsvorhabens war die erneute unabhängige wissenschaftliche Untersuchung der 88 Traktoren durch die Universität Rostock, um den Zustand der Traktoren nach sieben bis acht Jahren Rapsölbetrieb zu erfassen, zu dokumentieren, zu analysieren und zu bewerten. Davon ausgehend sollten notwendige Änderungen der Service- und Reparaturpläne im Rapsölbetrieb gegenüber dem Betrieb mit konventionellen Dieselbetrieb erkannt und die Erkenntnisse aus dem „100 Traktoren Demonstrationsvorhaben“ bezüglich des Düsen- und Einspritzpumpenverschleißes untermauert werden.

Ein zweites Ziel war die Erfassung des Aufwandes der Traktorenbetreiber beim Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff. Von Interesse waren hier zum Beispiel Fragestellungen zum Mehraufwand im Rapsölbetrieb für den Landwirt, ohne das eine Betreuung des Betreibers durch den Umrüster oder die Universität Rostock, wie im „100 Traktorenprogramm“, erfolgte.

Ein drittes Ziel war die Erfassung schwerer Betriebsstörungen in den letzten drei Jahren. Damit verbunden war die Fragestellung, ob die während der Projektlaufzeit des „100 Traktorenprogramms“ betriebenen 88 Traktoren auch weiterhin wirtschaftlich, d.h. ohne hohe Reparaturkosten, die auf den Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff zurückzuführen waren, betrieben werden konnten.

Ein abschließendes Versuchsziel war die Erfassung des Leistungsverhaltens der Traktoren und des allgemeinen technischen Zustandes der Maschinen.

Bild 2: Messfahrzeug der Universität Rostock
auf dem Gelände der Biomasse-Hof GbR,
Traktor 6, Endoskopie der Claas Callenger 95E

3. Erstellung des Untersuchungsprogramm

Die Basis für die Untersuchungen waren die an der Universität Rostock erarbeiteten Dokumentationen zu den 107 Traktoren und die persönlichen Erfahrungen und Kenntnisse der Mitarbeiter des „100 Traktorenprogramms“ [1]. Im Vorfeld wurden die Traktorenbetreiber angeschrieben und ihre Bereitschaft erfragt, sich nochmals mit dem Arbeitsgebiet „Rapsöltraktoren“ auseinander zu setzen. Insgesamt lagen am 1. März 2008 79 positive und 3 negative Antwortfaxe von den 105 Anfragen vor. Wie an dieser Resonanz zu sehen war, ist das Thema Rapsöl als Kraftstoff für die Landwirtschaft weiterhin sehr aktuell.

Verlässliche Daten und Zustände der Traktoren sind nur durch die persönliche Inspektion der Traktoren und durch das direkte persönliche Gespräch mit den Traktorenbetreibern zu erhalten. Es wurden 84 Traktorenbetreiber (5 Betreiber mehr, als sich im Vorfeld für ein Interview bereit erklärt hatten) aufgesucht und mit ihnen ein Interview über ihre Traktoren im Rapsölbetrieb geführt. Ziel war es, umfangreiche Informationen über den Einsatz der Traktoren zu erhalten, die Traktoren optisch zu inspizieren und bei ehemaligen Messtraktoren Endoskopien der Brennräume durchzuführen.

Bild 3: Traktor 6, Endoskopie der Claas Callenger 95E

Für die Interviews mit den Traktorenbetreibern wurde folgender Fragenkatalog erarbeitet:

Fragen an Teilnehmer des 100 Traktorenprogramms zur
„Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz“

- Anschrift des Traktorenbetreibers:
- Hersteller/Klassifizierung:
- Traktor-Kennzeichen:
- Betriebsstunden des Traktors:
  Davon in reinem Rapsölbetrieb:
- Ist der Traktor immer noch in Ihrem Besitz?

- Fahren Sie Ihren Traktor immer nur mit reinem Rapsöl?
  Fahren Sie zwischendurch Rapsöl-Mischungen, warum?
- Fahren Sie zwischendurch mit reinem Dieselkraftstoff, warum?
- Fahren Sie auch im Winter mit reinem Rapsöl?
- Gibt es Kaltstartschwierigkeiten? Wie wurden diese Probleme gelöst?

- Tanken Sie kaltgepresstes Rapsöl oder Rapsöl-Vollraffinat?
- Woher beziehen Sie aktuell Ihr Rapsöl?
- Wie kontrollieren Sie die Qualität des angelieferten Rapsöls?
- Wie oft wurden die Kraftstofffilter gewechselt?

- Welches Schmieröl wird in Ihrem Motor eingesetzt?
- Wie groß ist das Ölwechselintervall?
- Überwachen Sie regelmäßig den Stand des Schmieröles im Motor?

- Bringt der Traktor nach Ihrer subjektiven Wahrnehmung noch die gleiche Leistung?
- Reicht nach Ihrer subjektiven Wahrnehmung die momentane Leistung des Schleppers aus?
- Für welche Arbeiten wird der Schlepper vorrangig eingesetzt?

- Hat der Traktor nach Ihrer Meinung eine stärkere Abnutzung durch den Rapsölbetrieb erfahren?

- Welche Reparaturen wurden seit 2005 ausgeführt?
- Welche Werkstatt hat diese Reparaturen ausgeführt?
- Dürfen wir Ihre Werkstatt zu den Reparaturarbeiten befragen?

- Wurde der Motor schon einmal zur Inspektion geöffnet?
- Ist eine regelmäßige Reinigung der Gaskanäle notwendig gewesen?
- Wann wurden die Einspritzdüsen gewechselt?
- Traten Probleme mit den Einspritzpumpen auf?

- Was war das größte Problem in den 7 Jahren Rapsölbetrieb?

- Gab es auch nach dem Ende des 100 Traktorenprojektes Betreuung durch den Umrüster?

- Betreiben sie weitere Maschinen mit Rapsöl?
- Ist der Schlepper von dem gleichen Hersteller?
- Haben Sie den Umrüster gewechselt?

- Hat sich die, über das 100 Traktorenprogramm beschaffte, Eigenverbrauchstankstelle bewährt?

- War es für Sie eine gute Entscheidung, den Traktor im Jahr 2001/2002 auf Rapsöl umrüsten zu lassen?

Bei Besuchen der Werkstätten der Traktorenbetreiber wurden Informationen über die erfolgten Reparaturen eingeholt und mit den Werkstattmitarbeitern erörtert, ob es sich für diesen Traktor um typische Reparaturarbeiten oder aber um durch den Betrieb mit Rapsöl hervorgerufene Reparaturen handelte.

4. Ergebnisse des Untersuchungsprogramms

Die Befragungen der Traktorenbetreiber zur „Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz“ begannen im Juni 2008 und wurden im Januar 2009 abgeschlossen.

Am „100 Traktorenprogramm“, das von 2001 bis 2005 lief, nahmen sieben umrüstende Firmen teil, welche die 107 Traktoren an den Rapsölbetrieb anpassten, **Bild 4.** Die mehr oder weniger stark voneinander abweichenden Umrüstkonzepte für die Anpassung der Motoren an den Kraftstoff Rapsöl unterschieden sich deutlich in ihrer technologischen Tiefe.

Die detaillierte Beschreibung der Umrüstkonzepte ist in folgenden Berichten über die Begleitforschung zum Demonstrationsvorhaben „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“ (100 Traktorenprogramm) zu finden:

1. *Gutachten zum Stand der Technik bei den Umrüstkonzepten für Traktoren auf den Betrieb mit Rapsöl,* im Auftrag des BMVEL, FNR-Aktenzeichen 00 NR 200 (Juni 2002, Universität Rostock)
2. *Zwischenbericht über die Begleitforschung zum Demonstrationsvorhaben „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“*, Dezember 2002, Universität Rostock
3. *Sachstandsbericht zum Demonstrationsvorhaben „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“*, vom 30.10.2003, Universität Rostock
4. *Abschlussbericht über die Begleitforschung zum Demonstrationsvorhaben „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“*, im Auftrag des BMVEL, FNR-Aktenzeichen 00 NR 200 (Dezember 2005, Universität Rostock)

Im **Bild 5** werden die Anzahl der Traktoren, die Traktorhersteller und die Umrüsterfirmen aufgelistet, die der Auswertung zur **„Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz“** (Dauerhaltbarkeit) zu Grunde liegen.

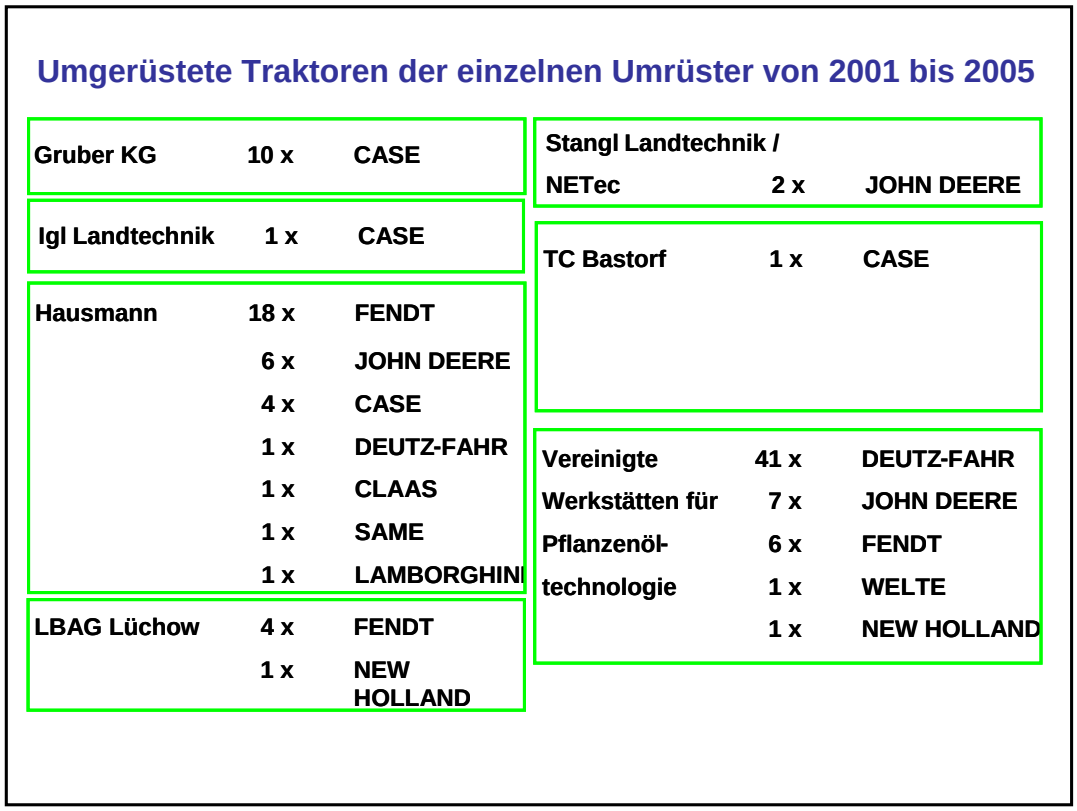

Bild 4: 107 teilnehmende Traktoren am „ 100 Traktorenprogramm“ von 2001 bis 2005

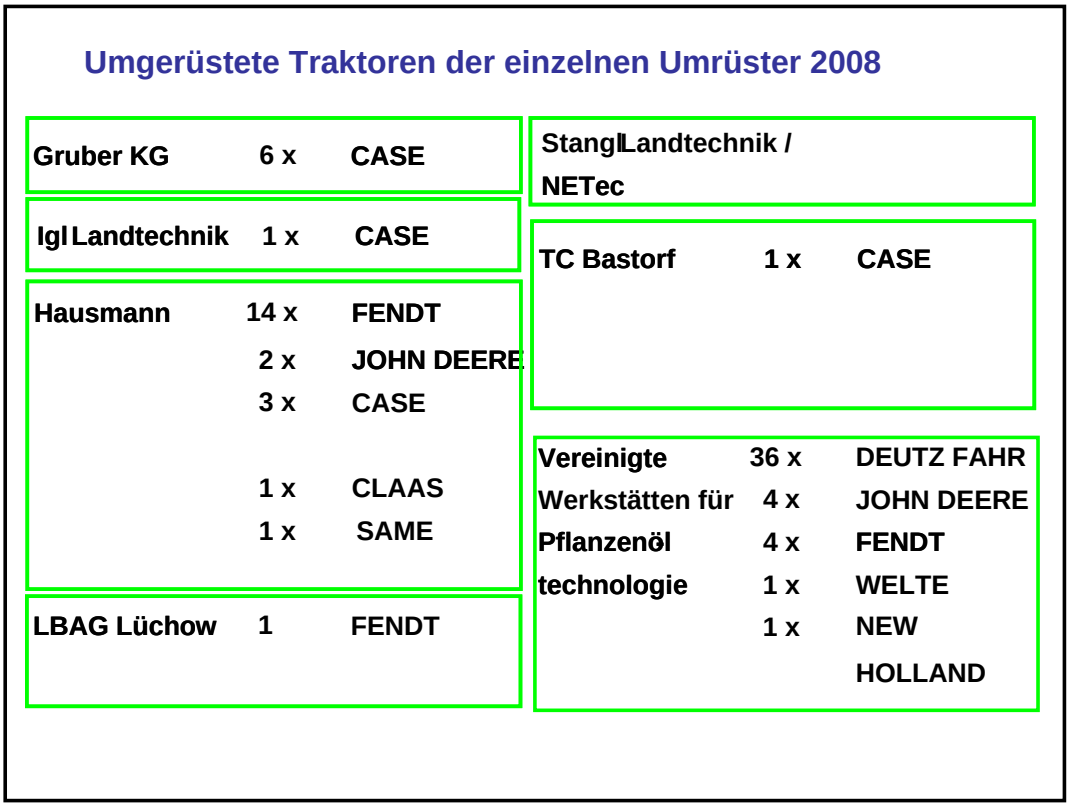

Bild 5: 76 teilnehmende und auswertbare Traktoren am Projekt „Dauerhaltbarkeit“ 2008

Während die statistische Auswertung zu den Traktoren der Hersteller Case, Deutz, Fendt und John Deere repräsentativ ist, können die Aussagen zu den Traktoren der Hersteller Claas Callenger, SAME, Welte und New Holland nur allgemeingültiger Art sein, da diese Traktorhersteller nur je einmal im Programm vorkamen.

Da fünf Traktorenbetreiber (Tre 55, 66, 71, 109 und 112) ihre Schlepper während oder gleich mit dem Ende des „100 Traktorenprogramms“ bis 2005 verkauften und weitere drei Traktorenbetreiber (Tre 9, 15 und 23) ihre Schlepper zum Ende des „100 Traktorenprogramms“ auf DK zurückrüsteten, wurden diese 8 Interviews mit den Traktorenbetreibern nur für allgemeingültige Aussagen zum Rapsölbetrieb herangezogen.

Die Auswertung der Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren von 2001 bis 2008 stützt sich auf 76 Traktoren im Rapsölbetrieb.

Bild 6: Traktor 75: Deutz-Fahr Agrotron 100, 1-Tanksystem, 5.750 Bh Rapsölbetrieb, fährt mit reinem RÖ, im Winter mit RÖ/DK-Mischungen, keine Probleme

4.1 Statistische Angaben

Übersicht der interviewten Traktorenbetreiber

Traktor	besucht	Name	Betriebsstunden			Traktorhersteller
Nr.	Bemerk.	Traktor-betreiber	bis 2005	bis 2008	nur RÖ	Traktortyp
1	Fax	Tornow	5030	8005	7604	Fendt Favorit 716 Vario
2	ja	Dittmann	1566	3400	3400	Case CS 130
5	Tel.	Glasin	3368	9000	9000	Case MX 170
6	ja	Tornow	3165	6798	6500	Claas Callenger 95E
9	ja	Oberhuber	4340	4340		Case CS 120
11	ja	Grünbauer	3610	6800	6500	Case CS 150
12	ja	Brand	1857	3800	3800	Deutz Agrotron 85
13	ja	Braun	2176	3700	3700	New Holland TN 75 S
14	ja	Jeberin	3024	6700	6500	Fendt Farmer 411 Vario
15	ja	Siewert	2159	5860	2700	Fendt Farmer 390 C
18	ja	Reichardt&Matthes	3075	4800	4800	Deutz Agrotron 150
19	ja	Kaspar	1586	3100	3100	Deutz Agrotron 120 Mk3
21	ja	Dollinger	1913	3775	3200	Fendt Farmer 410 Vario
23	ja	Demling	3100	3100		Fendt Favorit 716 Vario
24	ja	Kaspar	1508	3600	3600	Deutz Agrotron 100
25	ja	Maier Konrad	1033	1700	1500	Deutz Agrotron 105
26	Fax	Seidl	2400	4700	4600	Deutz Agrotron 100
27	ja	Morche	2537	4500	4500	Deutz Agrotron 200
28	ja	Reiser	2348	3300	2700	Deutz Agrotron 120 Mk3
30	ja	Laubenbacher	3226	7193	6390	Case CVX 120
32	ja	Empl	2124	4000	4000	Fendt Farmer 411 Vario
33	ja	Höhensteiger	1930	3800	3700	Fendt Favorit 716 Vario
34	ja	Goller	5317	7000	7000	Fendt Favorit 714 Vario
35	ja	Schwarz Erwin	3234	6208	5800	Deutz Agrotron 165
36	ja	Otter-Huber	2323	4659	4659	Fendt Favorit 716 Vario
37	ja	Urbat	2275	4100	3000	Same Silver 130
38	ja	Triesdorf	1380	2400	1800	Case/Steyer CVT 150
39	ja	Menninger	3222	6000	6000	Fendt Favorit 716 Vario
40	ja	Dahme	4039	6798	5500	Deutz Agrotron 260
42	ja	Schilling	2127	4030	4030	Case/Steyr 9094
43	ja	SNE	2310	3390	3390	Deutz Agrotron 165
44	ja	Mayerle	2109	2944	2944	Deutz Agrotron 150
45	ja	Hess	2876	5500	5500	Fendt Farmer 309 C
46	ja	Wimberger	1501	3000	3000	Deutz Agrotron 165
49	ja	Wild	4685	7500	7500	Fendt Farmer 412 Vario
50	ja	Barth	2640	3800	3800	Deutz Agrotron 135 Mk3
51	ja	Eselsburg	3204	6670	6600	Deutz Agrotron 100 Mk3
53	ja	Hemmerich	1272	3000	3000	Fendt Farmer 410 Vario
54	ja	Rittmayer	2118	3000	3000	Fendt Farmer 410 Vario
55	ja	Schindlbeck	1744	1744		Deutz Agrotron TTV 1145
56	ja	Sebald OHG	1762	3171	3171	Deutz Agrotron 135 Mk3

Traktor	besucht	Name	Betriebsstunden			Traktorhersteller
Nr.	Bemerk.	Traktor-betreiber	bis 2005	bis 2008	nur RÖ	Traktortyp
57	Fax	Städt. Gut Karlshof	2579	5103	5000	Deutz Agrotron TTV 1160
59	ja	Eisner	2808	5500	5050	Case CVX 170
60	ja	Höpfinger	3431	5300	5300	Case CS 150
61	ja	Schwarz Paul	2104	3956	3956	Case CVX 130
62	ja	TMG Masch.gem.	1827	3100	2500	John Deere 6920 S
63	ja	Mörtel	1633	2500	2400	Deutz Agrotron 135 Mk3
64	ja	TMG Masch.gem.	2326	4630	4400	John Deere 7810
65	ja	Schlund	2409	4193	3900	Fendt Favorit 716 Vario
66	ja	Forster	3973	3973		Fendt Farmer 410 Vario
71	ja	Pirkelmann	1393	1393		Fendt Farmer 412 Vario
73	ja	Markert	2370	3650	3650	Deutz Agrotron 135 Mk3
75	ja	Reichardt&Matthes	3128	5750	5750	Deutz Agrotron 100
76	ja	Reichardt&Matthes	2449	4100	4100	Deutz Agrotron 165
78	ja	Rettenberger	3924	6400	6100	Fendt Favorit 716 Vario
79	ja	Kister/Weidt	2443	4500	4500	Deutz Agrotron 135 Mk3
80	ja	Denger	1643	3155	3155	Deutz Agrotron 120 Mk3
81	ja	Liebrucks	1079	1800	1800	Deutz Agrotron 165 Mk3
82	ja	Haege	2362	4400	4400	Deutz Agrotron 150 Mk3
83	ja	Neuleitner	1472	2400	2400	Deutz Agrotron 105 Mk3
84	Fax	Schödlbauer	1953	4500	4500	Deutz Agrotron 120 Mk3
87	ja	Schmidhuber	3658	5950	5950	Case CS 120
88	ja	Reiner	1600	2990	2990	Deutz Agrotron 135 Mk 3
89	ja	Weig	1964	3400	3400	Deutz Agrotron 90 Mk 3
90	ja	Leitenbacher	2779	4300	3500	Deutz Agrotron 90 Mk 3
91	ja	Zwierlein	2689	5700	5100	Fendt Favorit 716 Vario
92	ja	Baudler	2357	4767	4500	Deutz Agrotron TTV 1160
93	ja	Strohmenger	1452	3300	3300	John Deere 6920
94	ja	Reuß	1019	1909	1909	John Deere 6820
95	ja	Wolfsgruber	1698	3400	2900	John Deere 7810
101	ja	Sielmann	2121	3900	3850	Deutz Agrotron TTV 1130
102	ja	Engel	1590	2930	2930	Deutz Agrotron 105 Mk3
103	ja	Brell	2625	4800	4400	Fendt Favorit 716 Vario
104	ja	Grabendorfer	992	2000	2000	Deutz Agrotron TTV 1130
105	ja	Deuerlein	2505	3500	3500	Deutz Agrotron 230
106	ja	Forstamt	3679	6744	6744	Welte W 150
107	ja	Müller	1631	2800	2800	Fendt Favorit 711
108	Tel.	Buchberg/Reng	1721	2157	2157	John Deere 6920
109	Fax	Kringl	1855	1855		John Deere 6920
110	ja	Bichlmeier	2481	4400	4000	Case CVX 150
112	ja	Frank Josef	3753	3753		Case CVX 120
113	ja	Liebrucks	999	1765	1765	Deutz Agrotron 120 Mk3
114	ja	Pirkelmann	2750	5100	5000	Fendt 818 Vario TMS
115	Fax	Rüß	1323	4375	4100	Fendt 818 Vario TMS

Übersicht der Motordaten der teilnehmenden Traktoren

Traktor Nr.	Traktorhersteller / Traktortyp	Motor / Motortyp	Leistung kW	Einspritzpumpe/ Hersteller	Umrüster
1	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
2	Case CS 130	SISU	95 kW	Lucas Verteiler	Hausmann
5	Case MX 170	Cummins 359	122 kW	Bosch Reihen PES	TCB
6	Claas Callenger 95E	Caterpillar	306 kW	Common Rail	Hausmann
9	Case CS 120	SISU	88 kW	Bosch Reihen PES	Gruber KG
11	Case CS 150	SISU	110 kW	Stanadyne Verteiler	Igl
12	Deutz-Fahr Agrotron 85	BF4M 1012EC	63 kW	Bosch PLD	VWP
13	New Holland TN 75 S	IVECO	53 kW	Bosch Verteiler VP44	VWP
14	Fendt 411	BF4M 2013C	81 kW	Bosch PLD	LBAG
15	Fendt 309 C	BF4M 1012EC	70 kW	Bosch Verteiler VP44	LBAG
18	Deutz-Fahr Agrotron 150	BF6M 1013E	114 kW	Bosch PLD	VWP
19	Deutz-Fahr Agrotron 120	BF6M 1013E	88 kW	Bosch PLD	VWP
21	Fendt 410	BF4M 2013C	74 kW	Bosch PLD	VWP
23	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
24	Deutz-Fahr Agrotron 100	BF4M 1012EC	73 kW	Bosch PLD	VWP
25	Deutz-Fahr Agrotron 105	BF6M 1012E	75 kW	Bosch PLD	VWP
26	Deutz-Fahr Agrotron 100	BF4M 1012EC	73 kW	Bosch PLD	VWP
27	Deutz-Fahr Agrotron 200	BF6M 1013EC	147 kW	Bosch PLD	VWP
28	Deutz-Fahr Agrotron 120	BF6M 1013E	88 kW	Bosch PLD	VWP
30	Case CVX 120	SISU	84 kW	Stanadyne Verteiler	Gruber KG
32	Fendt 411	BF4M 2013C	81 kW	Bosch PLD	Hausmann
33	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
34	Fendt 714	BF6M 2013C	103 kW	Bosch PLD	Hausmann
35	Deutz-Fahr Agrotron 165	BF6M 1013E	120 kW	Bosch PLD	VWP
36	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
37	SAME Silver 130	1000 6 WT	97 kW	Bosch PLD	Hausmann
38	Case CVT 150	SISU	106 kW	Stanadyne Verteiler	Hausmann
39	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
40	Deutz-Fahr Agrotron 260	BF6M 1013FC	190 kW	Bosch PLD	VWP
42	Case 9094	SISU - 4 Zyl.	69 kW	Stanadyne Verteiler	Hausmann
43	Deutz-Fahr Agrotron 165	BF6M 1013E	120 kW	Bosch PLD	VWP
44	Deutz-Fahr Agrotron 150	BF6M 1013E	114 kW	Bosch PLD	VWP
45	Fendt 309 C	BF4M 1012EC	70 kW	Bosch PLD	VWP
46	Deutz-Fahr Agrotron 165	BF6M 1013E	120 kW	Bosch PLD	VWP
49	Fendt 412	BF4M 2013C	88 kW	Bosch PLD	Hausmann
50	Deutz-Fahr Agrotron 135	BF6M 1013E	99 kW	Bosch PLD	VWP
51	Deutz-Fahr Agrotron 100	BF4M 1012EC	73 kW	Bosch PLD	VWP
53	Fendt 410	BF4M 2013C	74 kW	Bosch PLD	Hausmann
54	Fendt 410	BF4M 2013C	74 kW	Bosch PLD	Hausmann
55	Deutz-Fahr Agrotron TTV 1145	BF6M 1013EC	103 kW	Bosch PLD	VWP
56	Deutz-Fahr Agrotron 135	BF6M 1013E	99 kW	Bosch PLD	VWP

Traktor Nr.	Traktorhersteller / Traktortyp	Motor / Motortyp	Leistung kW	Einspritzpumpe/ Hersteller	Umrüster
57	Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160	BF6M 1013EC	110 kW	Bosch PLD	VWP
59	Case CVX 170	SISU	121 kW	Stanadyne Verteiler	Gruber KG
60	Case CS 150	SISU	110 kW	Stanadyne Verteiler	Gruber KG
61	Case CVX 130	SISU	95 kW	Stanadyne Verteiler	Gruber KG
62	John Deere 6920S	CD 6068	118 kW	Bosch Verteiler VP44	Hausmann
63	Deutz-Fahr Agrotron 135	BF6M 1013E	99 kW	Bosch PLD	VWP
64	John Deere 7810	RG 6081	129 kW	Bosch Verteiler VP44	Hausmann
65	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
66	Fendt 410	BF4M 2013C	74 kW	Bosch PLD	Hausmann
71	Fendt 412	BF4M 2013C	88 kW	Bosch PLD	Hausmann
73	Deutz-Fahr Agrotron 135	BF6M 1013E	99 kW	Bosch PLD	VWP
75	Deutz-Fahr Agrotron 100	BF4M 1012EC	73 kW	Bosch PLD	VWP
76	Deutz-Fahr Agrotron 165	BF6M 1013E	120 kW	Bosch PLD	VWP
78	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
79	Deutz-Fahr Agrotron 135	BF6M 1013E	99 kW	Bosch PLD	VWP
80	Deutz-Fahr Agrotron 120	BF6M 1013E	88 kW	Bosch PLD	VWP
81	Deutz-Fahr Agrotron 165	BF6M 1013E	120 kW	Bosch PLD	VWP
82	Deutz-Fahr Agrotron 150	BF6M 1013E	114 kW	Bosch PLD	VWP
83	Deutz-Fahr Agrotron 105	BF6M 1012E	75 kW	Bosch PLD	VWP
84	Deutz-Fahr Agrotron 120	BF6M 1013E	88 kW	Bosch PLD	VWP
87	Case CS 120	SISU	88 kW	Stanadyne Verteiler	Gruber KG
88	Deutz-Fahr Agrotron 135	BF6M 1013E	99 kW	Bosch PLD	VWP
89	Deutz-Fahr Agrotron 90	BF4M 1012EC	66 kW	Bosch PLD	VWP
90	Deutz-Fahr Agrotron 90	BF4M 1012EC	66 kW	Bosch PLD	VWP
91	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	Hausmann
92	Deutz-Fahr Agrotron TTV 1160	BF6M 1013EC	110 kW	Bosch PLD	VWP
93	John Deere 6920	CD 6068	110 kW	Bosch Verteiler VP44	VWP
94	John Deere 6820	CD 6068	99 kW	Bosch Verteiler VP44	VWP
95	John Deere 7810	RG 6081	129 kW	Bosch Reihen PES	VWP
101	Deutz-Fahr Agrotron TTV 1130	BF6M 1013EC	92 kW	Bosch PLD	VWP
102	Deutz-Fahr Agrotron 105	BF6M 1012E	75 kW	Bosch PLD	VWP
103	Fendt 716	BF6M 2013C	118 kW	Bosch PLD	VWP
104	Deutz-Fahr Agrotron TTV 1130	BF6M 1013EC	92 kW	Bosch PLD	VWP
105	Deutz-Fahr Agrotron 230 MK3	BF6M 1013FC	169 kW	Bosch PLD	VWP
106	Welte W 150	BF6M 1013E	114 kW	Bosch PLD	VWP
107	Fendt 711	BF6M 2013C	85 kW	Bosch PLD	VWP
108	John Deere 6920	CD 6068	110 kW	Bosch Verteiler VP44	VWP
109	John Deere 6920	CD 6068	110 kW	Bosch Verteiler VP44	VWP
110	Case CVX 150	SISU	107 kW	Stanadyne Verteiler	Gruber KG
112	Case CVX 120	SISU	84 kW	Stanadyne Verteiler	Gruber KG
113	Deutz-Fahr Agrotron 120	BF6M 1013E	88 kW	Bosch PLD	VWP
114	Fendt 818	BF6M 2013C	132 kW	Bosch PLD	Hausmann
115	Fendt 818	BF6M 2013C	132 kW	Bosch PLD	Hausmann

4.2 Auswertung des Fragenkomplexes zum Traktoreinsatz

Wie hoch sind die Betriebsstunden des Traktors?
Wie viele Stunden fuhr der Traktor in reinem Rapsölbetrieb?
Ist der Traktor immer noch in Ihrem Besitz?

Betriebsstunden aller Traktoren (Erfahrungspotential)

Zum Abschluss des „100 Traktorenprogramms“ Ende Dezember 2005 fuhren die 107 Traktoren 3 bis 4 Jahre im Rapsölbetrieb. Die Staffelung der Betriebsstunden von 2001 bis zum Ende 2005 zeigt die nachfolgende Auswertung.

Von 2001 bis 2005: **249.321 Betriebsstunden (Bh) von 107 Traktoren**
durchschnittlich 2.253 Betriebsstunden pro Traktor

erreichte Bh	Anzahl der Traktoren	Prozentualer Anteil
> 5000 Bh	2	1,9 %
<= 5000 Bh	3	2,8 %
<= 4000 Bh	20	18,7 %
<= 3000 Bh	42	39,3 %
<= 2000 Bh	40	37,3 %

Die jährlich durchschnittlich erreichten Betriebsstunden der Traktoren von 2001 bis 2005 lassen sich wie folgt darstellen:

Ø Bh pro Jahr	Anzahl der Traktoren	Prozentualer Anteil
> 800 Bh	38	35,5 %
601 bis 800 Bh	29	27,1 %
401 bis 600 Bh	21	19,6 %
<= 400 Bh	19	17,8 %

Die hohe Prozentzahl (64,5 %) an Traktoren mit durchschnittlichen Laufzeiten unter 800 Betriebsstunden pro Jahr lag an der großen Anzahl von mittelständischen landwirtschaftlichen Betrieben im südlichen Teil Deutschlands.

Die Übersicht der erreichten Betriebsstunden im Rapsölbetrieb der 76 an der Umfrage teilnehmenden Traktoren über den gesamten Betriebszeitraum von 2001 bis 2008 zeigt die folgende Auswertung.

Von 2001 bis 2008: **321.144 Betriebsstunden von 76 Traktoren**
durchschnittlich 4.282 Betriebsstunden pro Traktor

erreichte Bh	Anzahl der Traktoren	Prozentualer Anteil
<= 9000 Bh	1	1,3 %
<= 8000 Bh	2	2,6 %
<= 7000 Bh	8	10,6 %
<= 6000 Bh	9	11,8 %
<= 5000 Bh	15	19,7 %
<= 4000 Bh	21	27,6 %
<= 3000 Bh	14	18,4 %
<= 2000 Bh	6	7,9 %

Über 29 % der Tier I-Motoren (22 von 76 Traktoren) sind inzwischen über 5.000 Betriebsstunden im Rapsölbetrieb gelaufen.

Die Staffelung der jährlich durchschnittlich erreichten Betriebsstunden der Traktoren von 2001 bis 2008 zeigt die folgende Übersicht:

Ø Bh pro Jahr	Anzahl der Traktoren	Prozentualer Anteil
> 800 Bh	20	26,3 %
601 bis 800 Bh	17	22,4 %
401 bis 600 Bh	28	36,8 %
< 400 Bh	11	14,5 %

Die hohe Prozentzahl (73,7 %) an Traktoren mit durchschnittlichen Laufzeiten unter 800 Betriebsstunden pro Jahr ist gegenüber dem Zeitraum bis Ende 2005 weiter angestiegen (plus 9,3 %). Zum einen lag es an der großen Zahl von Interviewteilnehmern, die in mittelständischen landwirtschaftlichen Betrieben arbeiten. Zum anderen werden die Traktoren, aus den Erfahrungen im Rapsölbetrieb, nur für mittelschwere und schwere Arbeiten eingesetzt. Es fallen damit einfache Arbeiten, wie Transportarbeiten im unteren kritischen Lastbereich, weg (siehe Auswertung der Traktoreneinsätze in **Abschnitt 4.6**).

Auffallend sind auch die geringeren Prozentzahlen (minus 9,3 %) der Traktoren mit Laufzeiten über 800 Betriebsstunden pro Jahr. Eine Ursache ist der zwischenzeitliche Verkauf von 14 Rapsöltraktoren, teils mit hohen Laufzeiten, die den Durchschnitt über die 7 bis 8 Jahre verringerten. Eine zweite Ursache ist das häufigere Fahren von Traktoren mit DK und RÖ/DK-Mischungen, die die reinen RÖ-Betriebsstunden verminderten (siehe Auswertung in **Abschnitt 4.3**).

Bild 7: Traktor 12: Deutz Agrotron 85, 1-Tanksystem, 3.800 Bh Rapsölbetrieb, fährt immer mit reinem RÖ
größtes Problem: Kraftstoffförderpumpen undicht

Verkauf von Traktoren bis 2008

Bis zum Ende dieses Projektes verkauften 19 der 84 Interviewteilnehmer ihre Traktoren. Die Hintergründe für die Verkäufe waren:

- Neukauf wegen hoher Laufleistung der Traktormotoren (Tre 34 mit 7000 Bh und Tre 49 mit 7500 Bh), die neuen Traktoren fahren mit RÖ mit 1-Tanksystem
- Neukauf leistungsstärkerer Traktoren - unabhängig vom RÖ-Betrieb (Tre 37, 45, 46, 60, 108 und 112), neue Traktoren fahren mit RÖ, davon fünf Traktoren im 2-Tanksystem und ein Traktor mit 1-Tanksystem
- Neukauf leistungsstärkerer Traktoren - abhängig vom RÖ-Betrieb (Tre 54 und 103), neue Traktoren fahren mit DK
- Neukauf (Tre 59), ohne Angabe des Grunds, neuer Traktor fährt DK
- Neukauf wegen hoher Reparaturanfälligkeit (Tre 62), neuer Traktor fährt mit DK
- Reparaturanfälligkeit (Tre 5 und 109), ohne Neukauf
- Unfall mit Totalschaden (Tre 71), neuer Traktor fährt mit 2-Tanksystem
- familiäre Gründe (Tre 66, 87 und 105)
- Auslauf des Leasingvertrages (Tre 55)

Bei 13 von 19 Verkäufen war kein Zusammenhang zum Rapsölbetrieb vorhanden.

Bild 8: Traktor 66: Fendt Farmer 410 Vario, 1-Tanksystem, 3.973 Bh Rapsölbetrieb, fuhr kaltgepresstes RÖ, keine größeren Probleme, verkauft Ende 2005 wegen Betriebsaufgabe

13 der 19 verkauften Traktoren wurden durch Neuinvestitionen ersetzt, die in der Regel beim gleichen Hersteller gekauft wurden, **Bild 9**.

Tre.-Nr.	Verkauf Hersteller	Umrüst-konzept	Umrüster	Neukauf Hersteller	Umrüst-konzept/ Wechsel	Umrüster-wechsel
34	Fendt	1-Tanksystem	Hausmann	Fendt	nein	nein
45	Fendt	1-Tanksystem	VWP	Fendt	nein	nein
49	Fendt	1-Tanksystem	Hausmann	Fendt	nein	nein
71	Fendt	1-Tanksystem	Hausmann	Fendt	nein	nein
60	Case	2-Tanksystem	Gruber	Case	nein	nein
112	Case	2-Tanksystem	Gruber	Case	nein	nein
37	Same	1-Tanksystem	Hausmann	Fendt	2-Tanksystem	ja
46	Deutz	1-Tanksystem	VWP	Deutz	2-Tanksystem	ja
108	John Deere	1-Tanksystem	VWP	Case	2-Tanksystem	ja
54	Fendt	1-Tanksystem	Hausmann	Fendt	fährt DK	
62	John Deere	1-Tanksystem	Hausmann	Fendt	fährt DK	
103	Fendt	1-Tanksystem	VWP	Fendt	fährt DK	
59	Case	2-Tanksystem	Gruber	Case	fährt DK	

Bild 9: Übersicht der 13 Traktorenneukäufe

Bei den insgesamt 13 Neukäufen konnte folgendes festgestellt werden:

- Die Traktorenbetreiber sind ihren Umrüstern Gruber, Hausmann und VWP treu-geblieben, wenn das gleiche Umrüstkonzept verwendet wurde.
- Nur beim Wechsel vom 1-Tanksystem (Umrüster Hausmann und VWP) auf das 2-Tanksystem suchten sich die Landwirte neue Umrüster in ihrer Umgebung, da der Umrüster Gruber nur Case Traktoren örtlich gegrenzt auf das 2-Tanksystem umrüstet.
- Es lassen mehr Traktorenbetreiber auf das 2-Tanksystem umrüsten.
- Einige Landwirte fahren ihre neuen Traktoren nur mit DK. Die Gründe sind sehr unterschiedlich und reichen von zu vielen Reparaturen im Rapsölbetrieb bis zum zu teuer gewordenen Rapsöl.

Bild 10: Traktor 37: SAME Silver 130, 1-Tanksystem, 3.000 Bh Rapsölbetrieb, fuhr bei schweren Arbeiten mit DK und RÖ/DK-Mischungen, keine größeren Probleme, verkauft im September 2008, Grund: Neukauf eines leistungsstärkeren Traktors

Die Auswertungen zur „Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz“ beziehen sich nicht auf die neu gekauften Traktoren.

Veränderung der Umrüstkonzepte der Traktoren bis 2008

Ende 2005 fuhren von 76 der 84 für die „Dauerhaltbarkeit“ auswertbare Traktoren:

- 69 Traktoren mit dem 1-Tanksystem (RÖ/Vollraffinat) und
- 7 Traktoren mit dem 2-Tanksystem (DK und RÖ).

Im Zeitraum 2006 bis 2008 traten folgende Veränderungen auf:

- Umrüstung auf 2-Tanksystem: 3 Traktoren (Tre 14, 38 und 39)
- Fahrt mit RÖ-DK-Mischungen: 2 Traktoren (Tre 13 und 25)
- Fahrt nur mit DK: 7 Traktoren (Tre 26, 28, 40, 44, 50, 78, 95)

(bei zwischenzeitlich 14 verkauften Traktoren).

Ende 2008 fuhren noch 55 von 76 Traktoren mit Rapsöl:

- 46 Traktoren mit 1-Tanksystem im Rapsölbetrieb
- 7 Traktoren mit 2-Tanksystem (RÖ und DK)
- 2 Traktoren mit RÖ/DK-Mischungen.

Bild 11: Traktor 28: Deutz Agrotron 120, 1-Tanksystem, 2.700 Bh im Rapsölbetrieb, fährt seit Sommer 2008 mit DK, Grund: teurer Rapsölpreis

Die Veränderungen im Rapsölbetrieb von 2005 zu 2008 zeigen die **Bilder 12 und 13**.

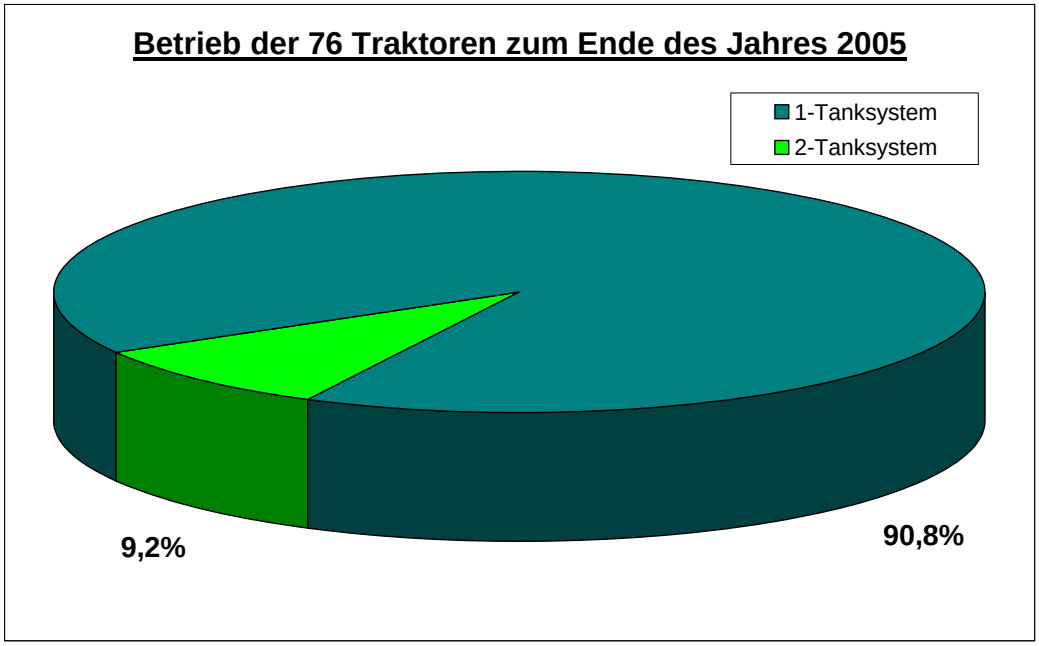

Bild 12: Prozentualer Anteil der Umrüstkonzepte Ende 2005, Ende des Projektes „100 Traktorenprogramms“

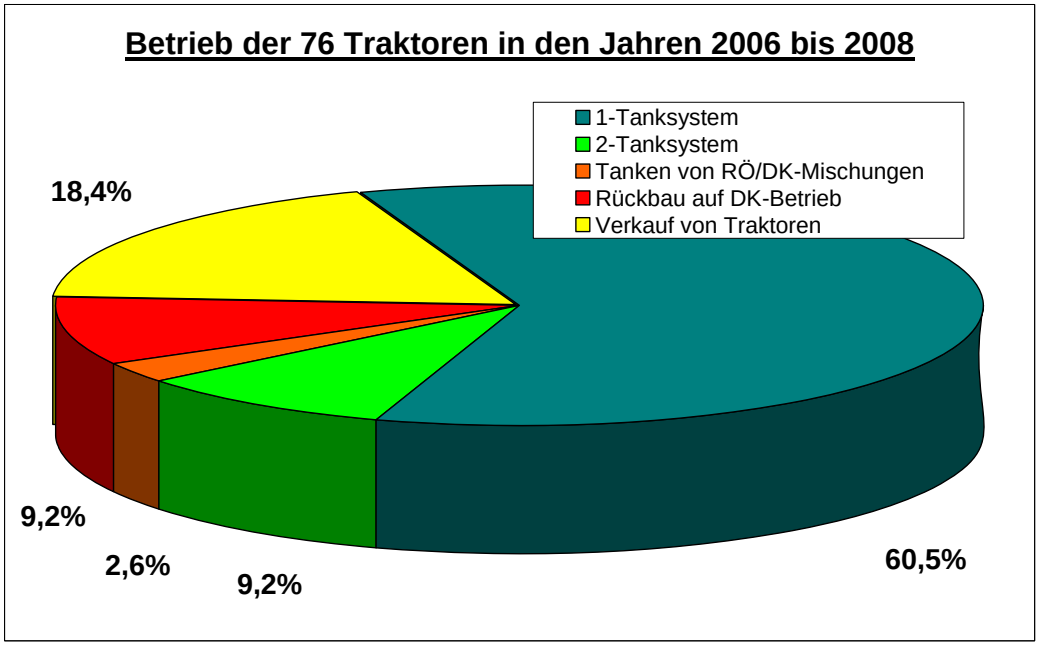

Bild 13: Prozentualer Anteil der Umrüstkonzepte Ende 2008, Ende des Projektes „Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren“

Für die Auswertung der Dauerhaltbarkeit der Rapsölmotoren wurden die zwischenzeitlich 14 verkauften und 7 auf DK zurück gerüsteten Traktoren nur bis zu ihrem Verkauf/Rückrüstung bewertet.

4.3 Auswertung des Fragenkomplexes zum Tankverhalten

Fahren Sie Ihren Traktor immer nur mit reinem Rapsöl?

Fahren Sie zwischendurch Rapsöl-Mischungen, warum?

Fahren Sie zwischendurch mit reinem Dieselkraftstoff, warum?

Fahren Sie auch im Winter mit reinem Rapsöl?

Gibt es Kaltstartschwierigkeiten? Wie wurden diese Probleme gelöst?

Der nächste Fragenkomplex des Interviews mit den Traktorenbetreibern befasste sich mit dem Tankverhalten zum Rapsölkraftstoff. Ob die Traktoren immer mit kaltgepresstem Rapsöl gefahren wurden und welche Abweichungen es dabei gab, zeigt die Auswertung in **Bild 14**.

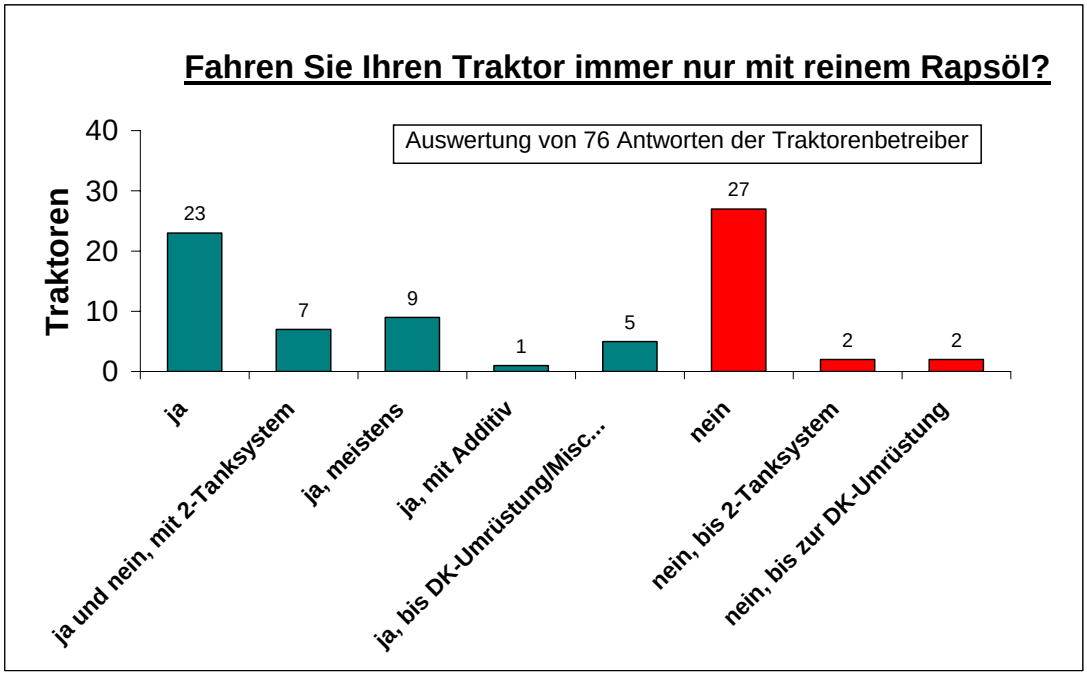

Bild 14: Anzahl der Traktoren, die immer mit reinem kaltgepresstem Rapsöl fuhren

Die kleinen Ausnahmen (ja, meistens) beim Fahren mit Rapsöl waren:

- Fahren mit DK wegen RÖ-Kraftstoffmangels
- Fahren mit DK beim Steine sammeln (Niedriglastbetrieb)
- Fahren mit DK in der Reithalle (Niedriglastbetrieb)
- Fahren mit DK/Mischungen, wenn auswärts getankt werden musste.

Da 31 von 76 Traktorenbetreibern angaben, nicht immer reines Rapsöl zu tanken, wurde das Tankverhalten weiter analysiert, **Bilder 15 und 16**. Dabei kamen Doppelbenennungen von DK- und RÖ/DK-Mischungseinsätzen vor.

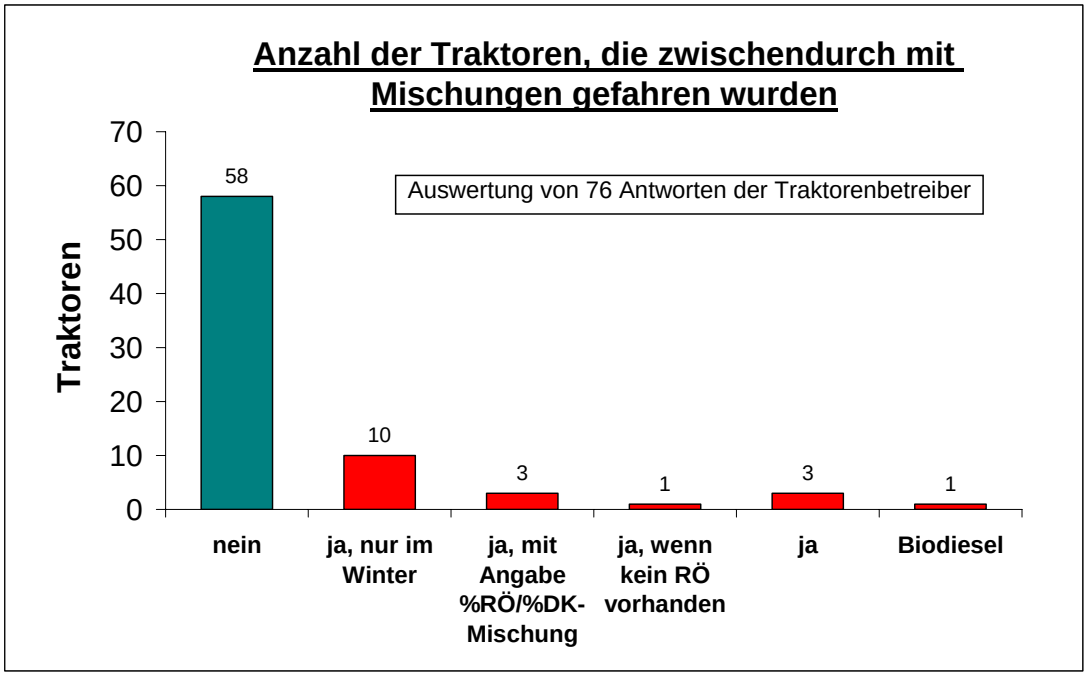

Bild 15: Anzahl der Traktoren, die zwischendurch mit Mischungen gefahren wurden

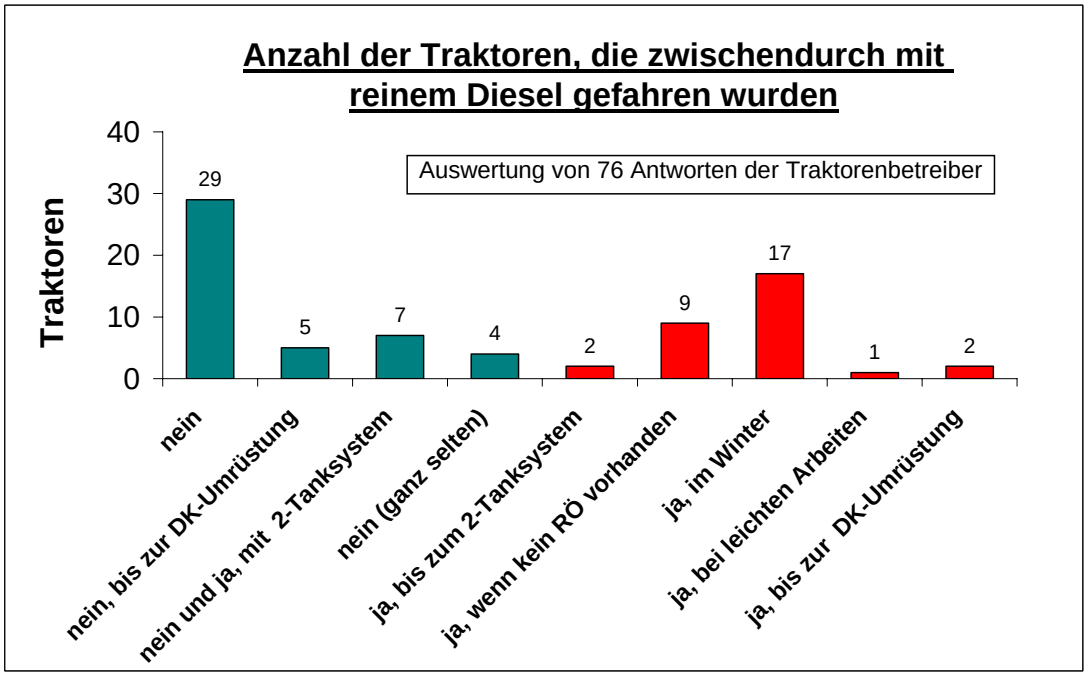

Bild 16: Anzahl der Traktoren, die zwischendurch mit DK gefahren wurden

Bei niedrigen Außentemperaturen im Winter veränderten viele Landwirte ihr Tankverhalten und fuhren mit DK- oder RÖ/DK-Mischungen, **Bild 17**.

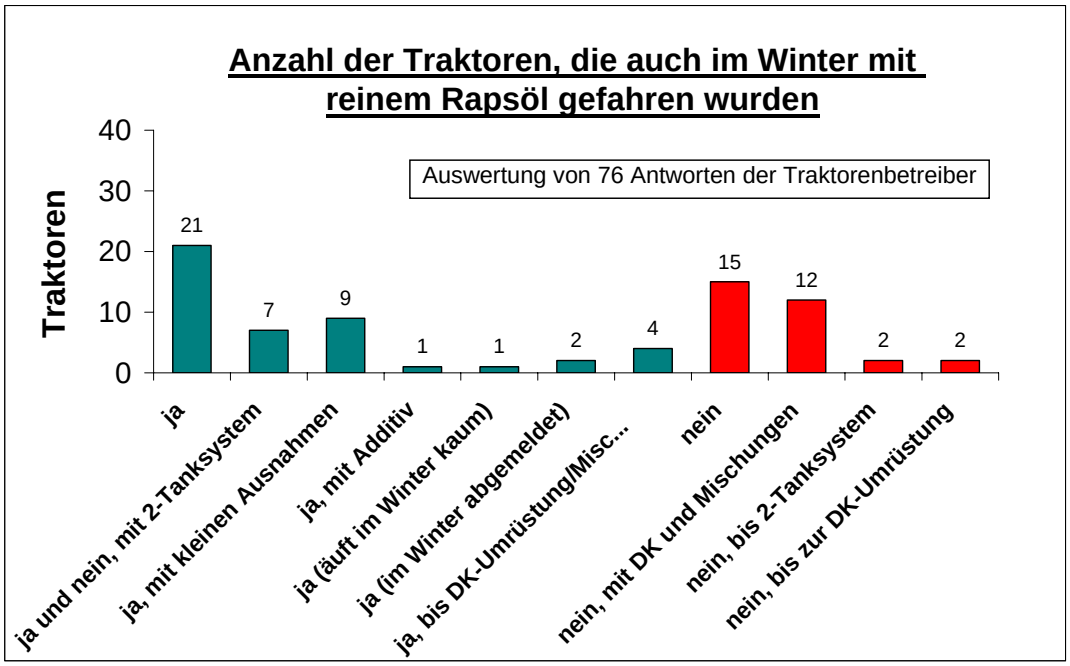

Bild 17: Anzahl der Traktoren, die im Winter mit Rapsöl gefahren wurden

Bild 18: Traktor 106: Welte W150, 1-Tanksystem, 6.740 Bh Rapsölbetrieb
fährt immer RÖ, im Winter mit Additiv DX52
größtes Problem: Kaltstartschwierigkeiten

Die Kaltstartschwierigkeiten der Traktormotoren sind ein rapsölbedingtes Problem. Bei kalten Temperaturen wird die Viskosität des Rapsöls geringer und das Rapsöl lässt sich schlechter einspritzen. Der Motor springt bei niedrigen Temperaturen schwerer an. Die Auswertung auf die Frage nach den Kaltstartschwierigkeiten der Traktoren ist im **Bild 19** dargestellt.

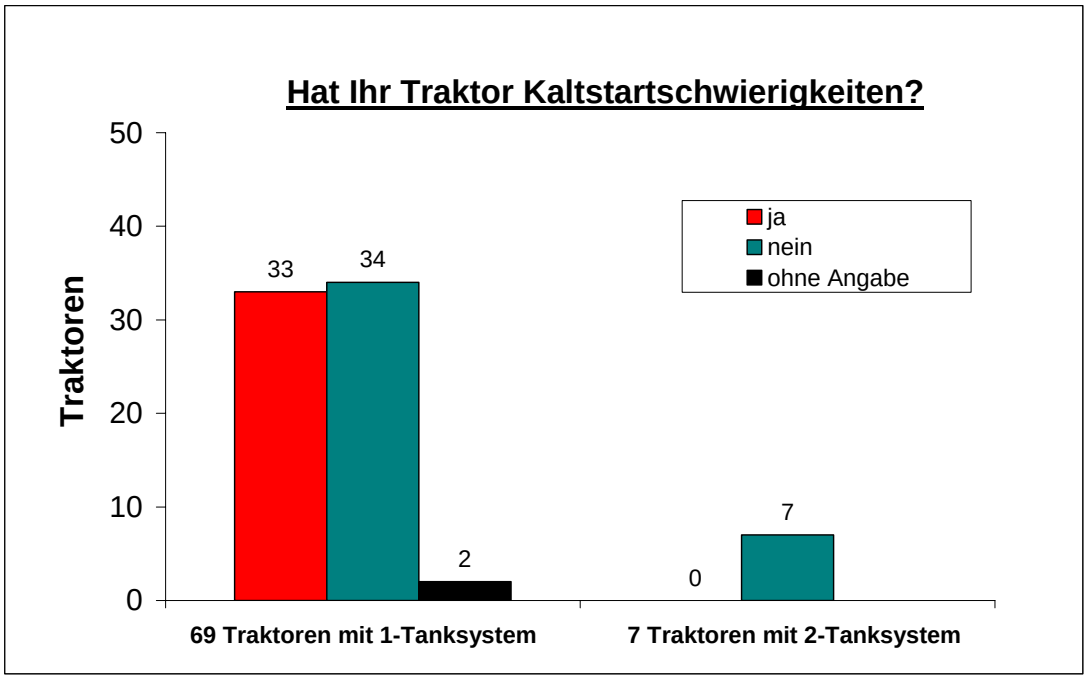

Bild 19: Kaltstartschwierigkeiten der Traktoren, aufgeschlüsselt nach Umrüstkonzept

43 % aller Landwirte bestätigten im Interview das Kaltstartproblem, das ausschließlich beim 1-Tanksystem auftrat.

Keiner der Traktoren, die auf das 2-Tanksystem umgerüstet wurden, hatte Kaltstartschwierigkeiten. Das 2-Tanksystem verfolgt das Ziel, die Motoren in der kritischen Kaltstartphase mit DK zu betreiben, um bei betriebswarmem Motor auf RÖ-Betrieb umzuschalten, siehe Beschreibung des Umrüstkonzepts [2].

Da das Kaltstartverhalten vorrangig vom Umrüstkonzept abhängig ist, wurden Kaltstartschwierigkeiten nach Umrüstern aufgeschlüsselt, **Bild 20**.

Der Umrüster Gruber passte nur Case Traktoren mit dem 2-Tanksystem auf den Rapsölbetrieb an. Durch den Start der Motoren mit DK gab es keine Kaltstartschwierigkeiten.

Der Umrüster Hausmann ist auf das 1-Tanksystem spezialisiert und entwickelte für die Einspritzdüsen eine elektrische Heizung, so dass die Traktoren (vorrangig Fendt Traktoren) trotz 1-Tanksystem weniger Probleme mit dem Kaltstart hatten.

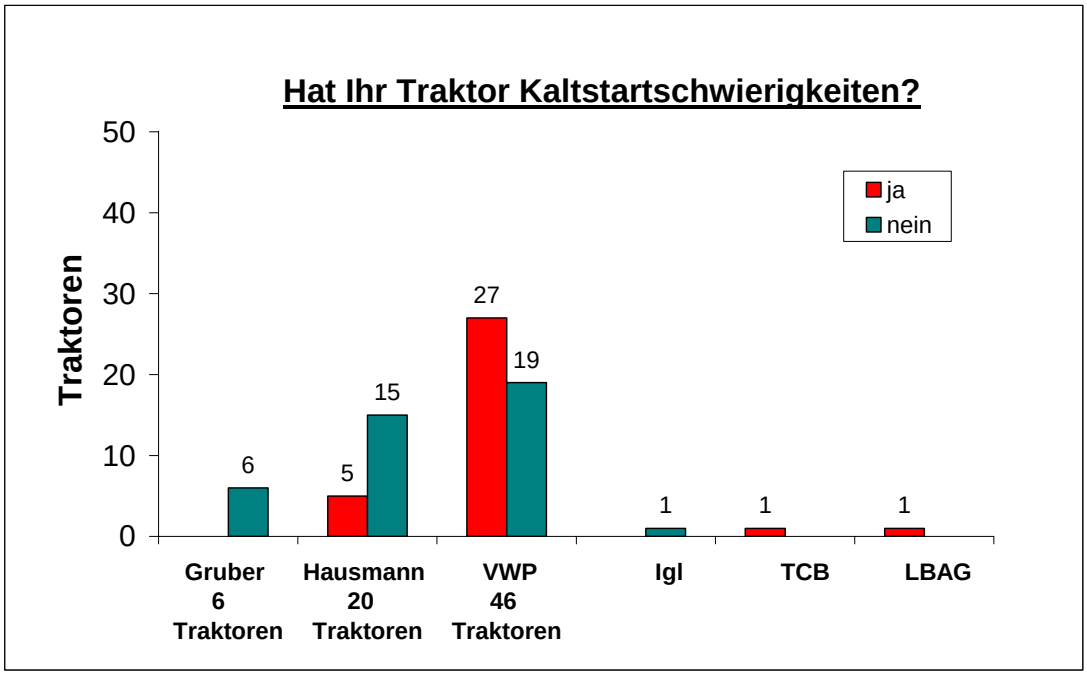

Bild 20: Kaltstartschwierigkeiten, aufgeschlüsselt nach Umrüstern

Die Traktoren des Umrüsters VWP (vorrangig Deutz Traktoren) wurden mit dem 1-Tanksystem an den Rapsölbetrieb angepasst und hatten die größten Kaltstartschwierigkeiten.

Der Umrüster Igl Landtechnik rüstete einen Case Traktor auf das 2-Tanksystem um, ohne Kaltstartprobleme. Der Umrüster TC Bastorf rüstete einen Case Traktor und der Umrüsters LBAG Lüchow einen Fendt Traktor auf das 1-Tanksystem um. Beide Traktoren hatten mit Kaltstartproblemen zu kämpfen.

Die Landwirte empfanden das Kaltstartproblem bei niedrigen Temperaturen subjektiv sehr unterschiedlich.

Kaltstartprobleme: nein, da Problemlösungen, wie:

- Traktor steht in geheizter Halle oder Garage
- Tankheizung und Motorvorwärmung
- Umrüstung auf 2-Tank System
- Fahren mit RÖ-Mischungen, Biodiesel und DK

Kaltstartprobleme: ja, Problem lässt sich nur lösen mit:

- Traktor in warmen Raum stellen
- Motorvorwärmung nötig
- Fahren mit DK und Mischungen
- im Winter Zumischung von Additiv DX 52, 2%
- ist nicht richtig gelöst

Insgesamt ist festzustellen, dass durch das Kaltstartproblem der Traktoren im Rapsölbetrieb mit 1-Tanksystem ein Mehraufwand bei den Startvorbereitungen vorhanden ist.
Das Tankverhalten dieser Traktorenbetreiber hat sich nach dem Ende des 100 Traktorenprogramms verändert. Bei niedrigen Außentemperaturen im Winter tanken die Landwirte flexibel, je nach Sommer und Winter Rapsöl oder DK bzw. RÖ/DK-Mischungen.

Das Umrüstkonzept 2-Tanksystem ist beim Kaltstart eindeutig im Vorteil.

Bild 21: Traktor 93: John Deere 6920, 1-Tanksystem, fährt RÖ, im Winter DK größtes Problem: Kaltstartschwierigkeiten

4.4 Auswertung des Fragenkomplexes zum Rapsölkraftstoff

Tanken Sie kaltgepresstes Rapsöl oder Rapsöl-Vollraffinat?

Woher beziehen Sie aktuell Ihr Rapsöl?

Wie kontrollieren Sie die Qualität des angelieferten Rapsöls?

Wie oft wurden die Kraftstofffilter gewechselt?

Eine wesentliche Grundlage für den Rapsölbetrieb ist eine stabile Rapsölqualität. Die Lieferqualität muss verstärkt durch Qualitätskontrollen in den Ölmühlen gesichert werden. Neben einer reproduzierbaren Verbesserung der Lieferqualität bzw. der Qualität aus Eigenpressung, durch Optimierung der Lagerbedingungen für die Rapssaat, Einhaltung optimaler Anlagenparameter sowie der anschließenden Reinigungsschritte, muss vor allem die Sauberkeit der Lagertanks garantiert werden.

Bild 22: Eigenverbrauchstankstelle, Rapsöllagergröße 5.000 l

Unter der Mitarbeit des Betriebsstofflabors der Universität Rostock wurde eine **DIN V 51605: 2006-07** erarbeitet, die heute die Grundlage der Qualitätsvorschriften für Rapsöl als Kraftstoff für pflanzenöltaugliche Motoren bildet. Es gibt verschärfte Anforderungen bzgl. der Parameter Gesamtverschmutzung, Phosphorgehalt, Schwefelgehalt und Oxidationsstabilität und als zusätzliche Parameter wurden Calcium- und Magnesiumgehalt als Summenparameter limitiert, **Bild 25.**

Bild 23: Eigenverbrauchstankstelle, Größe 15.000 l

Die Beschaffung/Erzeugung von Rapsöl nach DIN V 51605:2006-07 lag in der Verantwortung der Traktorenbetreiber. Wie schon im 100 Traktorenprogramm, fuhren die meisten Traktoren mit kaltgepresstem Rapsöl.

Die 76 Traktorenbetreiber tankten:

- kaltgepresstes Rapsöl: 68 Traktoren
- Rapsöl-Vollraffinat: 4 Traktoren (Tre 33, 62, 64 und 114)
- beide Rapsölsorten: 4 Traktor (Tre 27, 81, 82 und 113)

Das Rapsöl-Vollraffinat wurde nur mit dem 1-Tanksystem verfahren.
Das kaltgepresste Rapsöl ist für das 1-Tanksystem, für das 2-Tanksystem sowie bei den RÖ/DK-Gemischen eingesetzt worden.

Bild 24: Eigenverbrauchstankstelle, 1 m³ PE-Behälter als Rapsöllager

Die Bezugsquellen für den Rapsölkraftstoff waren verschieden:

- Eigenpresser:	11 Traktorenbetreiber [(Tre 1 und 6), 11, 14, 37, 38, 43, 46, 56, 60, 94 und 115]
- Ölmühlen:	64 Traktorenbetreiber

Die 11 Eigenpresser pressten schon während des „100 Traktorenprogramms“ ihr eigenes Rapsöl.

Die Ölmühlen waren oft die aus dem 100-Traktorenprogramm bekannten Mühlen. Das lag an der Nähe der dezentralen Ölmühlen zu den Rapsöl-Traktorenbetreibern und an der Zufriedenheit mit ihrer Ölmühle.

Kennwerte	Einheit	Grenzwert nach DIN V 51605: 2006- 07		Prüfverfahren
		min.	max.	
charakteristische Eigenschaften/ Inhaltsstoffe				
Dichte bei 15°C	kg/m³	900	930	EN ISO 3675 DIN EN ISO 12185
Flammpunkt nach Pensky- Martens	°C	220	-	DIN EN ISO 2719
Heizwert	kJ/kg	36000	-	DIN 51900-1,-2,-3
Kinematische Viskosität bei 40°C	mm²/s	-	36,0	DIN EN ISO 3104
Kälteverhalten	-	-	-	Rotationsviskosimetrie (Prüfbedingungen werden erarbeitet)
Zündwilligkeit	-	39	-	(Prüfverfahren wird entwickelt)
Koksrückstand	% (m/m)	-	0,40	DIN EN ISO 10370
Jodzahl	g Iod/100g	95	125	DIN EN 14111
Schwefelgehalt	mg/kg	-	10	DIN EN ISO 20884/ DIN EN ISO 20846
variable Eigenschaften / Inhaltstoffe				
Gesamtverschmutzung	mg/kg	-	24	DIN EN 12662
Säurezahl	mg KOH/g	-	2,0	DIN EN 14104
Oxidationsstabilität 110°C	h	6,0	-	DIN EN 14112
Phosphorgehalt	mg/kg	-	12	DIN EN 14107
Summengehalt an Magnesium und Calcium	mg/kg	-	20	DIN EN 14538
Aschegehalt (Oxidasche)	% (m/m)	-	0,01	DIN EN ISO 6245
Wassergehalt	% (m/m)	-	0,075	DIN EN ISO 12937

Bild 25: Grenzwerte der Rapsölparameter laut DIN V 51605: 2006-07

Die Auswertung auf die Frage an die 11 Eigenpresser „Wie kontrollieren Sie die Qualität des angelieferten Rapsöls?“ ergab:

- im Labor der Universität Rostock	3 Eigenpresser
- im Labor des TFZ Straubing	1 Eigenpresser
- im AGROLAB Plauen	1 Eigenpresser
- durch Qualitätskontrolle mit Schnelltestkoffer	1 Eigenpresser
- **keine**, nur Sichtkontrolle	5 Eigenpresser

46% der Eigenpresser führten keine Qualitätskontrolle ihres gepressten Rapsöls durch, das heißt, sie haben kein Qualitätsmanagement in ihrer Ölmühle eingeführt.
Dadurch können die Eigenpresser nicht für die Einhaltung der Rapsöl-Norm DIN V 51605: 2006-07 garantieren.

Bild 26: Eigenverbrauchstankstelle, Eigenpresser, 3 Stück 1 m³ PE-Behälter als Rapsöllager

Nur 6 (9%) von 64 Traktorenbetreibern, die das Rapsöl von Ölmühlen bezogen, kontrollierten die Rapsölqualität ihrer Lieferungen:

- im Labor der Universität Rostock 3 Traktorenbetreiber
- im Labor des TFZ Straubing 2 Traktorenbetreiber
- Sohn nimmt Proben zu Deutz-Fahr mit 1 Traktorenbetreiber

58 (91%) von 64 Traktorenbetreibern kontrollierten die Rapsölqualität ihrer Rapsöllieferungen von Ölmühlen folgendermaßen:

- hin und wieder durch das Labor des TFZ Straubing
- keine, nur Sichtkontrolle und Geruchsprobe
- keine, nur Sichtkontrolle
- keine, nicht nötig
- keine, früher Universität Rostock, jetzt auf Vertrauen
- keine, Kontrolle ist bei der Rapsölmühle
- eher selten

Bild 30: Eigenverbrauchstankstelle, Rapsöllagergröße 15.000 l

Es ist trotz Aufklärungsarbeit durch die Mitarbeiter der Universität Rostock und auch des TFZ Straubing [6] während der gesamten Projektlaufzeit des 100-Traktoren-programms von 2001 bis 2005 nicht gelungen, eine deutliche Verbesserung der Einstellung zur Überprüfung der Rapsölqualität zu erzielen. Ein Qualitätsbewusstsein hat sich bei den meisten Traktorenbetreibern kaum ausgebildet. Die Landwirte vertrauen darauf, dass ihre Ölmühlen normgerechtes Rapsöl liefern.

Die Traktorenbetreiber sind eher bereit, eventuell häufigere Rapsölfilterwechsel in Kauf zu nehmen, als ein Qualitätsmanagement für das Rapsöl einzuführen. Aus Sicht der Landwirte ist das aus betriebswirtschaftlichen Gründen vernünftig, da der selbst durchgeführte Kraftstofffilterwechsel weniger kostet als die externe Qualitätskontrolle des gelieferten Rapsöls in Betriebsstofflaboren.

Wobei diese wirtschaftliche Abwägung der Landwirte nicht mal erkennbar war, da es keine erhöhten Kraftstofffilterwechsel bei den Traktorenbetreibern gab, die ihre Rapsöllieferungen nicht kontrollierten, **Bild 28**.

	Kontrolle der Rapsölqualität 14 Traktorenbetreiber		**keine Kontrolle der Rapsölqualität 62 Traktorenbetreiber**	
Kraftstofffilter-wechselintervall	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**
bis 200 h	1	7	8	13
> 200 h bis 300 h	3	21	10	16
> 300 bis 500 h	2	14	9	15
500 h	4	29	15	24
> 500 h bis 700 h	1	7	8	13
> 700 h bis 1000 h	3	21	3	5
> 1000 h	0	0	7	11
ohne Angabe	0	0	2	3

Bild 28: keine Abhängigkeit der Kraftstofffilterwechselintervalle von der fehlenden Kontrolle der Rapsölqualität

Es konnten unterschiedliche Betriebsmanagements der Traktorenbetreiber für die Festlegung zum Kraftstofffilterwechsel festgestellt werden:

1. Landwirte, die ein Rapsölqualitätsmanagement eingeführt haben, führen auch meist die Serviceintervalle entsprechend Herstellerwartungsplänen des DK-Betriebs durch.
2. Landwirte, die wenig Arbeit in das Rapsölqualitätsmanagement investieren und erst bei auftretenden Betriebsschwierigkeiten reagieren und den Kraftstofffilter wechseln.

Ebenfalls konnte bei der Auswertung der Interviews mit den Traktorenbetreibern kein Zusammenhang zwischen Prüfung der Rapsölqualität und Störanfälligkeit der Traktoren (**siehe Abschnitt 4.7**) festgestellt werden, siehe **Bild 29**.

	Kontrolle der Rapsölqualität 14 Traktorenbetreiber		**keine Kontrolle der Rapsölqualität 62 Traktorenbetreiber**	
Betriebsstörungen	**Anzahl**	**Prozent**	**Anzahl**	**Prozent**
keine Schäden	8	57	29	47
(Kolbenfresser, Schmierölpolymerisation)	2	14	6	10
Einspritzpumpen	3	21	15	24
Ventile	1	7	5	8
Kraftstoffförderpumpe	2	14	7	11
Einspritzdüsenreparatur	0	0	2	3
Wartung-Einspritzdüsenwechsel	8	57	25	40

Bild 29: keine Abhängigkeit der Betriebsstörungen von der fehlenden Kontrolle der Rapsölqualität

Ein weiteres Problem beim Rapsöleinsatz ist die ungenaue Bezeichnung der Rapsölbestellung der Landwirte. Es reicht nicht aus, allgemein Pflanzenöl zu bestellen da Pflanzenöl nicht der DIN V 51605:2006-07 für Rapsölkraftstoff entspricht und Palmöl und Sojaöl enthalten kann.

Beim Traktor 23 verursachte geliefertes Pflanzenöl (Sojaöl) einen Motorschaden mit Kolbenfresser (fährt seitdem DK), beim Traktor 39 führte das Fahren mit Sojaöl zur Schmierölpolymerisation mit Motorschaden (fährt seitdem mit 2-Tanksystem) und beim Traktor 106 mussten alle Kraftstoff führenden Leitungen nach einem Sojaöleinsatz gereinigt werden.

Die Bestellung von Rapsöl sollte darum unbedingt die Benennung **Rapsöl als Kraftstoff nach DIN V 51605:2006-07** enthalten, damit ist sie eindeutig definiert. Außerdem sollte ein Analysenprotokoll der letzten Rapsöluntersuchung angefordert werden.

Die Überprüfung der Rapsölqualität der Ölmühlen und der Qualität im Rapsöllager der Traktorenbetreiber lag nicht im Arbeitsumfang dieses Vorhabens, daher konnten keine weiterführenden Aussagen dazu getroffen werden.

Bild 30: Traktor 82, Deutz Agrotron 150, 1-Tanksystem, fährt im Winter DK größtes Problem: Lieferung von Sojaöl statt Rapsöl

Filterung des Rapsölkraftstoffes

Zur Filterung des Rapsölkraftstoffes müssen Vorfilter und Hauptfilter installiert und in die ständige Wartung mit einbezogen werde. Der Filterwechsel sollte vorbeugend durchgeführt werden. Hier hilft nur der Erfahrungsschatz des Landwirts mit dem gelieferten Rapsöl. Dadurch werden eine eventuelle Unterversorgung und ein Trockenlauf der Einspritzpumpe/n verhindert.

Folgende Kraftstofffilterwechselintervalle wurden bei den 76 Traktoren ermittelt, **Bild 31**:

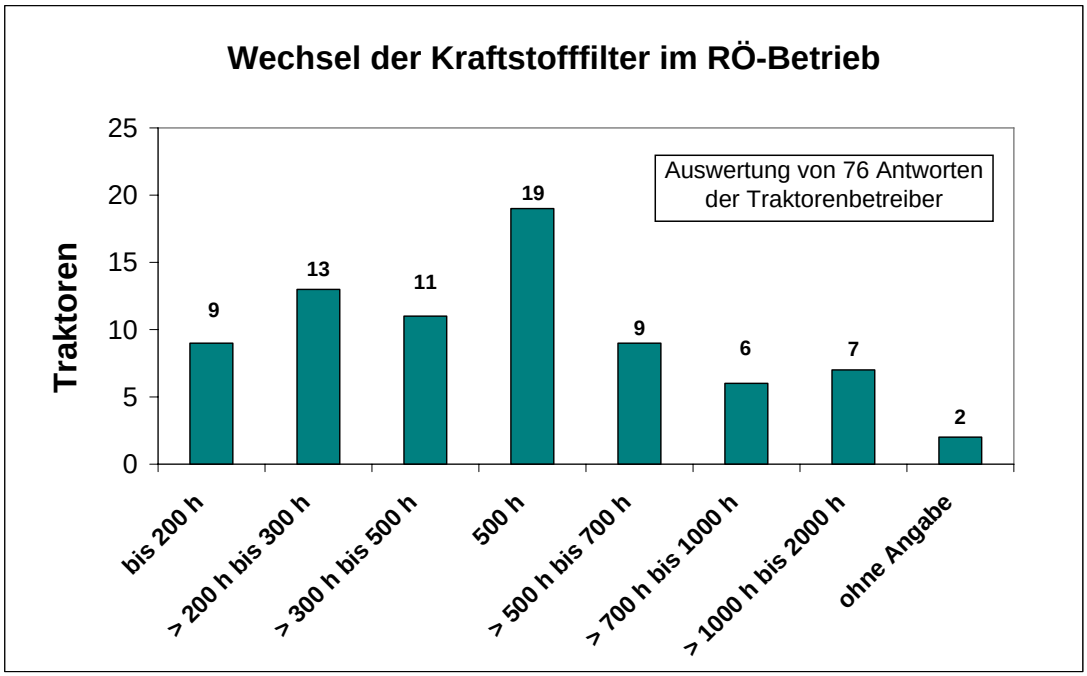

Bild 31: Übersicht der Kraftstofffilterwechsel aller 76 Traktoren

Erstaunlich ist, dass fast 1/3 der Landwirte ihre Kraftstofffilter erst nach über 500 h wechselten. Das bedeutet, dass oft nur einmal im Jahr, manchmal sogar nur alle 2 Jahre die Kraftstofffilter im Rapsölbetrieb gewechselt wurden, trotz kaum durchgeführter Qualitätskontrollen der Rapsöllieferungen.

Die im Feld anzutreffende Kraftstoffqualität ermöglicht nach den vorliegenden Auskünften der Traktorenbetreiber einen störungsfreien Motorbetrieb und ist damit scheinbar besser als vermutet.

(Zur Information: Der Wartungsplan von Traktormotoren im DK-Betrieb gibt in der Regel Kraftstofffilterwechselintervalle von 1000 h vor.)

Zusätzlich wurden folgende Zusammenhänge untersucht:

1. Die Kraftstofffilterwechselintervalle **Bild 32** und Motorölwechselintervalle **Bild 33** beim Einsatz von RÖ-Vollraffinat,:

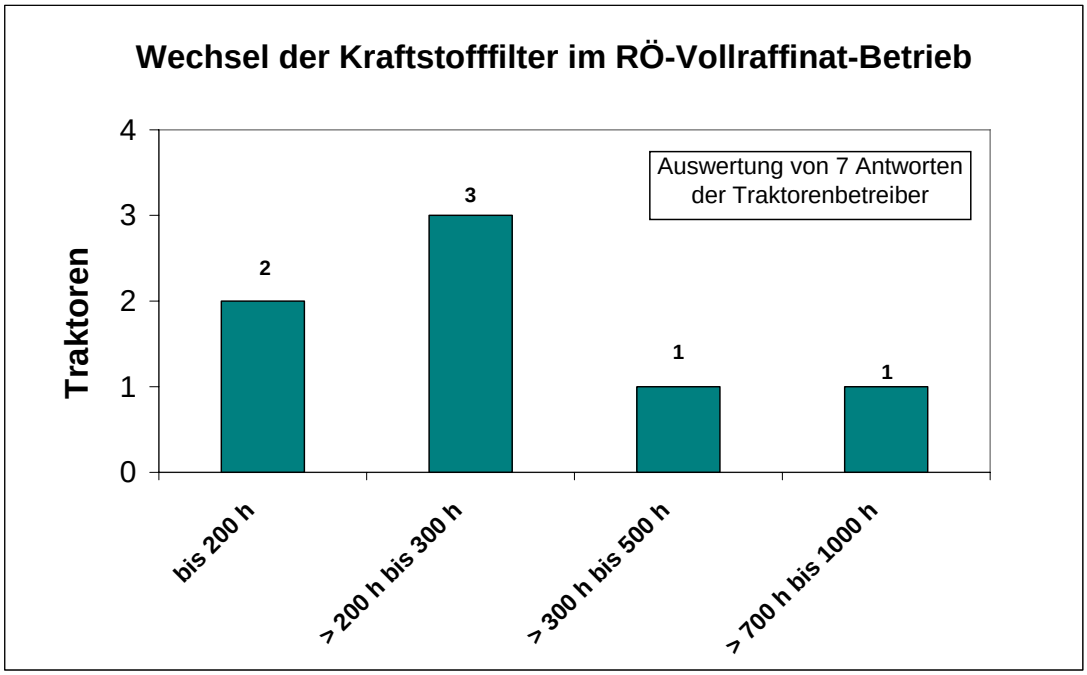

Bild 32: Übersicht der Kraftstofffilterwechsel bei Einsatz von RÖ-Vollraffinat

Gerade Traktorenbetreiber, die Rapsöl-Vollraffinat (also sehr hohe Reinheit des Rapsölkraftstoffes) in ihren Motoren verfahren, haben relativ kurze Kraftstofffilterwechselintervalle. Die Vermutung, dass die Kraftstofffilterwechsel zusammen mit den Motorölwechseln durchgeführt wurden, konnte sich nicht bestätigen, **Bild 33**.

	Kraftstofffilterwechsel-intervall	Motorölwechsel-intervall
Traktor	Stunden	Stunden
33	150 - 200	250
114	200	250
62	200 - 300	200
27	300	500
82	500 - 1000	250

Bild 33: Kraftstofffilterwechsel- und Motorölwechselintervalle bei Einsatz von RÖ-Vollraffinat

Es wird angenommen, dass diese Traktorenbetreiber prophylaktisch, ohne dass dies notwendig ist, den Kraftstofffilter wechseln, um auf jeden Fall Kraftstofffilter-verstopfungen zu vermeiden.

Damit konnte nicht nachgewiesen werden, dass der Einsatz des preisintensiveren Rapsölvollraffinats zu größeren Kraftstofffilterwechselintervallen führt. Die hohe Qualität des Rapsölkraftstoffes wurde nicht genutzt, um Kraftstofffilterwechselkosten zu sparen.

2. Die Kraftstofffilterwechselintervalle im Zusammenhang mit den Motorölwechsel-intervallen beim Einsatz von kaltgepresstem Rapsöl, **Bild 34**:

Anzahl der Traktoren	Rapsölfilter-wechselintervall	Motoröl-wechselintervall
21	bis 250 h	bis 250 h
26	bis 500 h	bis 250 h
1	öfter als MÖ-Wechsel	geringer als RÖ-Wechsel
19	geringer als MÖ-Wechsel	öfter als RÖ-Wechsel

Bild 34: Übersicht der Kraftstofffilter- und Motorölwechsel von 67 Traktoren

31 % aller Traktorenbetreiber wechseln zusammen mit den Kraftstofffiltern ebenfalls das Schmieröl und die Schmierölfilter ihrer Traktoren. Ein Zusammenhang lässt sich nicht deutlich erkennen.

3. Keine Zusammenhänge wurden festgestellt zwischen Kraftstofffilterwechsel-intervallen und:

- Rapsöl von Eigenpresser oder Ölmühle
- Qualitätskontrolle der Rapsöllieferungen
- Umrüstkonzept, ob 1-Tank- oder 2-Tanksystem
- Betriebsstunden des Traktormotors im Rapsölbetrieb
- Traktorentyp/Motortyp

4.5 Auswertung des Fragenkomplexes zum Schmieröleinsatz

Welches Schmieröl wird in Ihrem Motor eingesetzt?
Wie groß ist das Ölwechselintervall?
Überwachen Sie regelmäßig den Stand des Schmieröles im Motor?

In Verbindung mit sehr hohen Rapsölgehalten und motorischen Störungen kann es zu einem sprunghaften Viskositätsanstieg des Schmieröls kommen. Eine derartige Eindickung des Motoröls bis hin zu einer teerartigen Konsistenz birgt die Gefahr schwerer Motorschäden (**Abschnitt 4.7** zu Betriebsstörungen) und muss unbedingt frühzeitig erkannt werden.

Das Betriebsstofflabor gab Empfehlung aus über 1960 Schmieröluntersuchungen während des 100 Traktorenprogramms für die Kontrolle der Schmierölqualität im Betrieb mit Rapsöl, da **bei allen am 100 Traktorenprojekt beteiligten Motoren ein Rapsöleintrag** zu messen war.

Bei Überschreitung folgender Grenzwerte muss nach derzeitigem Stand der Wissenschaft ein Ölwechsel erfolgen:

- **Russgehalt**
  Der Russgehalt sollte maximal 3 Masse-% betragen.
- **TBN (T**otal **B**ase **N**umber**)**
  Die Verringerung der TBN darf maximal 50% der Frischölbasenzahl betragen.
- **Viskosität**
  Die Änderung der Viskosität bei 100°C darf maximal eine SAE Klasse betragen.
- **Rapsölgehalt**

  Normentwurf vom 21.05.2007 „Bestimmung des Pflanzenölanteils in gebrauchten Dieselmotorenölen“ mittels Infrarotspektrometrischem Verfahren.

  Der Rapsölgehalt sollte maximal 10 % (m/m) betragen.

Stoffwertbezeichnung	Maßeinheit	Prüfmethode
Russgehalt	% (m/m)	DIN 51452
TBN	mg KOH/g	ISO 3771
Kinematische Viskosität	mm^2/s	DIN EN ISO 3104
Rapsölgehalt	% (m/m)	Normentwurf vom 21.05.2007

Bild 35: Analysenverfahren zur Bestimmung der Schmierölparameter

Wurden die Empfehlung für die Kontrolle der Schmierölqualität umgesetzt?

1. Ölstand täglich peilen

Jeden Morgen vor Beginn der täglichen Arbeit sollte der Ölstand im Motorölumlauf bei gleicher Park-Position des Traktors gemessen werden.

Die 76 Traktorenbetreiber kontrollierten den Schmierölstand im Motor folgendermaßen:

- 68 ja, regelmäßig
- 2 ja, alle 20 bis 50 h
- 3 hin und wieder, nicht so richtig, vielleicht einmal die Woche
- 1 nein
- 2 ohne Angabe

Über 92 % aller Traktorenbetreiber sind sich der Wichtigkeit der Motorölkontrolle bewusst (Gefahr der Schmierölpolymerisation). So fährt inzwischen ein Traktorenbetreiber, der „nicht so richtig kontrollierte“ und alle 125 h das Motoröl wechselte, seit Oktober 2007 wieder mit DK.

2. Einsatz eines Öltesters

Mit einem Öltester wird die Dielektrizitätskonstante des Öles gemessen. Es kann mit diesem sowohl der Grad der Verschmutzung als auch die Höhe des Rapsöleintrages ins Motorumlauföl zuverlässig angezeigt werden.
Der Einsatz eines Öltesters wurde von keinem der 76 Traktorenbetreiber bestätigt.

3. Auswahl der Motorölsorte beachten

Die Erfahrungen aus den häufigen Motorölsortenwechseln während des 100 Traktorenprogramms bis Ende 2005 zeigten, dass häufiges Wechseln der Motorölsorte, das Einschätzen des Motorölzustandes für Schmierölwechsel beim Traktormotor im Rapsölbetrieb erschwert.

Folgende Motorölsorten mit SAE-Klassen wurden in den 76 Motoren eingesetzt, **Bild 36**.

Anzahl der Motoröle	SAE Klasse
49 davon 1 im Winter davon 3 im Sommer	15W-40 5W-40 5W-40, Planto Super 2000
23 davon 1 davon 2 im Winter	10W-40 10W-40, Plantogel 10W-30
2	5W-40
2	unbekannt

Bild 36: Verteilung der eingesetzten Schmieröle auf die einzelnen SAE-Klassen

Die überwiegende Mehrheit der Traktorenbetreiber setzte preiswerte mineralische Motorschmieröle in ihren Traktoren ein, die vom Hersteller zugelassen sind. Nur wenige Traktorenbetreiber benutzten hochwertige Motorenöle bzw. Pflanzenölmotorenöle der SAE-Klasse 5W-40.

Während zu Beginn des 100 Traktorenprogramms oft aus Kostengründen das Motoröl gewechselt wurde, traten in den letzten drei Jahren kaum Wechsel der Motorölsorten auf. Es wurden jeweils die Motoröle eingesetzt, die sich erfolgreich bewährt hatten.

4. Motorölwechselintervalle einhalten

Die mittleren Motorölwechselintervalle aller 76 Traktoren bis Ende 2008 sind im **Bild 37** dargestellt.

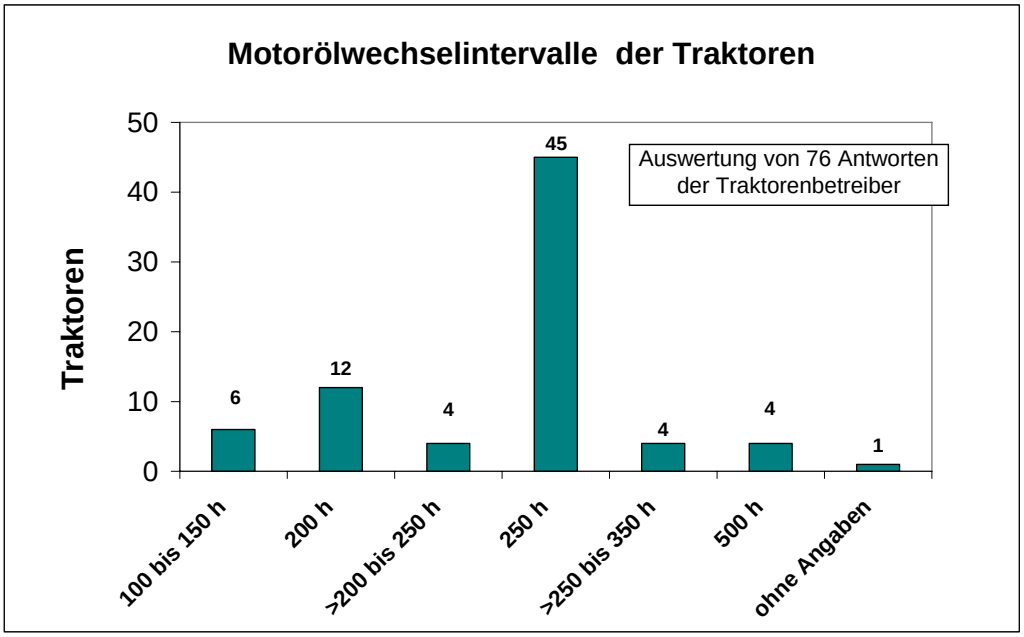

Bild 37: Übersicht der Motorölwechselintervalle der 76 Traktoren

Fast alle Landwirte halten sich an die im 100 Traktorenprogramm und anderen Quellen gegebene Empfehlung, die Motorölwechselintervalle des DK-Betriebs von 500 Stunden auf 250 Stunden zu halbieren. Ein Landwirt gab an, die Ölwechselintervalle im Winter nochmals zu halbieren auf 125 Stunden.

Bild 38: Traktor 94: John Deere 6820, 1-Tanksystem, 1.920 Bh Rapsölbetrieb fährt immer mit reinem RÖ, keine Probleme

Die mittleren Ölwechselintervalle der einzelnen Traktorenhersteller während des 100 Traktorenprogramms bis Ende 2005 und während dieses Projektes bis Ende 2008 sind in **Bild 39 und Bild 40** dargestellt.

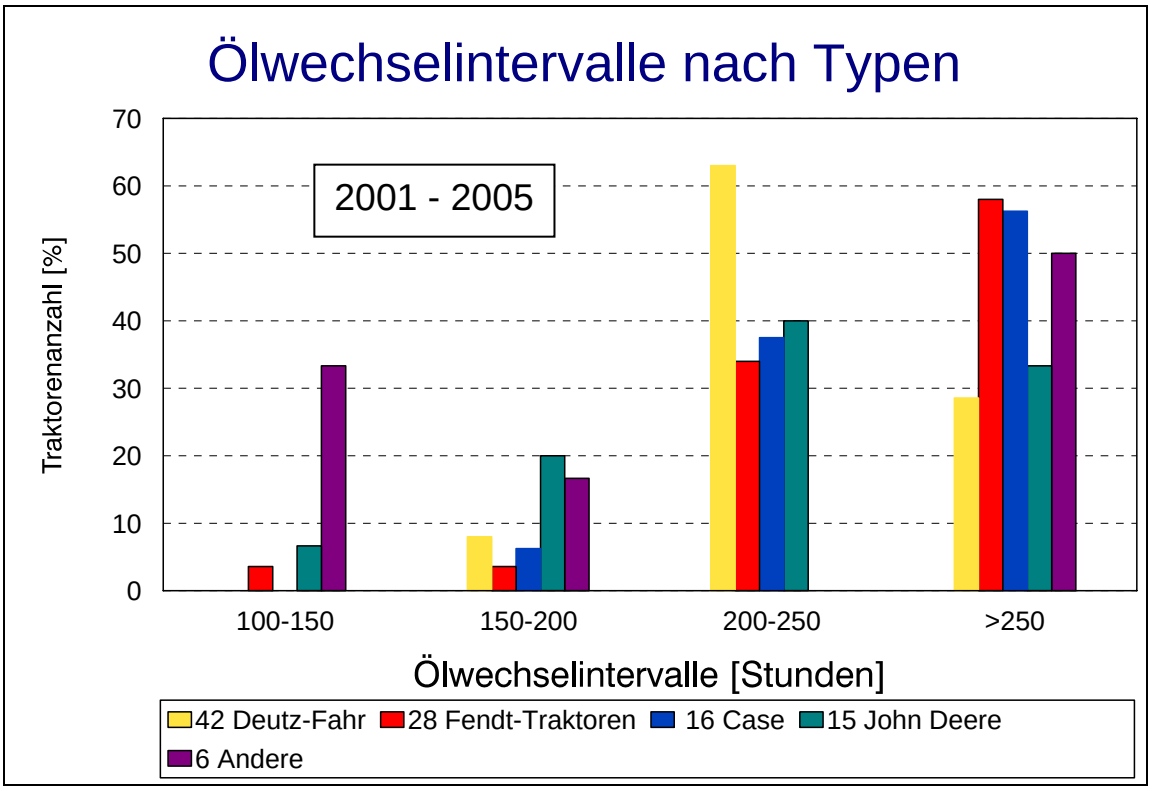

Bild 39: Übersicht der Motorölwechselintervalle der einzelnen Traktortypen Ende 2005

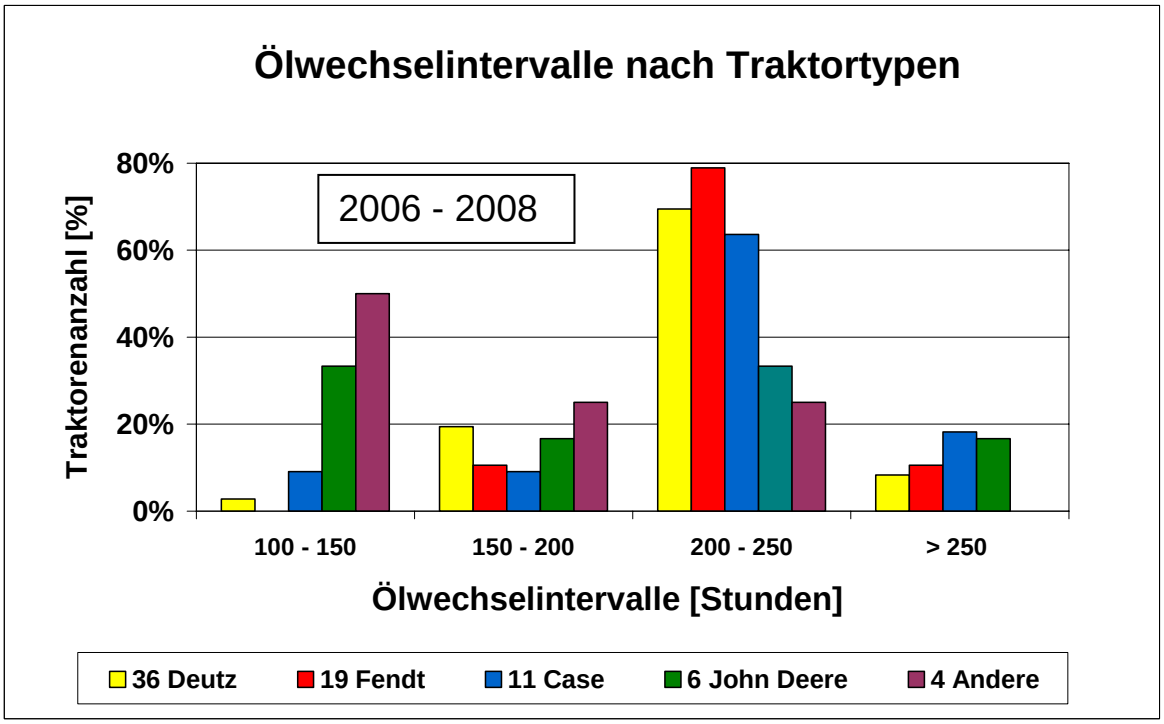

Bild 40: Übersicht der Motorölwechselintervalle der einzelnen Traktortypen Ende 2008

In dem Zeitraum 2001 bis 2005 wurden die Motorölqualitäten regelmäßig von der Universität Rostock erfasst, wodurch die Landwirte in der Lage waren, mit längeren Ölwechselintervallen zu arbeiten, **Bild 39**.

Ab Januar 2006 wurde die Motorölqualität der Traktoren nicht mehr für den Betreiber kostenlos von der Universität Rostock überprüft. Da die Kosten für Motorölanalysen und Anlieferung in einem Betriebsstofflabor höher als ein Motorölwechsel sind, halten sich die Traktorenbetreiber meistens an die Empfehlung der Universität Rostock und des TFZ Straubing, Motorölwechselintervalle des DK-Betriebs zu halbieren bzw. die aus den Jahren 2001 bis 2005 herausgearbeiteten optimalen Intervalle einzuhalten, **Bild 40**.

Bild 41: Traktor 113: Deutz Agrotron 120, 1-Tanksystem, 1765 Bh fährt RÖ und Vollraffinat, ohne Probleme

4.6 Auswertung des Fragenkomplexes zum Leistungsverhalten der Traktoren

Bringt der Traktor nach Ihrer subjektiven Wahrnehmung noch die gleiche Leistung?

Reicht nach Ihrer subjektiven Wahrnehmung die momentane Leistung des Schleppers aus?

Für welche Arbeiten wird der Schlepper vorrangig eingesetzt?

Hat der Traktor nach Ihrer Meinung eine stärkere Abnutzung durch den Rapsölbetrieb erfahren?

65 (86 %) der 76 Traktorenbetreiber bestätigten nach weiteren drei Jahren Rapsölbetrieb ohne Einschränkungen, dass der Traktor immer noch die gleiche Leistung hat, **Bild 42**.

Diese Antwort ist sehr subjektiv, da an der Umfrage große Rapsölenthusiasten teilnahmen, die sich mit den Besonderheiten des Rapsölkraftstoffes arrangiert haben. Denn während des 100 Traktorenprogramms wurden immer wieder objektive (durch Leistungsmessungen der Universität Rostock) und auch subjektive (durch die Landwirte) Leistungsmängel im Rapsölbetrieb festgestellt, so dass es zu Nachbesserungen der Umrüstkonzepte durch die Umrüster kam.

Es gab Unterschiede im Leistungsverhalten der Traktoren nach Herstellern ausgewertet, **Bild 42.**

Deutz Traktoren wurden sehr oft vom Umrüster VWP umgerüstet, der mit Modifizierungen an der Software der Motorsteuergeräte die Leistungsprobleme löste.

6 der 11 Case Traktoren wurden vom Umrüster Gruber auf das 2-Tanksystem umgerüstet, so dass die Motoren immer wieder mit DK gefahren wurde. Es ist nicht auszuschließen, dass bei leistungsstärkeren Arbeiten der Landwirt den Motor von RÖ- auf DK-Betrieb umstellt.

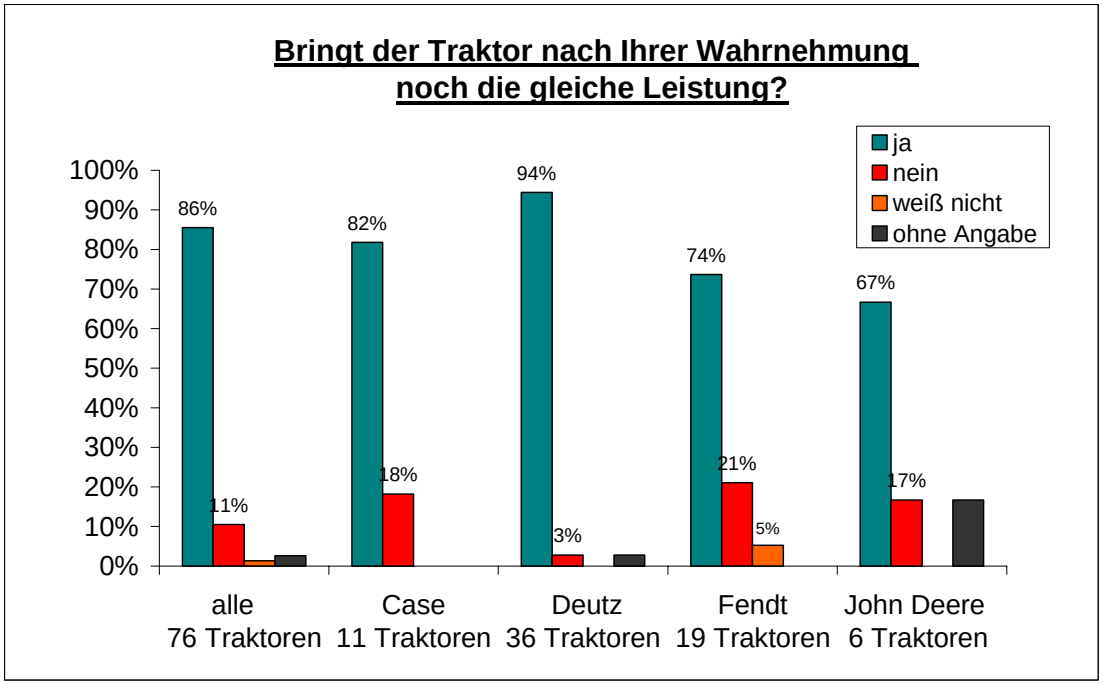

Bild 42: Subjektive Wahrnehmung der Traktorenleistungen nach Hersteller aufgeschlüsselt

Beim direkten Vergleich der Umrüstkonzepte 1-Tanksystem und 2-Tanksystem ist kein Unterschied bei der subjektiven Wahrnehmung der Traktorenleistung festzustellen, **Bild 43**.

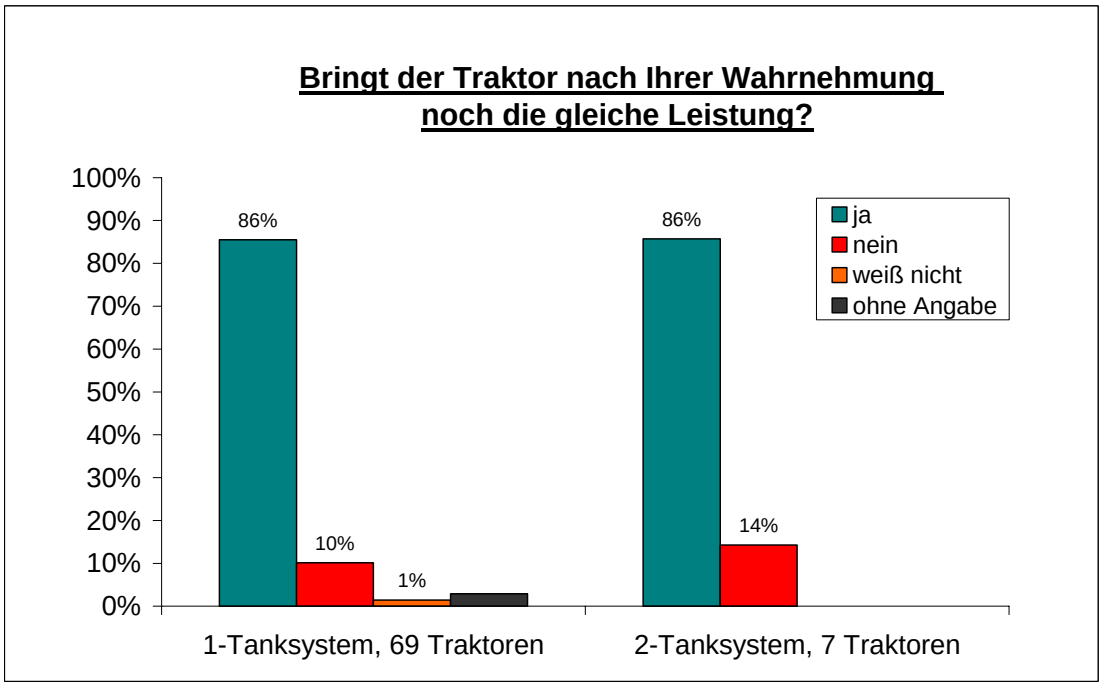

Bild 43: Subjektive Wahrnehmung der Traktorenleistungen nach RÖ-Umrüstkonzept

Obwohl schon 65 von 76 Traktorenbetreibern die Leistung ihrer Traktoren als gleich bleibend einschätzten, reichten 69 von 76 Traktorenbetreibern die Leistungen ihrer Schlepper aus, **Bild 44**.

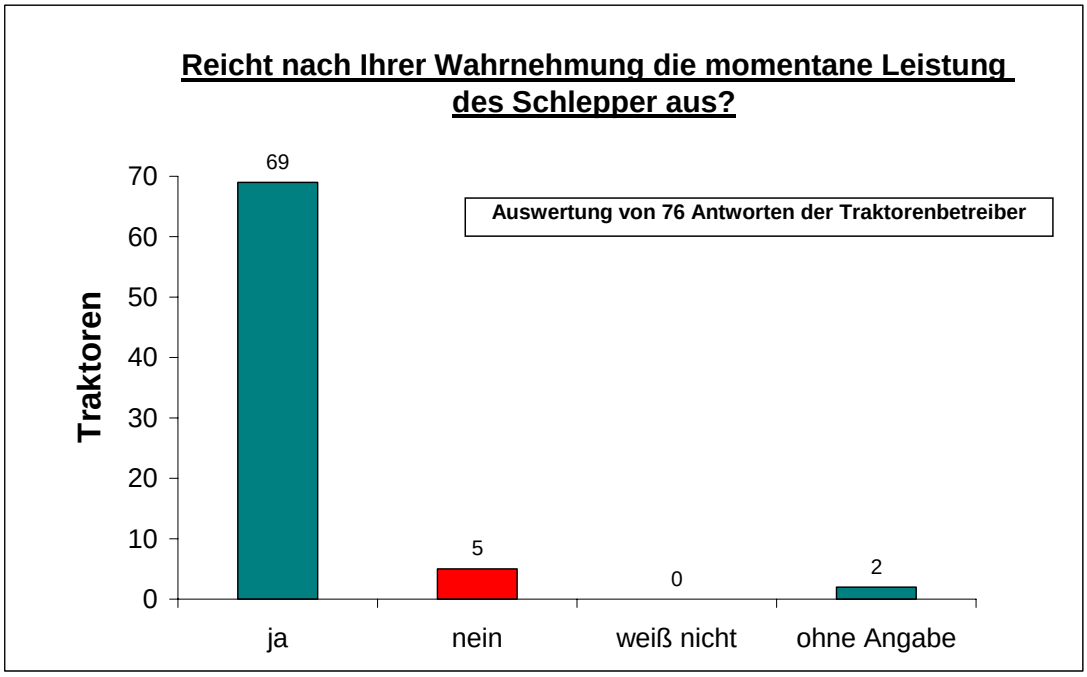

Bild 44: Subjektive Wahrnehmung der Traktorenleistungen im RÖ-Betrieb

Über 90 % der Traktorenbetreiber reichte die Leistung ihrer Traktoren aus.

Nur fünf Landwirte waren mit der Leistung unzufrieden. Von ihnen fahren inzwischen:

- 2 Traktoren	mit DK
- 1 Traktor	Umrüstung auf 2-Tanksystem
- 2 Traktoren	verkauft, wegen vieler Reparaturen
	verkauft, wegen Neuinvestition (fährt mit DK)

Die 76 Schlepper wurden für folgende Arbeiten in der Landwirtschaft eingesetzt:

- 57 Traktoren: schwere Ackerarbeiten, alle Transportarbeiten, Düngerarbeiten, Arbeiten mit Seilwinde u. a.
- 6 Traktoren: mittelschwere Ackerarbeiten, alle Transportarbeiten, Frontladerarbeiten u. a.
- 4 Traktoren: leichte Ackerarbeiten, wie Grünlandarbeiten, Kreiselegge und alle Transportarbeiten, u. a.
- 7 Traktoren: mittelschwere Transportarbeiten, wie Holzrücken und leichte Arbeiten, wie Stallarbeiten, Frontladerarbeiten
- 2 Traktoren: alle Arbeiten, die anfallen
- 2 Traktoren: ohne Angaben

Über 80 % der Rapsöltraktoren werden für die schweren Ackerarbeiten eingesetzt, das Einsatzgebiet, das für den Rapsölbetrieb bestens geeignet ist. Die Landwirte halten sich damit an den Stand der Technik (Erkenntnis der Universität Rostock aus dem 100 Traktorenprogramm [1]), die Schlepper nicht für häufigen Kurzzeitbetrieb und leichte Arbeiten einzusetzen.

Bild 45: Traktor 25: Deutz-Fahr Agrotron 105, 1-Tanksystem, 1.500 Bh Rapsölbetrieb fährt seit 2007 mit 70% RÖ/30% DK Mischung
Grund: Ventilabriss

Interessant war die Aussage der Traktorenbetreiber zur stärkeren Abnutzung ihrer Schlepper durch den Einsatz von Rapsöl.
Für durchschnittlich 74 % der Landwirte war der Rapsölbetrieb kein Grund einer stärkeren Abnutzung/Wertminderung ihrer Schlepper, **Bild 46.** Hier spielt die positive Einstellung der Landwirte zum Rapsöleinsatz eine ausschlaggebende Rolle.

2 von 6 John Deere Traktoren haben nach Meinung ihrer Besitzer eine stärkere Abnutzung erfahren, was in den Einspritzpumpenproblemen mit der Bosch VP44 begründet sein kann (seit 2003 wird keine VP44 mehr in Traktormotoren verbaut).

4 von 11 Case Traktorenbetreibern halten ihren Schlepper für stärker abgenutzt. Erstaunlich ist, dass 3 Betreiber der 7 Case Traktoren mit 2-Tanksystem, ein starkes Abnutzungsempfinden haben. Dadurch sind auch die hohen 43 % der empfundenen Abnutzung der Traktoren mit 2-Tanksystem gegenüber allen anderen Traktoren mit dem 1-Tanksystem zu erklären, **Bild 47.**
Die Ursache hierfür kann in dem niedrigerem Marktpreis für auf Rapsöl umgerüstete Traktoren liegen, die Landwirten, die ihre Traktoren regelmäßig verkaufen wollen, sehr wohl bewusst ist.

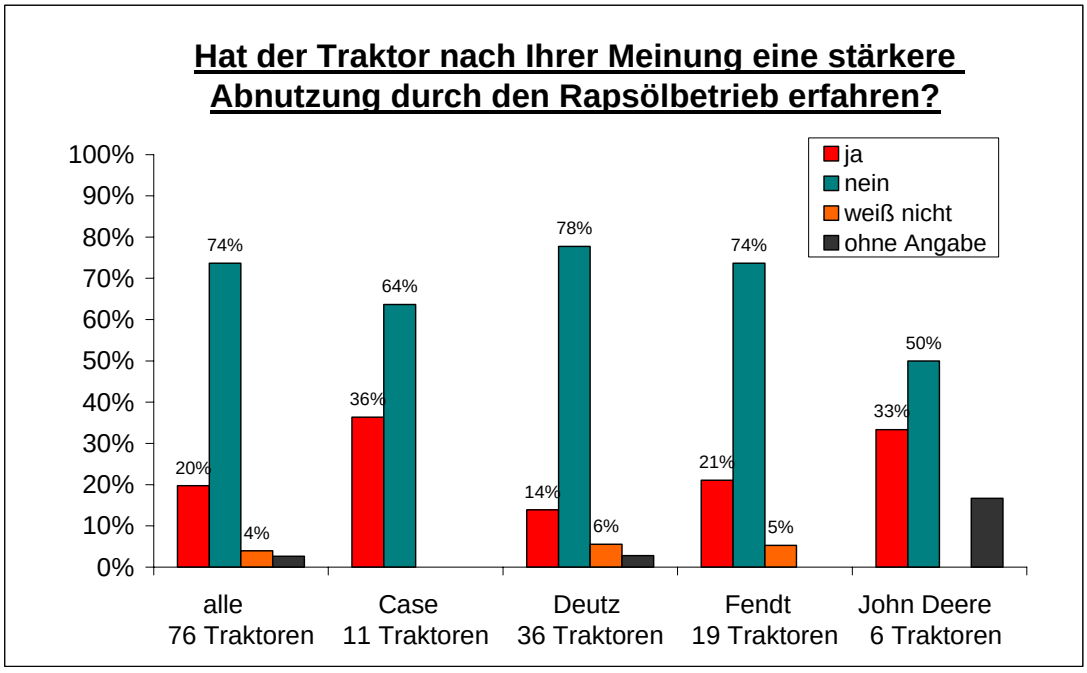

Bild 46: Empfindung der Traktorenabnutzung durch RÖ nach Herstellertypen analysiert

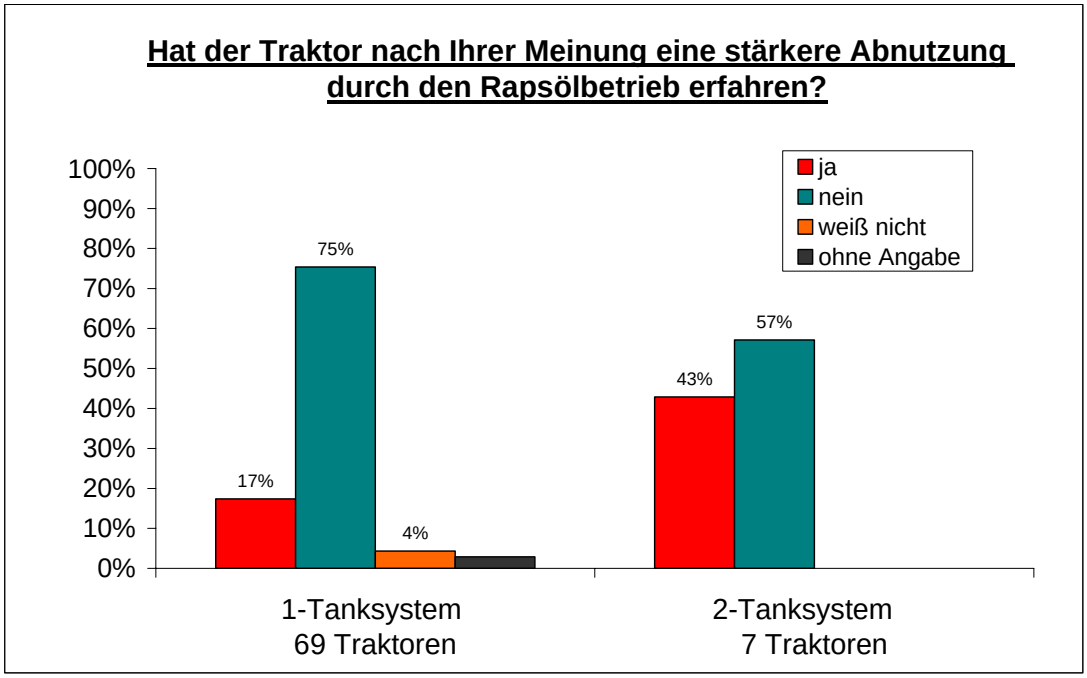

Bild 47: Empfindung der Traktorenabnutzung durch RÖ nach Umrüstkonzept analysiert

Bild 48: Traktor 42: Case 9094, 1-Tanksystem, 4.030 Bh,
fährt kaltgepresstes Rapsöl, 1- bis 2-mal im Jahr DK,
keine größeren Probleme, nur Vorwärmung im Winter

4.7 Auswertung des Fragenkomplexes zum Störungsverhalten der Traktoren

Welche Reparaturen wurden seit 2005 ausgeführt?

Welche Werkstatt hat diese Reparaturen ausgeführt?

Dürfen wir Ihre Werkstatt zu den Reparaturarbeiten befragen?

Wurde der Motor schon einmal zur Inspektion geöffnet?

Ist eine regelmäßige Reinigung der Gaskanäle notwendig gewesen?

Wann wurden die Einspritzdüsen gewechselt?

Traten Probleme mit den Einspritzpumpen auf?

Ein Ziel dieses Projektvorhabens war die Erfassung der Betriebsstörungen in den letzten drei Jahren. Damit verbunden war die Fragestellung, ob die während der Projektlaufzeit des „100 Traktorenprogramms“ betriebenen Traktoren auch weiterhin wirtschaftlich, d.h. ohne hohe Reparaturkosten, die auf den Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff zurückzuführen waren, arbeiten konnten.
Durch die Interviews wurden Informationen über die Reparaturen der Traktoren nach Erinnerung der Traktorenbetreiber erhalten, die teilweise in den betreuenden Werkstätten hinterfragt wurden.

Die Reparaturen der Schäden an den Traktoren wurden:

- Selber durchgeführt: 7 Traktorenbetreiber
- In der Werkstatt durchgeführt: 67 Traktorenbetreiber
- Ohne Angaben: 2 Traktorenbetreiber

74 der 76 Traktorenbetreiber stimmten zu, ihre Werkstätten zu den Reparaturarbeiten ihrer Schlepper zu befragen

Es konnten umfangreiche Daten und Fakten zusammengetragen, ausgewertet und nachfolgend dargestellt werden. Nicht immer ließen sich alle offenen Punkte klären, da sich die Traktorenbetreiber nicht genau erinnerten und die Werkstätten Zeitprobleme für Reparaturrecherchen hatten.

Die erfassten rapsölbedingten Betriebsstörungen der Traktoren von Anfang 2006 bis 2008 zeigt **Bild 49.**

Der Einspritzdüsenwechsel, als vorbeugende Instandhaltungsmaßnahme für den Motor im Rapsölbetrieb, wurden in die Auswertung der Störungen nicht mit einbezogen (außer Reparaturen), sondern erfolgt gesondert in den **Bildern 61 bis 66**.

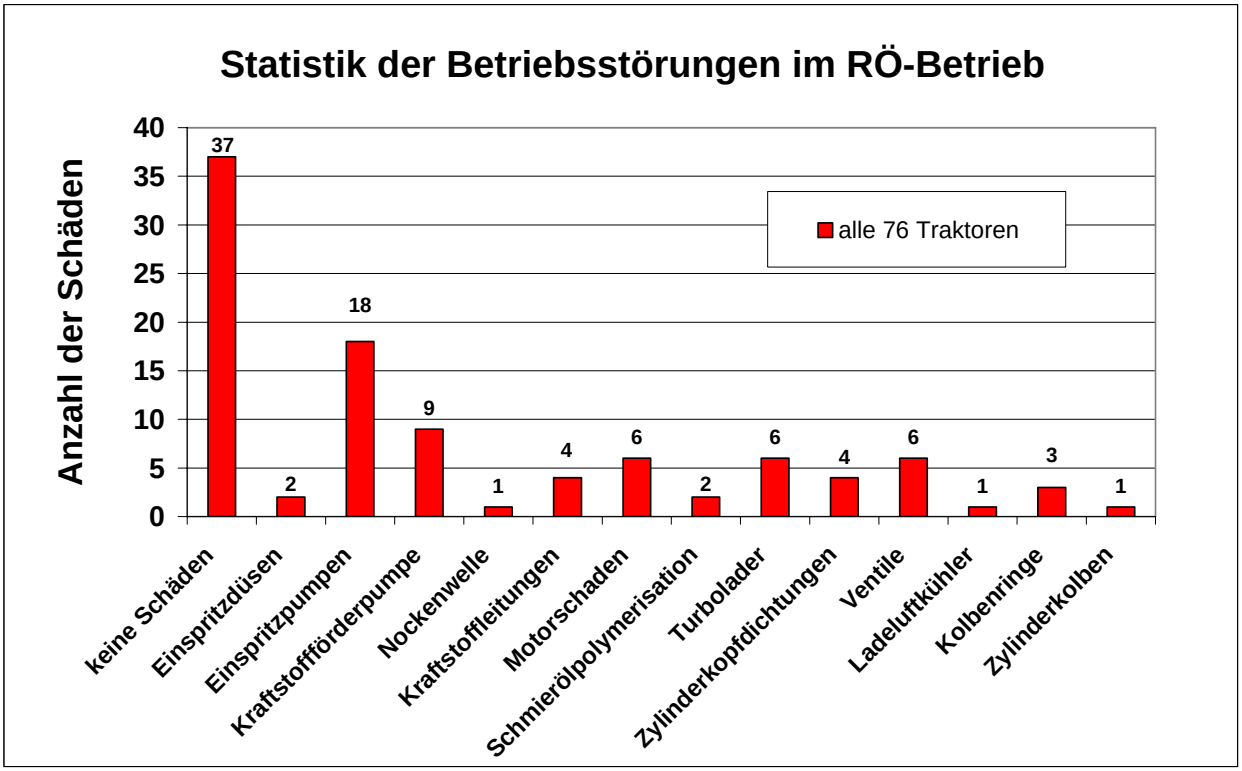

Bild 49: Erfassung aller Betriebsstörungen im Rapsöleinsatz von 2006 bis 2008

Nach sieben bis acht Jahren Rapsölbetrieb fuhren 37 (49 %) der 76 Traktoren immer noch ohne rapsölbedingte Schäden. Wobei einige Betriebsstörungen sehr selten vorkamen und vom Traktorbetreiber nicht schwerwiegend bewertet wurden.

Während die aus dem 100 Traktorenprogramm bekannten Leistungsprobleme und Störungen im Kraftstoffsystem in den Jahren 2006 bis 2008 kaum auftraten, wurden die meisten Störungen von den Einspritzpumpen verursacht. Den Vergleich der Jahre 2001 bis 2005 zu den Jahren 2006 bis 2008 zeigen die **Bilder 50 und 51**.

Damit setzte sich der Trend aus dem 100 Traktorenprogramm fort, dass die Probleme mit den Einspritzpumpen im Rapsölbetrieb nicht umfassend gelöst sind, weitere Auswertungen siehe **Bild 58 und 59**.

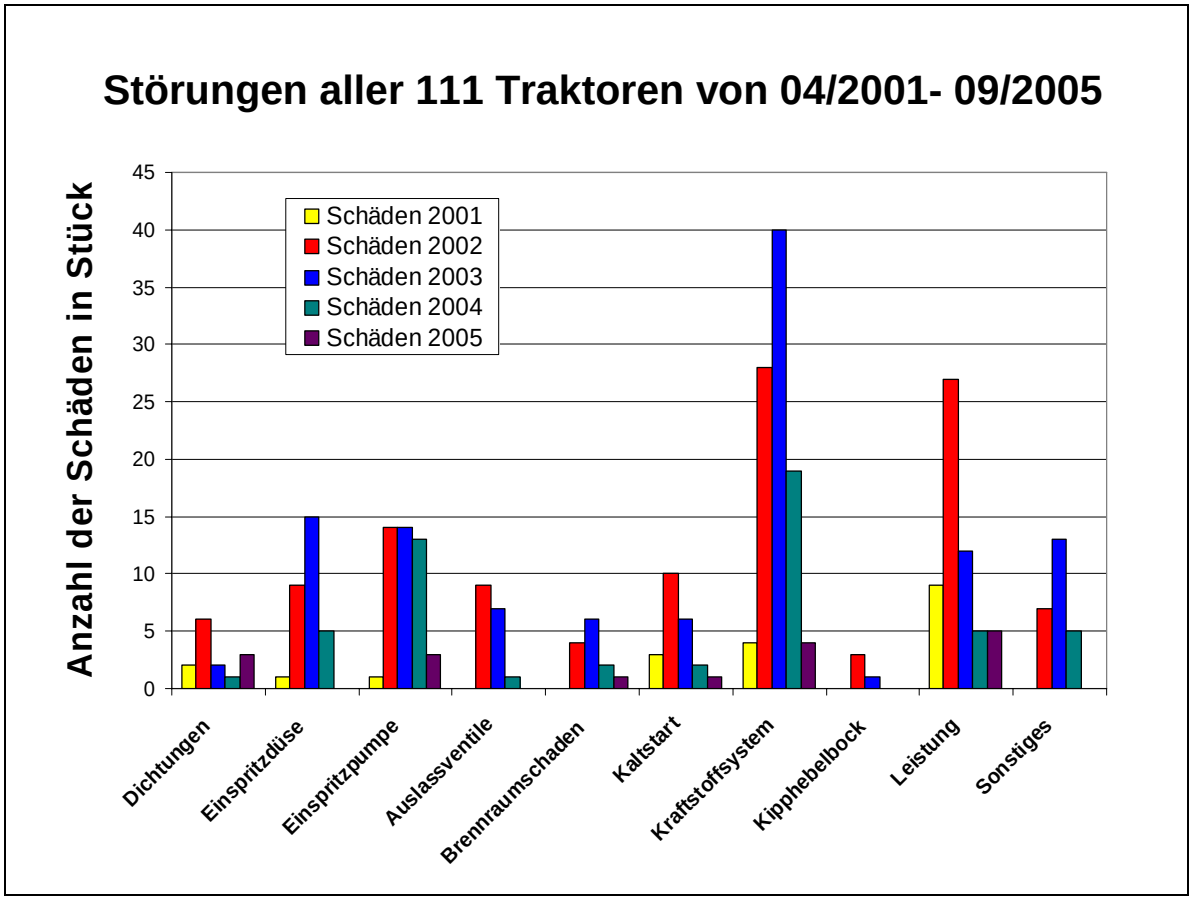

Bild 50: Erfassung aller Betriebsstörungen im Rapsölbetrieb von 2001 bis 2005

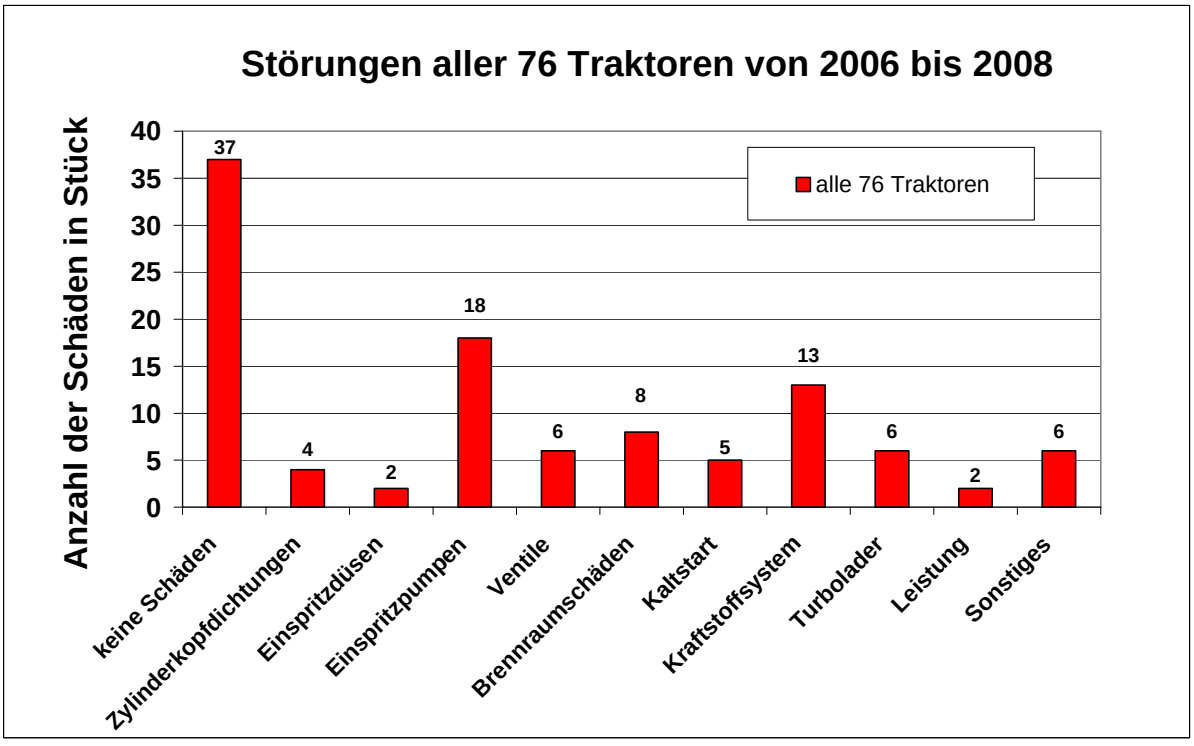

Bild 51: Erfassung aller Betriebsstörungen im Rapsölbetrieb von 2006 bis 2008

Es kam zu Einzelschäden bei Traktoren in den letzten drei Jahren, die auch im DK-Betrieb zufällig hätten auftreten können, wie:

- Loch im Zylinderkolben nach ca. 7500 Bh bei einem Fendt Farmer 412
- Nockenwelle (1 Nocken) abgenutzt nach ca. 3500 Bh bei einem Fendt Favorit 716

sowie einzelnen rapsölbedingten Schäden, wie:

- 1 Ladeluftkühler innen verklebt mit Rapsölablagerungen nach ca. 4500 Bh bei einem Fendt Vario 818
- 2x 2 Einspritzdüsen defekt nach: ca. 1500 Bh bei einem John Deere 6920
  ca. 5100 Bh bei einem Fendt Favorit 716

und rapsöltypischen Störungen, wie:

- defekte Kraftstoffleitungen bei vier Landwirten
  - Die Kraftstoffschläuche mussten häufiger gewechselt werden, da das Rapsöl die Gummileitungen zersetzte (3x).
  - Der komplette Kraftstoffstrang musste gereinigt werden, da der Landwirt nicht normgerechtes Rapsöl fuhr. Die Lieferung enthielt Sojaöl, was zu spät bemerkt wurde.

Den zeitlichen Bezug des Auftretens der Betriebsstörungen stellt das nachfolgende **Bild 52** dar, wobei die Einspritzdüsenwechsel, die Einspritzpumpenstörungen und die Probleme mit den Kraftstoffleitungen nicht enthalten sind.

Die Auswertung der Einspritzdüsen erfolgt gesondert in den **Bildern 61 bis 66** und die Auswertung der Einspritzpumpen in den **Bildern 58 und 59**.
Die Probleme mit den Kraftstoffleitungen lassen sind nicht zeitlich zuordnen.

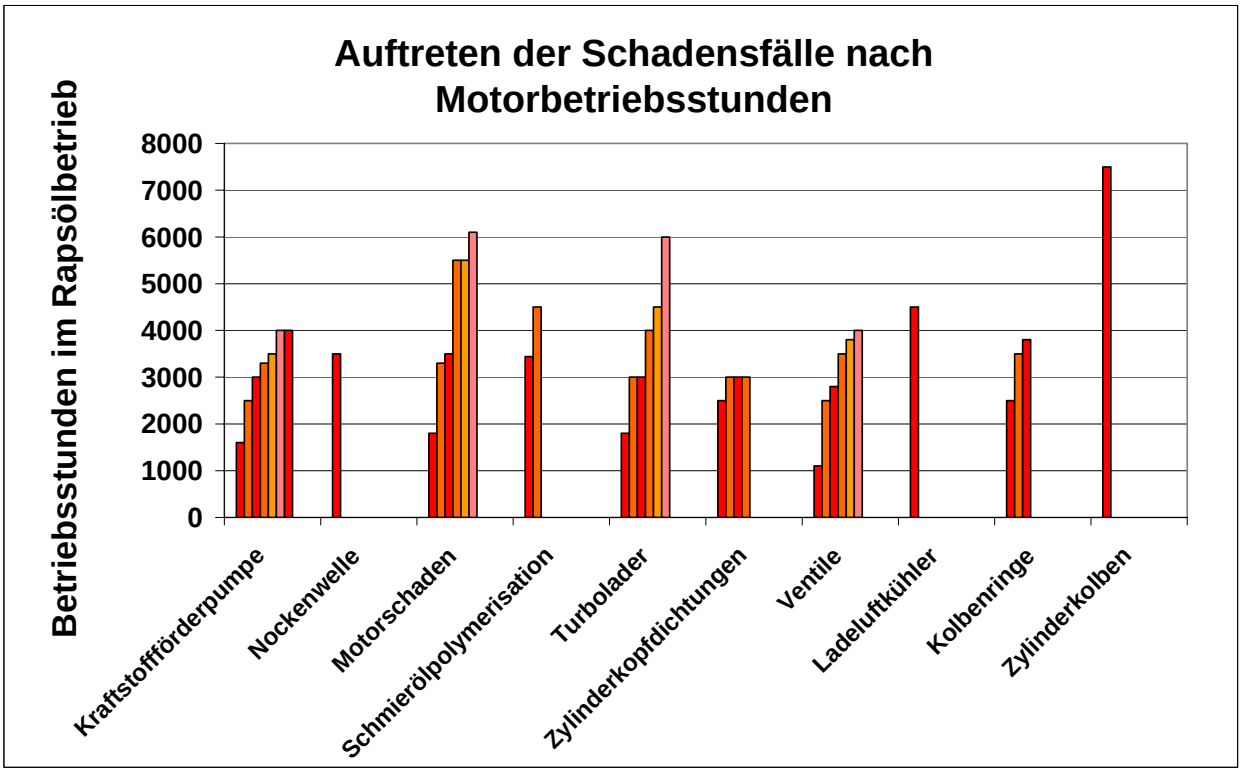

Bild 52: Zeitliche Erfassung der Störungen nach Motorbetriebsstunden im Rapsölbetrieb

Deutlich zu erkennen ist, dass mit längerem Rapsöleinsatz die Schadenshäufigkeit bei den Traktoren zunimmt. Hier muss unbedingt beachtet werden, dass erst 37 von 76 Traktormotoren (48 %) die 4000 Betriebsstunden im Rapsölbetrieb erreicht haben.

5000 Betriebsstunden schafften erst 22 Traktoren (29 %):

5 Deutz Traktoren

9 Fendt Traktoren

6 Case Traktoren

1 Claas Challenger Raupe

1 Welte Traktor

Auch im DK-Betrieb steigt die Schadenshäufigkeit mit Zunahme der Betriebsstunden der Traktoren an.

Die Betriebsstörungen wurden auf die einzelnen Traktorenhersteller aufgeschlüsselt und sind im **Bild 53** dargestellt. Sie unterscheiden sich folgendermaßen:

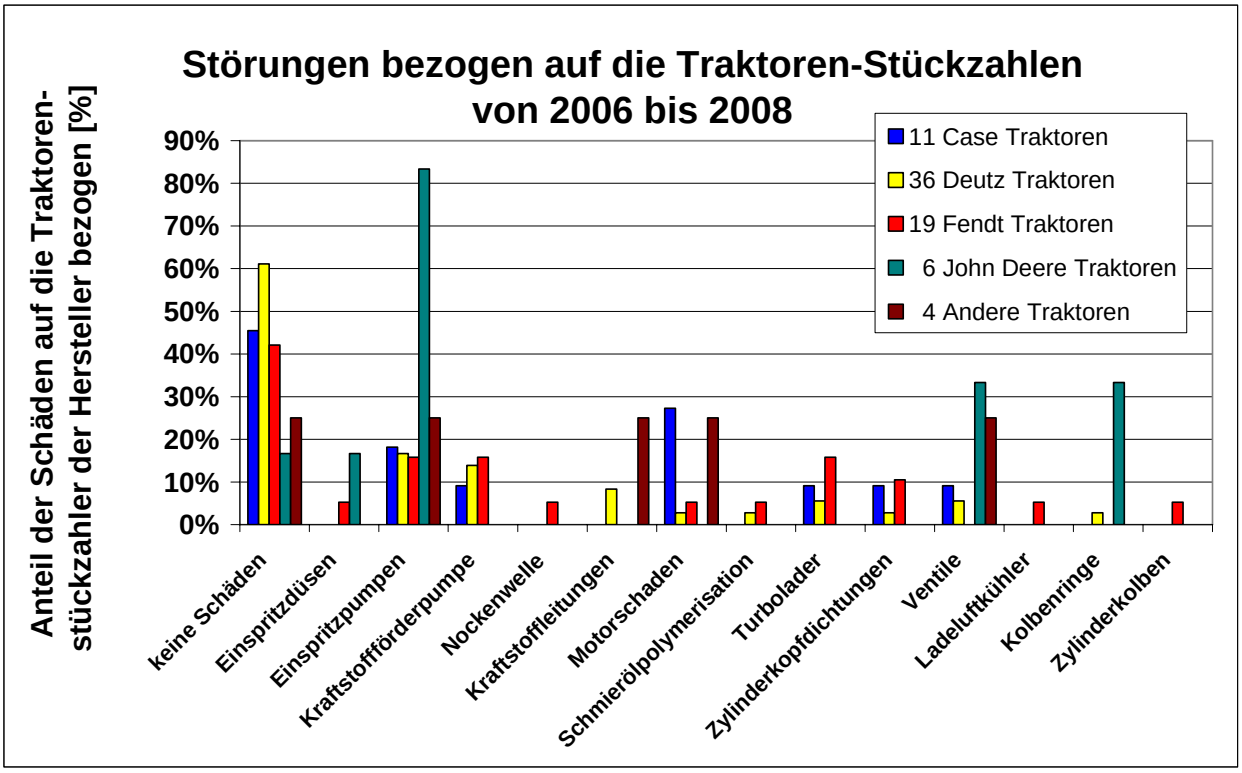

Bild 53: Erfassung aller Betriebsstörungen von 2006 bis 2008 auf die Traktorenhersteller bezogen

Die Einteilung nach Traktorenherstellern dient in den nachfolgenden Aufstellungen nur als Ordnungsmerkmal. Die Traktorenhersteller hatten keinen Einfluss auf die Umrüstungen und den Einsatz ihrer Traktoren. Dementsprechend sind sie in keiner Weise für auftretende Schäden und Störungen verantwortlich. Diese Verantwortung liegt bei den Umrüstern.

11 umgerüstete Case Traktoren

5 der 11 umgerüsteten Case Traktoren (45 %) hatten keine Schäden.
Ansonsten gab es bei den Case Traktoren Einspritzpumpenprobleme.

Traktor 5 hatte zwei Motorschäden in 9000 Stunden Rapsölbetrieb. Obwohl sich das Umrüstkonzept des Umrüsters TCB Bastorf schon während des 100 Traktoren-programms als ungeeignet erwies, ist der Traktorenbetreiber weiter mit Rapsöl gefahren.

8 der 11 Traktoren (73 %) erreichten über 4000 - 9000 Betriebsstunden im Rapsölbetrieb., dies sind 22 % aller am Projekt beteiligten Traktoren ab 4000 Stunden Rapsölbetrieb.
Zu beachten ist, dass 7 der 11 Case Traktoren mit dem 2-Tanksystem gefahren sind.

Alle 11 Case Traktoren erreichten 55.376 Rapsölmotorstunden, das sind Ø 5.030 Bh pro Traktor und damit die höchste durchschnittliche Betriebsstundenzahl der vergleichbaren Traktorhersteller.

Die Schadenshäufigkeit lag bei Ø alle 6.153 Bh.

36 umgerüstete Deutz Traktoren

22 der 36 umgerüsteten Deutz Traktoren (61 %) hatten keine Schäden.
Bei Deutz Traktoren gab es Kraftstoffleitungs-, Kraftstoffförderpumpen- und Einspritz-pumpenprobleme.

Nur 13 der 36 Traktoren (36 %) erreichten über 4000 - 6600 Betriebsstunden im Rapsölbetrieb, dies sind 35 % aller am Projekt beteiligten Traktoren ab 4000 Stunden Rapsölbetrieb.

Alle 36 Deutz Traktoren erreichten 135.595 Motorstunden im Rapsölbetrieb, das sind nur Ø 3.760 Bh pro Traktor und damit die zweit niedrigste durchschnittliche Betriebsstundenzahl der vergleichbaren Traktorhersteller.

Die Schadenshäufigkeit lag bei Ø alle 6.163 Bh.

19 umgerüstete Fendt Traktoren

8 der 19 umgerüsteten Fendt Traktoren (42 %) hatten keine Schäden.
Bei diesen Traktoren gab es Störungen an den Einspritz- und Kraftstoffförderpumpen sowie Turboladerschäden.

Dabei hatten 13 von 19 Traktoren (68 %) über 4000 - 7600 Rapsölbetriebsstunden erreicht, dies sind 35 % aller am Projekt beteiligten Traktoren ab 4000 Stunden Rapsölbetrieb.

Die 19 Fendt Traktoren erreichten 93.063 Rapsölmotorstunden, das sind Ø 4.900 Bh pro Traktor und damit die zweit höchste durchschnittliche Betriebsstundenzahl der vergleichbaren Traktorhersteller.

Die Schadenshäufigkeit lag bei Ø alle 5.816 Bh.

6 umgerüstete John Deere Traktoren

1 von 6 umgerüsteten John Deere Traktoren ist ohne Schäden geblieben.
Die John Deere Traktoren hatten Probleme mit den Einspritzpumpen. (Diese Probleme traten nur an den Einspritzpumpen der Baujahre 2001/2002 auf. Traktoren späterer Baujahre besitzen weiterentwickelte Einspritzsysteme, die wesentlich besser für den Rapsölbetrieb geeignet sind.)
Bei den John Deere Traktoren gab es keine Motorschäden.

Nur 1 von 6 Traktoren (17 %) hat 4400 Betriebsstunden Rapsölbetrieb erreicht, das sind 3 % aller am Projekt beteiligten Traktoren ab 4000 Stunden Rapsölbetrieb.

Die 6 John Deere Traktoren erreichten 17.166 Rapsölmotorstunden, das sind nur Ø 2.860 Bh pro Traktor und damit die niedrigste durchschnittliche Betriebsstundenzahl der vergleichbaren Traktorhersteller.

Die Schadenshäufigkeit lag bei Ø alle 1.717 Bh.

4 umgerüstete andere Traktoren

Die Gruppe dieser umgerüsteten Traktoren war jeweils nur mit einem Traktor am Projekt beteiligt.

Nur 1 von 4 Traktoren ist ohne Schaden geblieben.
Die Schäden der Traktorenhersteller Claas, New Holland, Same und Welte sind nicht repräsentativ.
Die Claas Callenger Raupe hatte keine Schäden mit über 6.500 Rapsölstunden.
Der New Holland Traktor hatte einen Motorschaden bei 3.500 Stunden.

2 von den 4 Traktoren (73 %) haben über 4000 - 6700 Betriebsstunden Rapsölbetrieb erreicht, dies sind 5 % aller am Projekt beteiligten Traktoren ab 4000 Stunden Rapsölbetrieb.

Bild 54: Traktor 44: Deutz Agrotron 150, 1-Tanksystem, fährt seit Okt. 2006 mit DK, Grund: Einspritzpumpenschaden

Weiterhin wurden die in den Traktoren eingebauten Motorbaureihen untersucht. Um repräsentative Aussagen treffen zu können, wurden nur die zwei Motorbaureihen verglichen, die mehr als 10-mal in Traktoren verbaut wurden. Die Auswertung zeigen die **Bilder 55 und 56.**

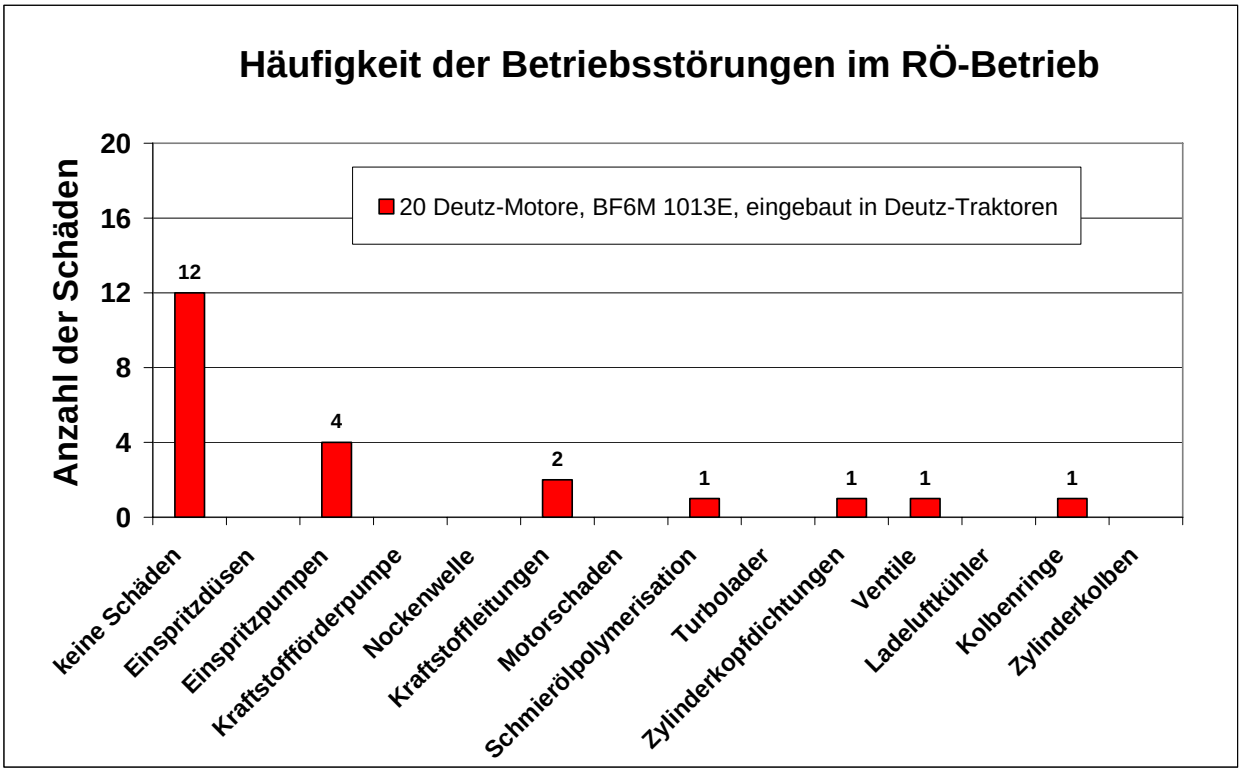

Bild 55: Erfassung aller Betriebsstörungen von 2006 bis 2008 nach Motorbaureihe

Der Motor BF 6M 1013E wurde 20-mal in Deutz-Fahr-Traktoren der Baureihen Agrotron 105 bis Agrotron 165 eingesetzt.
Diese 20 Motoren sind insgesamt 79.539 Bh im Rapsölbetrieb gelaufen, d.h. im Ø 3.977 Bh pro Motor (bzw. Ø 570 Bh pro Jahr).
12 der 20 Deutz Motoren dieser Baureihe hatten keine Schäden, dass sind 60 %.
Auffällig bei dieser Motorbaureihe sind nur die Einspritzpumpenschäden.

Im Verhältnis zu den Betriebsstunden von Ø 3.977 Bh pro Traktor, hatte dieser Motor eine Schadenshäufigkeit von Ø alle 7.954 Bh.

Diese Motorbaureihe BF 6M 1013E hat sich im Rapsöleinsatz bewährt.

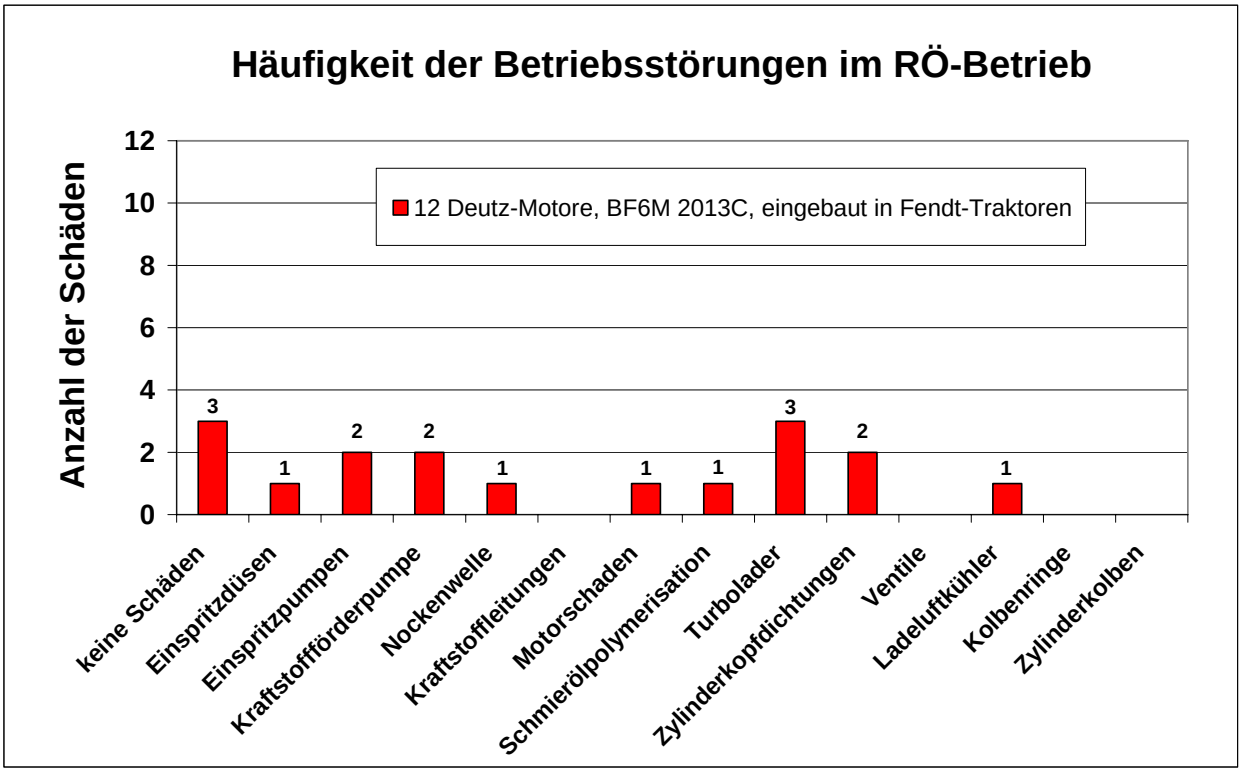

Bild 56: Erfassung aller Betriebsstörungen von 2006 bis 2008 nach Motorbaureihe

Der Motor BF 6M 2013C wurde in Fendt Traktoren der 700- und 800-Baureihe eingesetzt.
Diese 12 Motoren sind insgesamt 60.363 Bh im Rapsölbetrieb gelaufen, d. h. im Ø 5.030 Bh pro Motor (bzw. Ø 720 Bh pro Jahr).
Nur 3 der 12 Deutz Motoren dieser Baureihe hatten keine Schäden, dass sind 25 %.
Auffällig bei dieser Motorbaureihe sind die Turboladerschäden, Einspritzpumpen-, Kraftstoffförderpumpen- und Zylinderkopfdichtungsschäden.

Im Verhältnis zu den Betriebsstunden von Ø 5.030 Bh pro Traktor, hatte dieser Motor eine Schadenshäufigkeit von Ø alle 4.312 Bh. Wobei dieser Motortyp im Durchschnitt über 1000 Betriebsstunden pro Traktor mehr gelaufen ist als der oben ausgewertete Motortyp.

Auch diese Motorbaureihe hat sich im Rapsöleinsatz bewährt.

Im Folgenden wurden die Umrüstkonzepte 1-Tanksystem und 2-Tanksystem in Bezug zu den Betriebsstörungen verglichen, **Bild 57**.

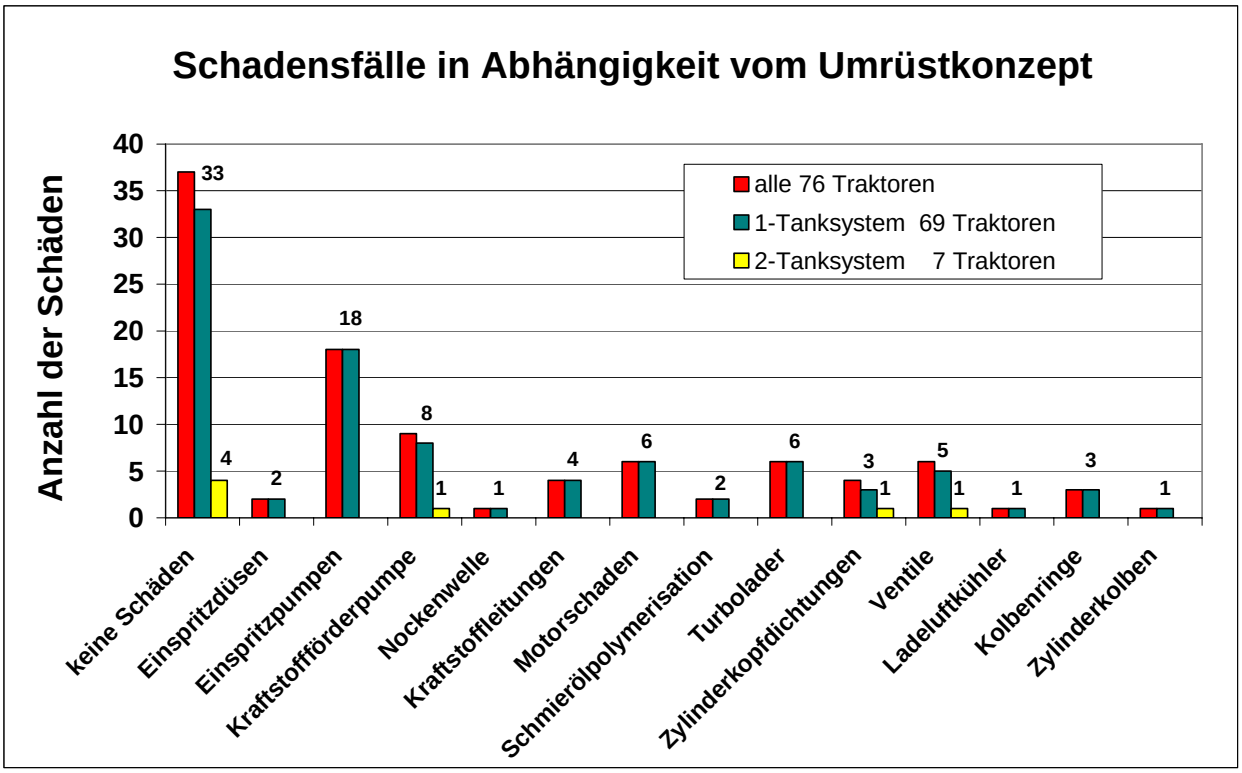

Bild 57: Erfassung aller Betriebsstörungen von 2006 bis 2008 in Abhängigkeit vom Umrüstkonzept

Traktoren mit dem 2-Tanksystem hatten kaum nennenswerte Schäden, besonders keine Schäden bei den Einspritzpumpen und keinen Motorschaden, obwohl 6 von 7 Traktoren über 4000 - 6500 Betriebsstunden im Einsatz waren.

Auf der Grundlage der Auswertung der Störungen nach sieben bis acht Jahren Rapsölbetrieb kann festgestellt werden, dass Traktoren mit 2-Tanksystem deutlich weniger störanfällig im Rapsölbetrieb waren als Traktoren mit 1-Tanksystem.

Eine Ursache ist das bessere Betriebsverhalten der Motoren bei Niedriglast. Eine zweite Ursache hierfür ist nach jetzigem Kenntnisstand die Reinigungswirkung des beim 2-Tanksystem zwischenzeitlich immer wieder gefahrenen DK, so dass weniger Ablagerungen im Einspritzsystem des Motors entstehen können.

Auswertung der Einspritzpumpenschäden

Aus dem 100 Traktorenprogramm waren viele Störungen mit den Verteiler-einspritzpumpen der verschiedenen Hersteller bekannt, die durch Austausch repariert werden mussten.

- Sehr störungsanfällig war die elektronisch geregelte Verteilereinspritzpumpe Bosch VP 44, häufig in den Jahren 2001 bis 2002 eingesetzt, bei ansteigenden Kraftstofftemperaturen. Als weitere Störquelle wurde der Spritzversteller mit Regelschieber ermittelt. Diese Störanfälligkeit des Spritzverstellers führte auch zum Austausch dieser Verteilereinspritzpumpe im DK-Betrieb. Diese Einspritzpumpe wird seit 2003 nicht mehr verbaut

- Ähnlich störanfällig war die Verteilereinspritzpumpe von Stanadyne. Bei diesen eingesetzten Pumpen, sind bis zum Ende der Projektzeit des 100 Traktorenprogramms (2005) nur zwei Traktoren ohne Ausfall bzw. Eingriff in die Verteilereinspritzpumpe gelaufen.

- Auch die Verteilereinspritzpumpen von Lucas führten zu Reparaturen.

Bis zum Ende des 100 Traktorenprogramms Ende 2005 erwiesen sich die Einzeleinspritzpumpen des Pumpe-Leitung-Düse-Systems von Bosch als wesentlich besser für den Rapsölbetrieb geeignet. Bei den Motoren mit Einzeleinspritzpumpen war in dieser Zeit nur in drei Fällen ein Austausch von Pumpen erforderlich.

Bei den Untersuchungen zur Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz war deshalb die Frage nach den Problemen der Einspritzpumpen nach weiteren drei Jahren Einsatz von großem Interesse, **Bild 58**.

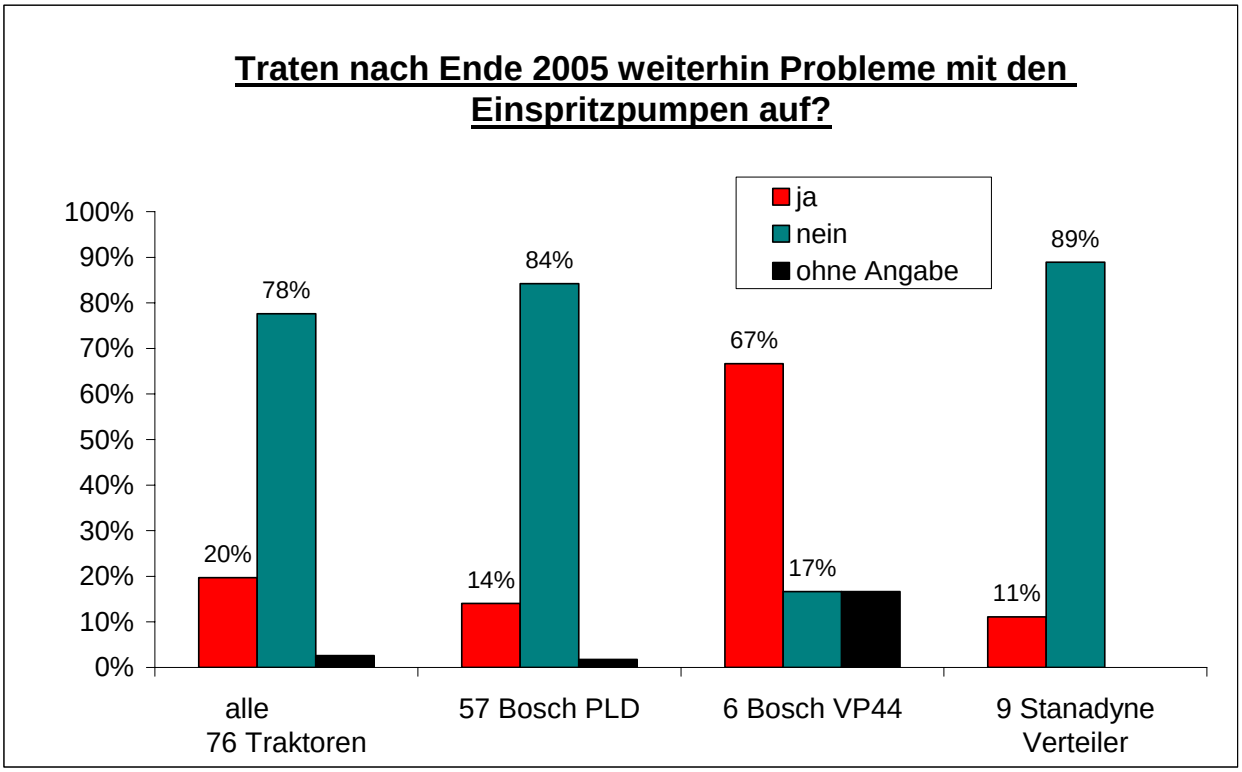

Bild 58: Erfassung aller Einspritzpumpenstörungen nach Pumpentyp von 2006 bis 2008

Bei der Auswertung der Einspritzpumpenschäden von 2006 bis 2008 zeigte sich wieder, dass die Traktorenbetreiber vor allem mit den Verteilereinspritzpumpen Bosch VP44 Probleme hatten. Obwohl an der Verbesserung der Rapsöltauglichkeit der VP44 gearbeitet wurde.

Die Stanadyne-Verteilereinspritzpumpen hatten in den letzten drei Jahren nur eine Störung bei einer Pumpe im 1-Tanksystem. Während die im 2-Tanksystem fahrenden Traktoren keine Einspritzpumpenprobleme hatten.
Die verbesserte Anpassung der Einspritzpumpe an den Rapsölbetrieb durch den Umrüster Gruber wirkte sich positiv aus.

Bei 1 Lucas Verteilereinspritzpumpe und bei 1 von 2 Bosch Reiheneinspritzpumpe PES kam es zu Störungen.

Die Einzeleinspritzpumpen des Pumpe-Leitung-Düse-Systems (PLD) von Bosch haben sich weitere drei Jahre im Dauereinsatz bewährt. Nur bei 8 von 57 Motoren kam es zu Einzelpumpenausfällen.

Weiterhin wurde untersucht, ob es Zusammenhänge mit dem Umrüstkonzept gab. Dabei wurden die Einspritzpumpenschäden den Umrüstkonzepten zugeordnet, **Bild 59.**

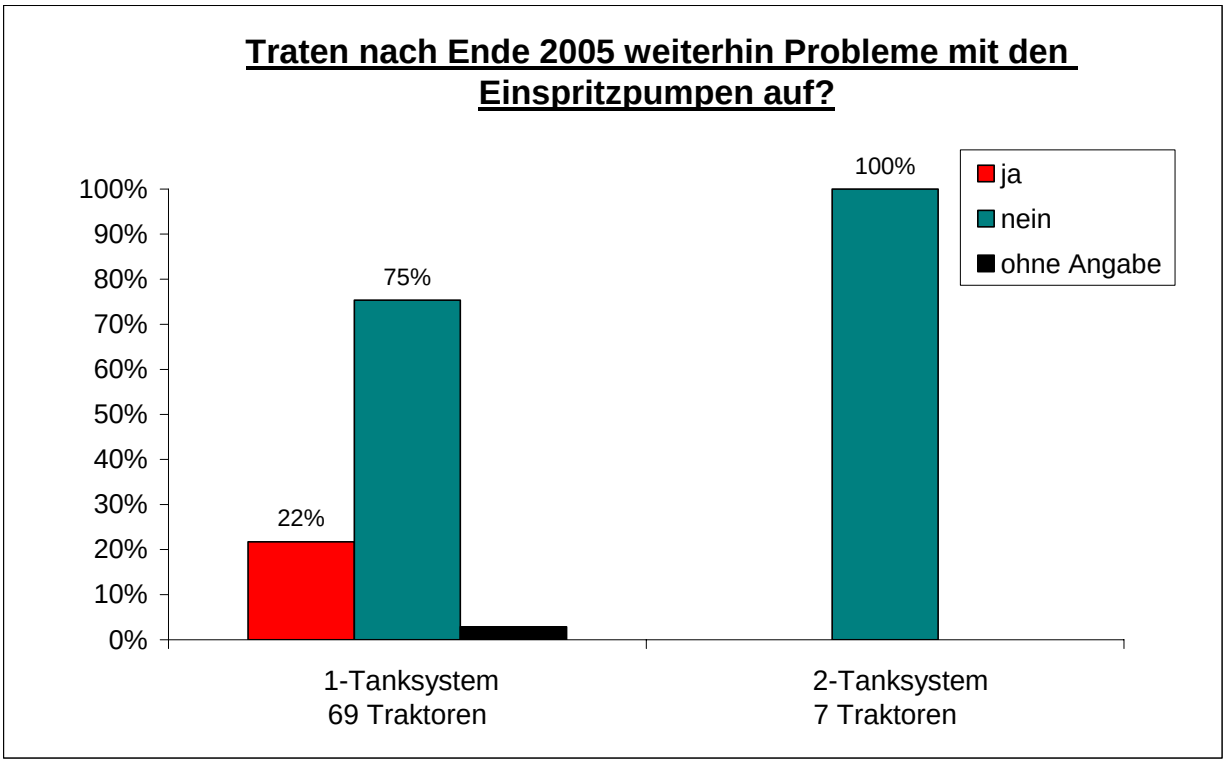

Bild 59: Erfassung aller Einspritzpumpenstörungen nach Umrüstkonzept von 2006 bis 2008

15 von 69 Traktoren mit 1-Tanksystem hatten Störungen an den Einspritzpumpen.

Keiner der 7 Traktoren mit 2-Tanksystem hatte Probleme mit den Einspritzpumpen, das waren 6 Case Traktoren vom Umrüster Gruber und 1 Case Traktor vom Umrüster Igl.

Einspritzpumpen, die im 2-Tanksystem betrieben wurden, waren störungsfrei und dauerfest.
Eine Ursache hierfür kann die Reinigungswirkung des beim 2-Tanksystem zwischenzeitlich immer wieder gefahrenen DK sein.

Auswertung der Einspritzdüsenwechsel

Als Ergebnis der über fünfjährigen Betreuung der Traktoren während des 100 Traktorenprogramms gab die Universität Rostock die Empfehlung, die Einspritzdüsen auf ein optimales Abspritzbild und den vorgeschriebenen Abspritzdruck in einer Servicewerkstatt alle 1200 - 1500 Betriebsstunden überprüfen zu lassen. Ebenso sollten die Kraftstoffeinspritzung, d.h. Einspritzbeginn, Einspritzdauer, Einspritzmenge und Kompressionsdruck aller Zylinder überprüft werden

Diese Empfehlung haben die Traktorenbetreiber kaum angenommen, denn nur 5 Traktorenbetreiber ließen die Einspritzdüsen regelmäßig austauschen:

Traktor 5	alle 1000 Bh
Traktor 14	alle 1500 Bh
Traktor 35	alle 2000 Bh
Traktor 61	nach 1500 Bh bis 2000 Bh
Traktor 34	alle 2500 Bh

Die nahe liegende Frage war, wurden die Einspritzdüsen überhaupt überprüft bzw. gewechselt und wann? Die Ergebnisse zeigen die **Bilder 61 bis 66**.

Bild 60: Traktor 45: Fendt Farmer 309 C, 1-Tanksystem, 5.500 Bh, fährt immer kaltgepresstes Rapsöl, keine Probleme

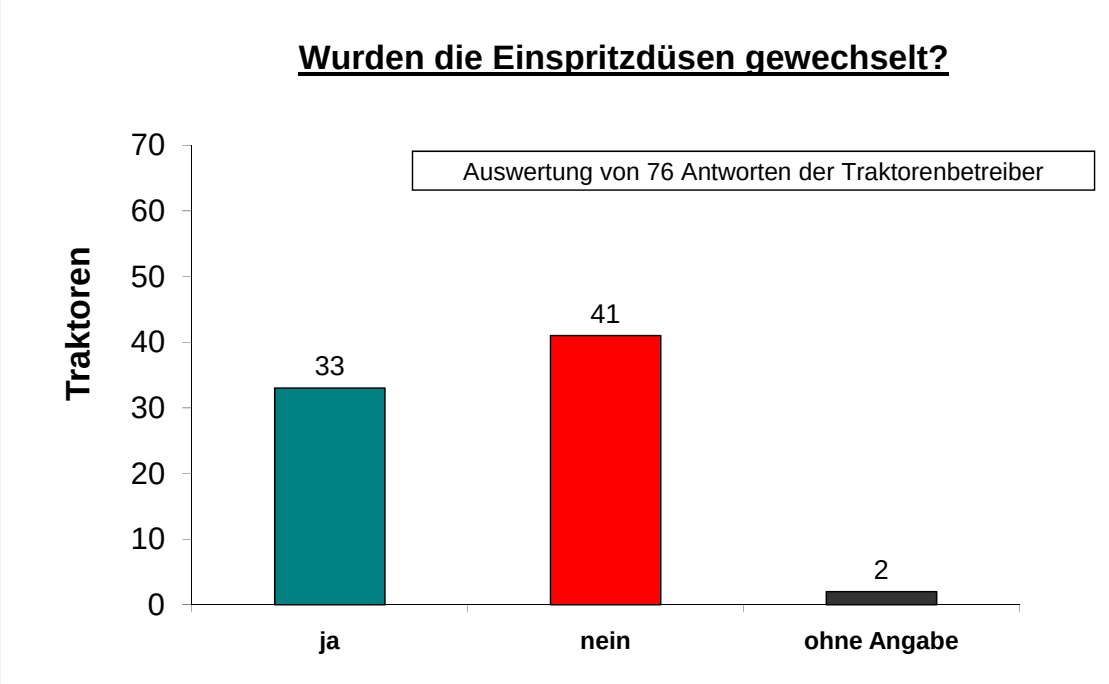

Bild 61: Erfassung des Austausches der Einspritzdüsen von 2006 bis 2008

41 von 76 Traktoren (54 %) liefen nach sieben bis acht Jahren noch mit den ersten Einspritzdüsen. Wobei 1 Traktor 1500 Bh und weitere 3 Traktoren 2000 Bh während dieser Zeit im Rapsölbetrieb erreicht hatten, **Bild 62**.

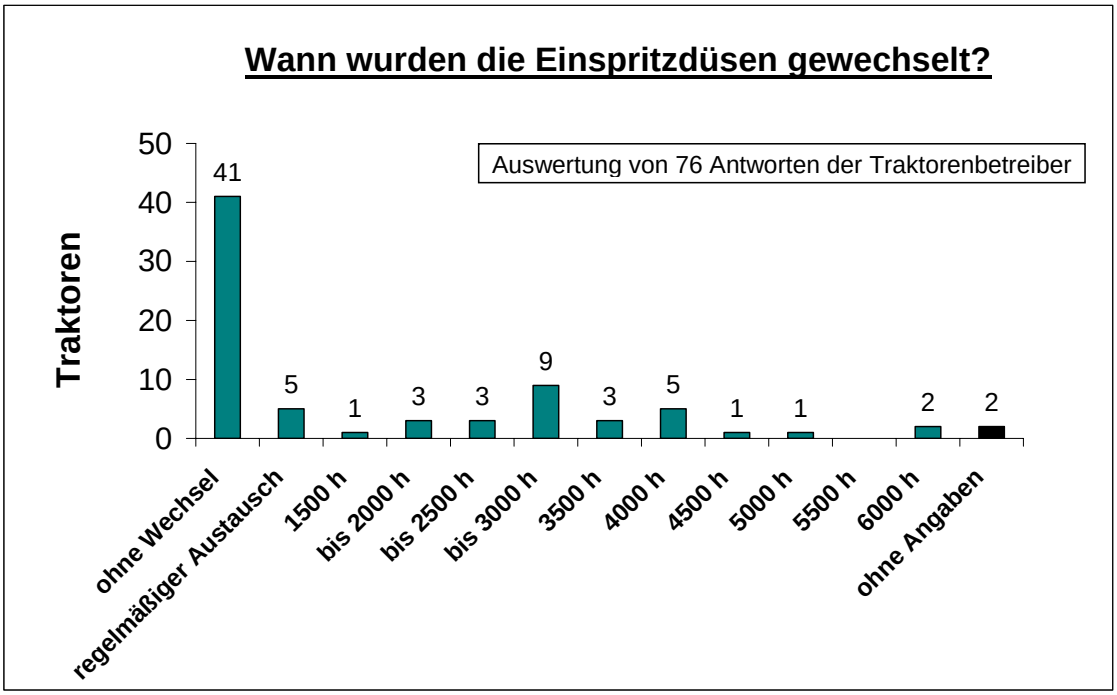

Bild 62: Zeitliche Erfassung des Wechsels der Einspritzdüsen von 2006 bis 2008

Zwischen den Einspritzdüsenwechseln und den Betriebsstunden im Rapsölbetrieb wurde folgender Zusammenhang festgestellt, **Bild 63**.

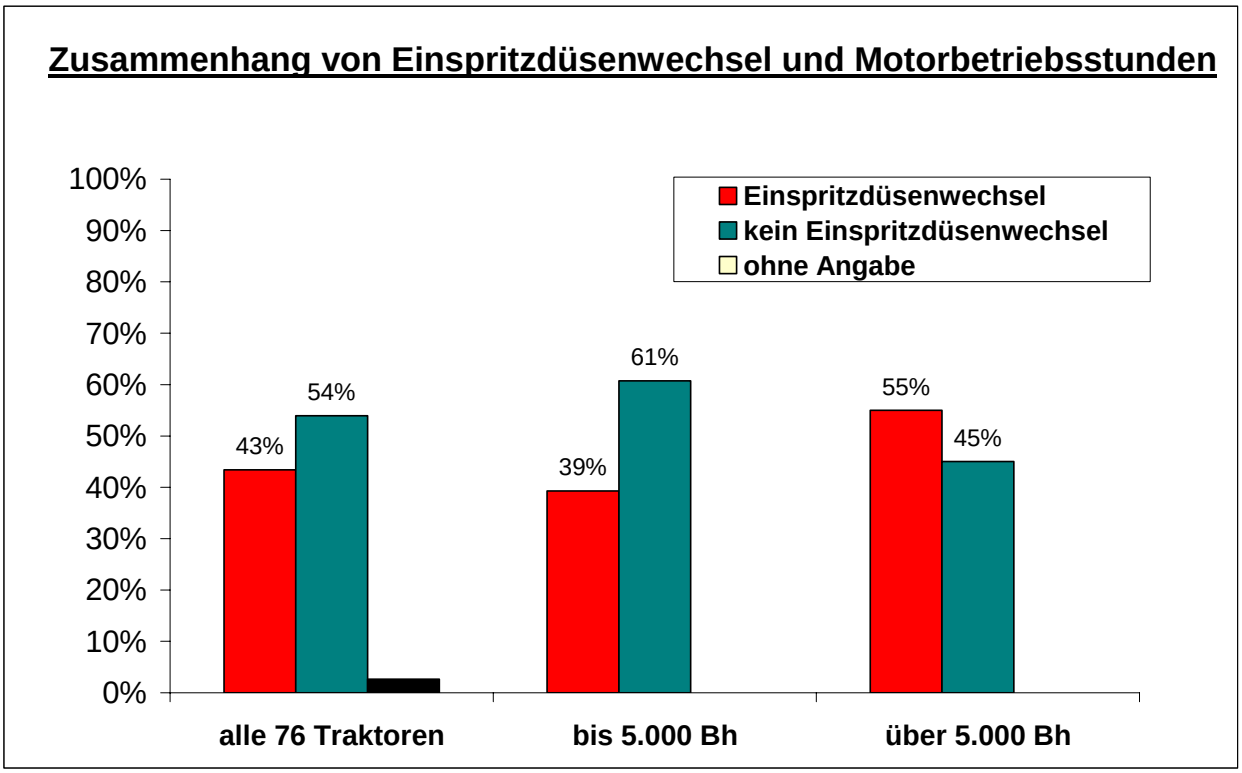

Bild 63: prozentuale Erfassung des Einspritzdüsenwechsels in Abhängigkeit von den Motorstunden im Rapsölbetrieb

Im Durchschnitt hatten 43 % aller Traktoren, das sind 33 von 76 Traktoren, die Einspritzdüsen bis Ende 2008 gewechselt.
Mit steigenden Betriebsstunden der Rapsölmotoren stieg auch die Zahl der Einspritzdüsenwechsel.
56 Traktoren hatten 5000 Betriebsstunden erreicht, das sind 74 % aller Traktoren. Von ihnen wechselten nur 22 (39 %) die Einspritzdüsen.
Über 5000 Betriebsstunden erreichten 20 Traktoren, das sind 26 % aller Traktoren. Davon wechselten 11 (55 %) die Einspritzdüsen.

Mit zunehmender Betriebsstundenzahl im Rapsölbetrieb nahm der Einspritzdüsenwechsel zu.

Für Traktoren im DK-Betrieb gibt es kaum Empfehlungen für einen vorbeugenden Einspritzdüsenwechsel.

Die zeitliche Auswertung des Austausches der Einspritzdüsen (mit Mehrfachnennungen) nach Traktorenhersteller zeigte Unterschiede, **Bild 64**.

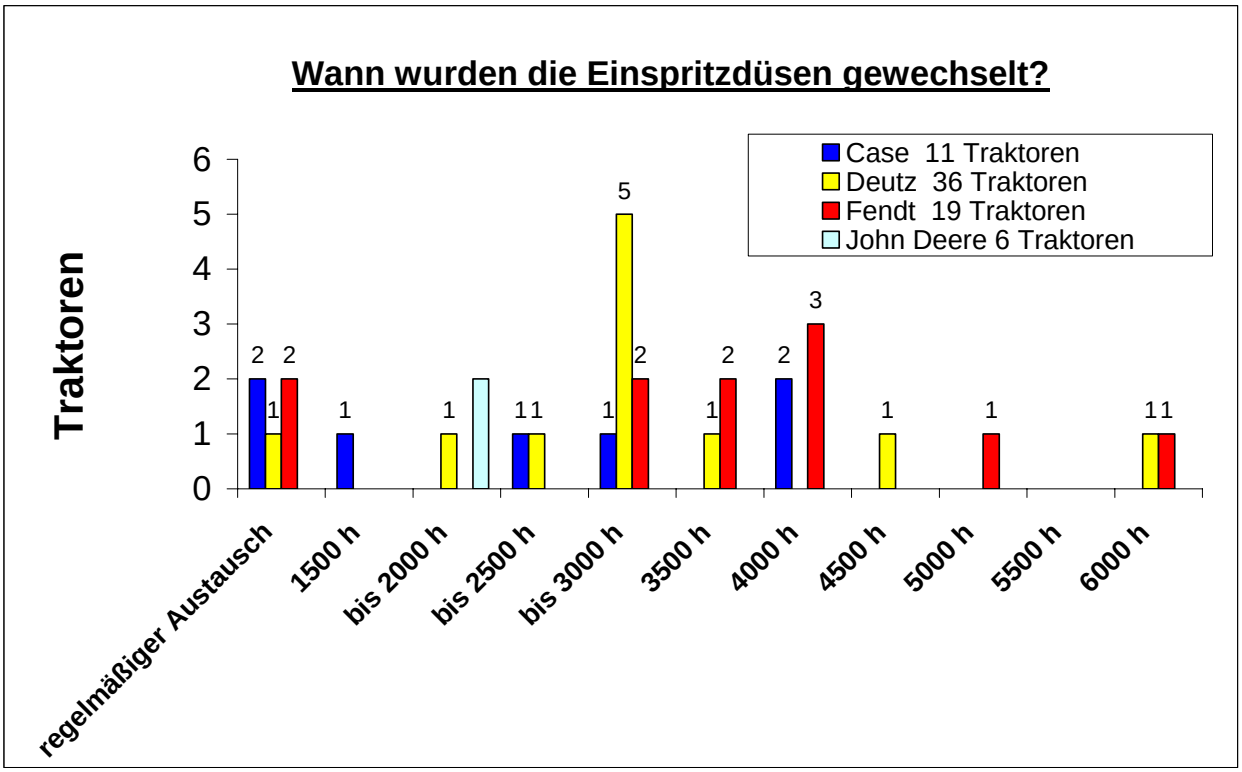

Bild 64: Zeitliche Erfassung des Wechsels der Einspritzdüsen von Case Traktoren, Deutz Traktoren und Fendt Traktoren

Beim Vergleich der Einspritzdüsenwechselzeiten nach Traktorenhersteller fällt auf, dass die Case Traktorenbetreiber prozentual die häufigsten Wechsel mit 7 von 11 Traktoren (64 %) hatten. Selbst bei 4 von 7 Traktoren im 2-Tankbetrieb hat ein Einspritzdüsenwechsel stattgefunden, das sind 57 % der Traktoren mit 2-Tanksystem.
Bis zur durchschnittlichen Betriebsstundenzahl aller Case Traktoren von 5.030 Bh pro Traktor hatten 7 Case Traktoren die Einspritzdüsen gewechselt, das ist die höchste Wechselrate von 67 % im Vergleich aller Traktorenhersteller.

Bei den Deutz Traktoren ließen 12 von 36 Traktorenbetreibern die Einspritzdüsen wechseln, das sind 33 %. Bei diesen Traktoren fällt der hohe Anteil an Einspritzdüsenwechselzeiten um 3000 Bh auf.
Bis zur durchschnittlichen Betriebsstundenzahl aller Deutz Traktoren von 3.760 Bh pro Traktor hatten 8 Deutz Traktoren die Einspritzdüsen gewechselt, das ist die niedrigste Wechselrate von 25 % im Vergleich aller Traktorenhersteller.

11 von 19 Fendt Traktoren hatten bis Ende 2008 die Einspritzdüsen wechseln lassen, das sind 58 %. Bei den Fendt Traktoren fällt auf, dass die Einspritzdüsenwechsel erst ab ca. 3000 Betriebsstunden beginnen.
Bis zur durchschnittlichen Betriebsstundenzahl aller Fendt Traktoren von 4.900 Bh pro Traktor hatten 9 Fendt Traktoren die Einspritzdüsen ausgetauscht, das ist eine Wechselrate von 47 % im Vergleich aller Traktorenhersteller.

Wechsel der Einspritzdüsen der vier Einzeltraktoren:

Claas Callenger	ohne
New Holland	2500 h
SAME Silver	2800 h
Welte	ohne

Bei 33 aller 76 Traktoren (43 %) erfolgte ein Einspritzdüsenwechsel, in Abhängigkeit der erreichten Betriebsstunden im Rapsölbetrieb. Da Case und Fendt Traktoren eine wesentlich höhere Einsatzzeit ihrer Traktoren aufweisen konnten, fanden hier die häufigeren Einspritzdüsenwechsel statt.

Bild 65: Traktor 92: Deutz Agrotron TTV 1160, 1-Tanksystem,
fährt RÖ (bis auf kleine Ausnahmen)
größtes Problem. Kaltstartschwierigkeiten

Weiterhin wurde untersucht, ob es einen Zusammenhang zwischen den Einspritzdüsenwechseln und den Reparaturen an den Traktoren gab, **Bild 66.**

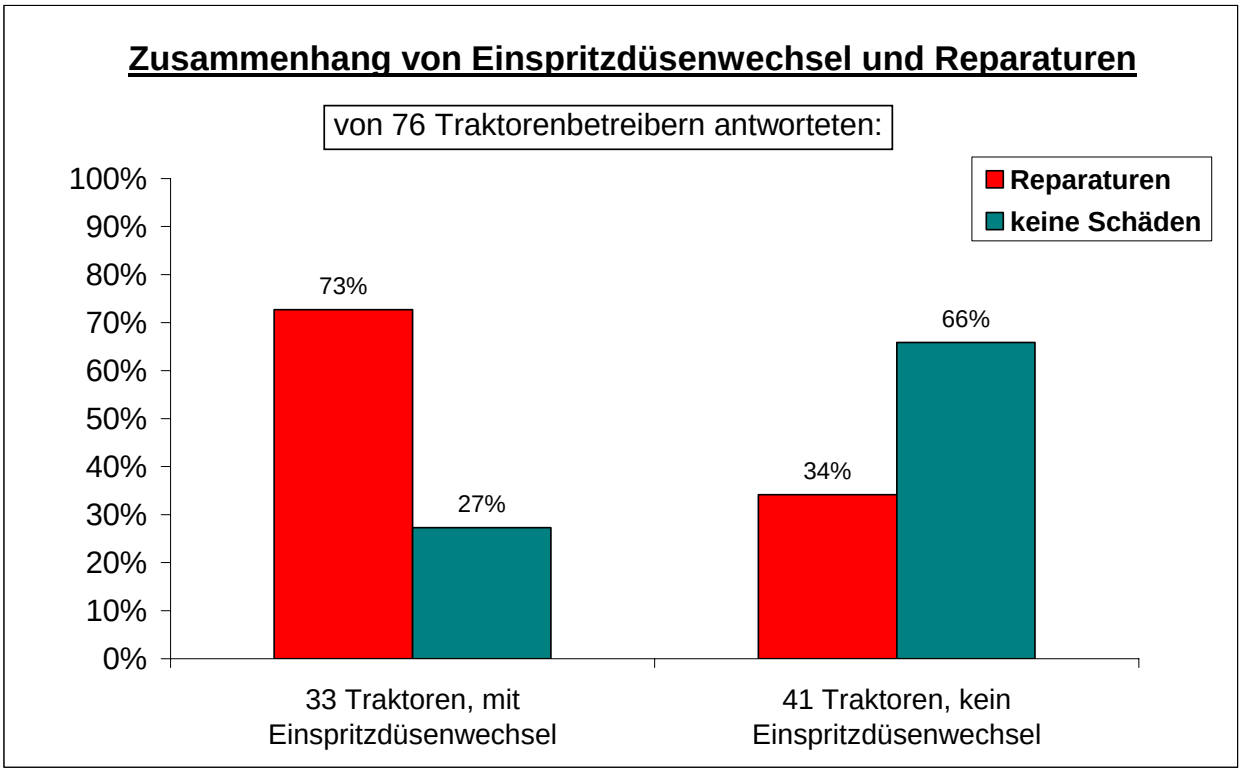

Bild 66: Zeitliche Erfassung des Wechsels der Einspritzdüsen von Case Traktoren, Deutz Traktoren und Fendt Traktoren

Es konnte festgestellt werden, dass von den 33 Traktoren mit Einspritzdüsenwechsel 24 Traktoren Reparaturen im Rapsölbetrieb hatten, das sind 73 %. Nur 9 Traktoren (27 %) hatten keine Schäden. Bei den Traktoren ohne Einspritzdüsenwechsel war es genau umgekehrt, während 14 der 41 Traktoren (34 %) Betriebsstörungen aufwiesen, hatten 27 Traktoren (66 %) keine Schäden. Laut Interview wurden sehr oft im Zusammenhang mit Reparaturen die Einspritzdüsen gewechselt.

Die Empfehlung der Universität Rostock für vorbeugende Wartungsarbeiten an den Einspritzdüsen nach ca. 1500 Rapsölbetriebsstunden haben die Traktorenbetreiber kaum angenommen. Nur 5 Traktorenbetreiber ließen die Einspritzdüsen ihrer Traktoren regelmäßig austauschen. Einspritzdüsenwechsel wurden oft in Zusammenhang mit Reparaturen durchgeführt. Außerdem steigt die Anzahl der Wechsel mit den Betriebsstunden der Rapsölmotoren.

Auswertung der Inspektionen

Im Abschlussbericht [1] des 100 Traktorenprogramms wurden Erkenntnisse und Langzeiterfahrungen zum Betriebsverhalten und zur Zuverlässigkeit der Traktormotoren im Rapsölbetrieb zusammengestellt, darunter auch Maßnahmen zur vorbeugenden Instandhaltung, wie Inspektionen des Motorraums und Reinigung der Gaskanäle. Wie diese Empfehlungen der vorbeugenden Instandhaltung umgesetzt wurden, zeigen die **Bilder 67 und 68.**

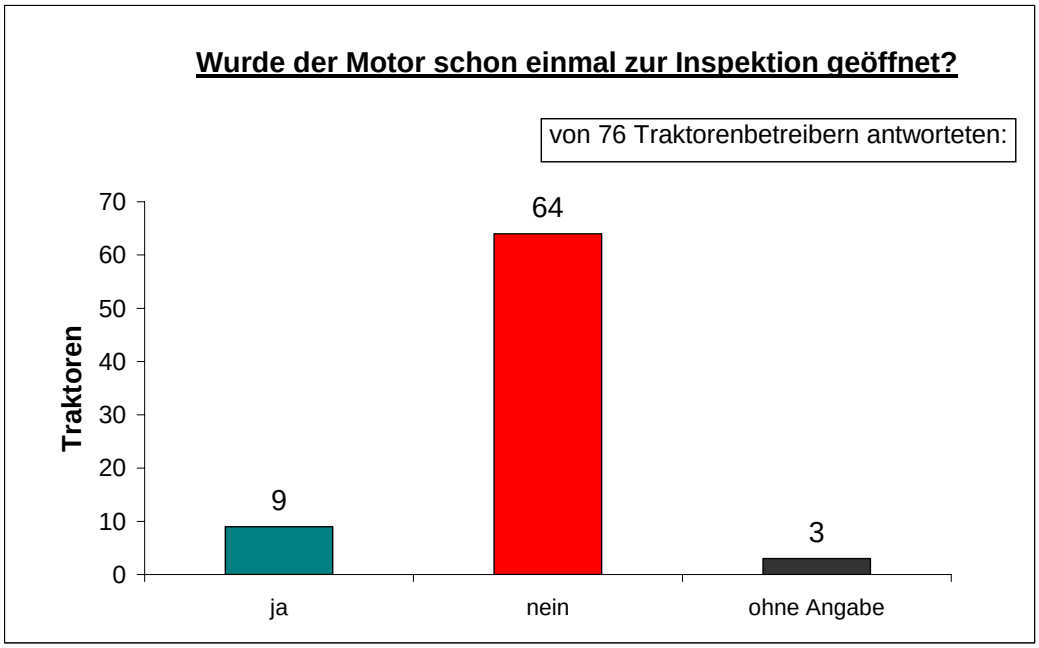

Bild 67: Erfassung der vorbeugenden Instandhaltung - Inspektionen

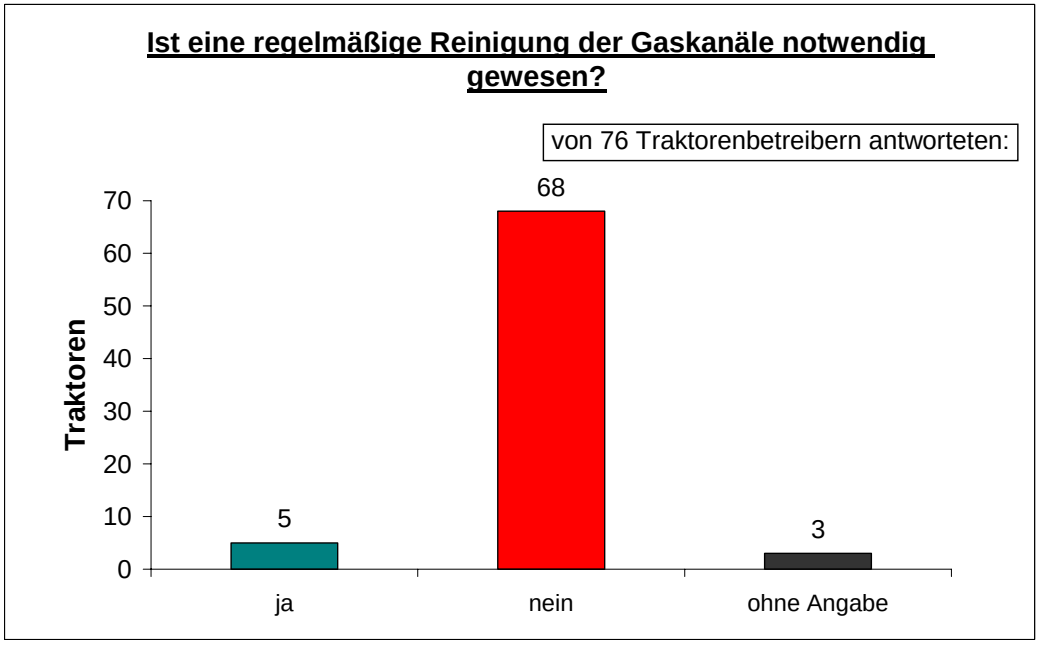

Bild 68: Erfassung der vorbeugenden Instandhaltung – Gaskanäle

Nur 9 Traktorenbetreiber ließen eine vorbeugende Inspektion ihrer Traktoren durchführen.
Bei 5 dieser 9 Traktoren wurde auch eine regelmäßige Reinigung der Gaskanäle durchgeführt.
Offensichtlich scheuen die Landwirte die Kosten für diese Instandhaltung.

Die vorbeugenden Inspektionen und Reinigung der Gaskanäle waren nicht abhängig von:

- Traktortyp
- Einspritzpumpen
- Umrüster
- Reparaturen
- Betriebsstunden

Aber alle vorbeugenden Inspektionen und Reinigungen der Gaskanäle sind nur bei Traktoren mit 1-Tanksystem durchgeführt worden.

Bild 69: Traktor 30: Case CVX 120, 2-Tanksystem, 6.390 Bh, fest gehende Ventile mit ca. 4.000 Bh, größtes Problem: Kraftstofffilterverschmutzung

Motorschäden

Bei 5 Traktoren kam es zu 6 Motorschäden im Zeitraum 2006 bis 2008, wobei nur 4 Motorschäden auf den reinen Rapsölbetrieb zurückzuführen sind. Ein Schaden ist durch den Einsatz von Sojaöl entstanden und ein Schaden hätte auch im DK-Betrieb entstehen können.

Dabei hatte Traktor 5 zwei Motorschäden innerhalb der erreichten 9.000 Stunden Rapsölbetrieb. Traktor 5 ist im Mai 2001 vom Umrüster TC Bastorf umgerüstet worden, dessen Umrüstkonzept sich schon während des 100 Traktorenprogramms als ungeeignet erwiesen hatte. Trotzdem ist der Traktorenbetreiber weiter mit Rapsöl gefahren.

Traktor 5: Case MX 170, 122 kW

Betriebsstunden:	9.000 Bh im Rapsölbetrieb
Ø Bh pro Jahr:	1.290 Bh
Kraftstoffeinsatz:	kaltgepresstes Rapsöl, im Winter DK
Umrüstung:	1-Tanksystem
Motoröl:	15W-40
Motorölwechselintervall:	ca. 150 Bh
Motorölkontrolle:	keine Angabe
Einspritzdüsenwechsel:	vorbeugende Wartung alle 1.000 Bh
Einsatzgebiet:	schwere Ackerarbeiten

Motorschäden mit 3.500 Bh und 5.500 Bh

Mit 3.500 und 5.500 Betriebsstunden kam es zu Kolbenfressern, wegen unzureichender Umrüstung auf den Rapsölbetrieb des TC Bastorf.

Reparaturaufwand: - zweimal Austauschmotor

Der Traktor wurde nach der Reparatur zum Jahresende 2008 verkauft.

Bild 70: Traktor 5: Case MX 170, 1-Tanksystem, 9.000 Bh
verkauft Jahresende 2008
Grund: Motorschäden bei 3500 Bh und 5500 Bh
größtes Problem: immer wieder Kolbenfresser

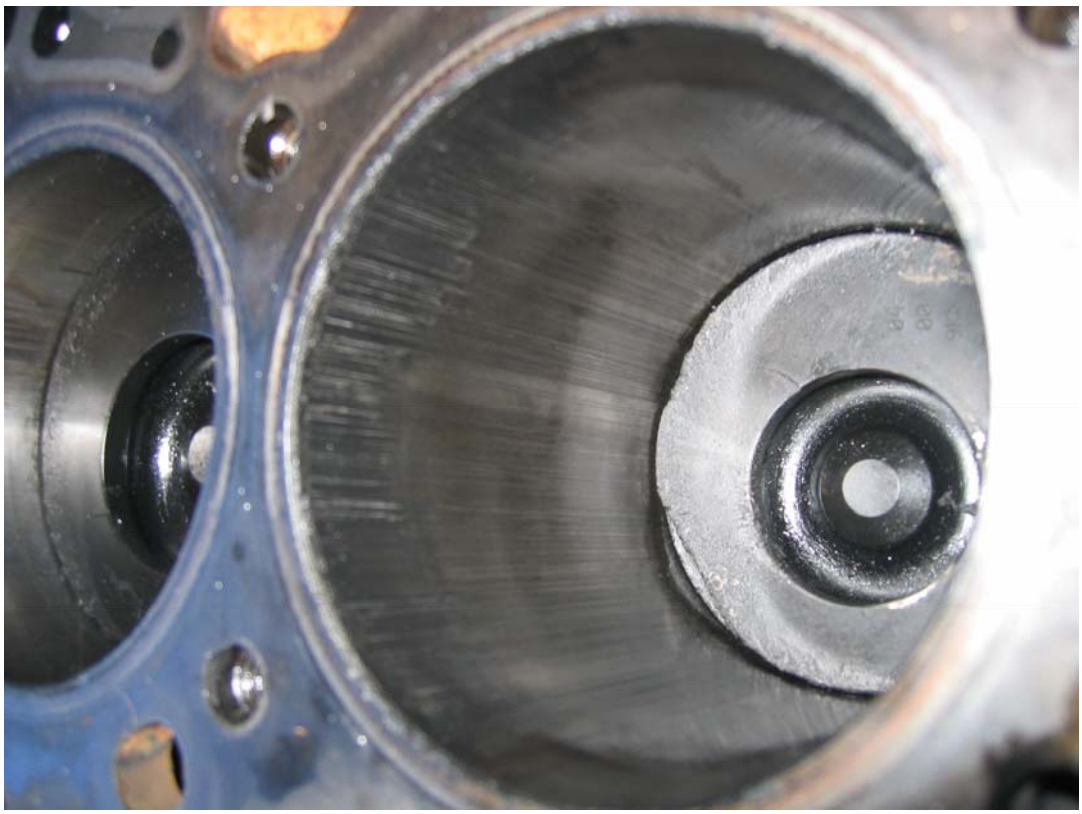

Bild 71: Motorschaden bei Traktor 5: Kolbenfresser, Laufbuchsenschäden

Traktor 13: New Holland TN 75 S, 53 kW

Betriebsstunden:	3.700 Bh im Rapsölbetrieb
Ø Bh pro Jahr:	530 Bh
Kraftstoffeinsatz:	kaltgepresstes Rapsöl bis Motorschäden
Umrüstung:	1-Tanksystem
Motoröl:	10-W40
Motorölwechselintervall:	ca. 100 Bh
Motorölkontrolle:	ja, regelmäßig
Einspritzdüsenwechsel:	bei 2.500 Bh
Einsatzgebiet:	schwere Ackerarbeiten, Kreiseleggen, Rundballenpressen, Fräsen

Motorschaden mit 3.500 Bh

Bild 72: Traktor 13: New Holland TN 75 S, 1-Tanksystem, 3.700 Bh
fährt ab 12/2007 mit 80%RÖ/20%DK-Mischungen
Grund: Motorschaden bei 3500 Bh

Ursache des Motorschadens waren laut Traktorenbetreiber nachtropfende Einspritzdüsen. Durch die nicht optimale Einspritzung kam es zu einer schlechten Verbrennung. Dies führte zu einer Kolbenringverkokung mit anschließendem Kolbenfresser bei 3500 Betriebsstunden mit Rapsöl.

Reparaturaufwand:
- Alle Kolben wurden erneuert.
- Die Laufbuchsen wurden neu eingeschliffen.
- Die Einspritzdüsen wurden ausgewechselt.

Der Traktor fährt seit der Reparatur im Dezember 2007 mit 80% RÖ/20% DK-Mischungen.

Bild 73: Motorschaden: Kolbenfresser, Laufbuchsenschäden

Traktor 38: Case CVT 150, 106 kW

Betriebsstunden:	1.800 Bh im Rapsölbetrieb
Ø Bh pro Jahr:	280 Bh
Kraftstoffeinsatz:	kaltgepresstes Rapsöl bis Motorschäden
Umrüstung:	1-Tanksystem
Motoröl:	15-W40
Motorölwechselintervall:	ca. 200 Bh
Motorölkontrolle:	ja, regelmäßig
Einspritzdüsenwechsel:	bei 1.500 Bh
Einsatzgebiet:	schwere Ackerarbeiten, Kreiseleggen, Grubbern, Drillkombinationen

Motorschaden mit 1.800 Bh

Bild 74: Traktor 38: Case CVT 150, 1-Tanksystem, 1.800 Bh
fuhr seit 08/2006 mit DK, seit 03/2008 mit 2-Tanksystem
Grund: Motorschaden bei 3500 Bh
größtes Problem: stetige Zunahme des Motorölstands und damit kurze Ölwechselintervalle

Zum Motorschaden mit Kolbenfresser kam es mit 1.800 Betriebsstunden. Der ist im Jahr 2006 aufgetreten. Die Ursache konnte 2008 beim Interview nicht mehr genauer ermittelt werden.

Reparaturaufwand:
- Alle Kolben wurden erneuert.
- Die Laufbuchsen wurden erneuert.
- Die Einspritzdüsen wurden ausgewechselt.

Der Traktor fuhr von August 2006 bis Februar 2008 mit DK und wurde im März 2008 auf das 2-Tanksystem umgerüstet.

Bild 75: Traktor 38: mit Motorschaden mit Kolbenfresser

Traktor 78: Fendt Favorit 716 Vario, 118 kW

Betriebsstunden:	6.100 Bh im Rapsölbetrieb
Ø Bh pro Jahr:	940 Bh
Kraftstoffeinsatz:	kaltgepresstes Rapsöl bis Motorschäden
Umrüstung:	1-Tanksystem
Motoröl:	10-W40
Motorölwechselintervall:	ca. 250 Bh
Motorölkontrolle:	ja, regelmäßig
Einspritzdüsenwechsel:	nein
Einsatzgebiet:	schwere Ackerarbeiten, Kreiseleggen, Grubbern, Pflügen, Transporte mit 18 t

Motorreparatur mit 6.100 Bh

Bild 76: Traktor 78: Fendt Favorit 716 Vario, 1-Tanksystem, 6.100 Bh
fährt seit 01/2008 nur mit DK
Grund: Motorreparatur bei 6100 Bh
größtes Problem: bis zur Motorreparatur keine Probleme

Mit 6.100 Betriebsstunden kam es zur Motorreparatur. Die Nockenwelle war stark abgenutzt. Durch die nicht optimale Einspritzung kam es zu einer Verschlechterung der Verbrennung. Dies führte zu Ölkohlebildung an den Kolbenringen und fest gehenden Kolbenringe mit anschließendem Kolbenfresser bei 6.100 Betriebsstunden mit Rapsöl.

Reparaturaufwand: - Austauschmotor

Der Traktor fährt seit Januar 2008 nur mit DK.

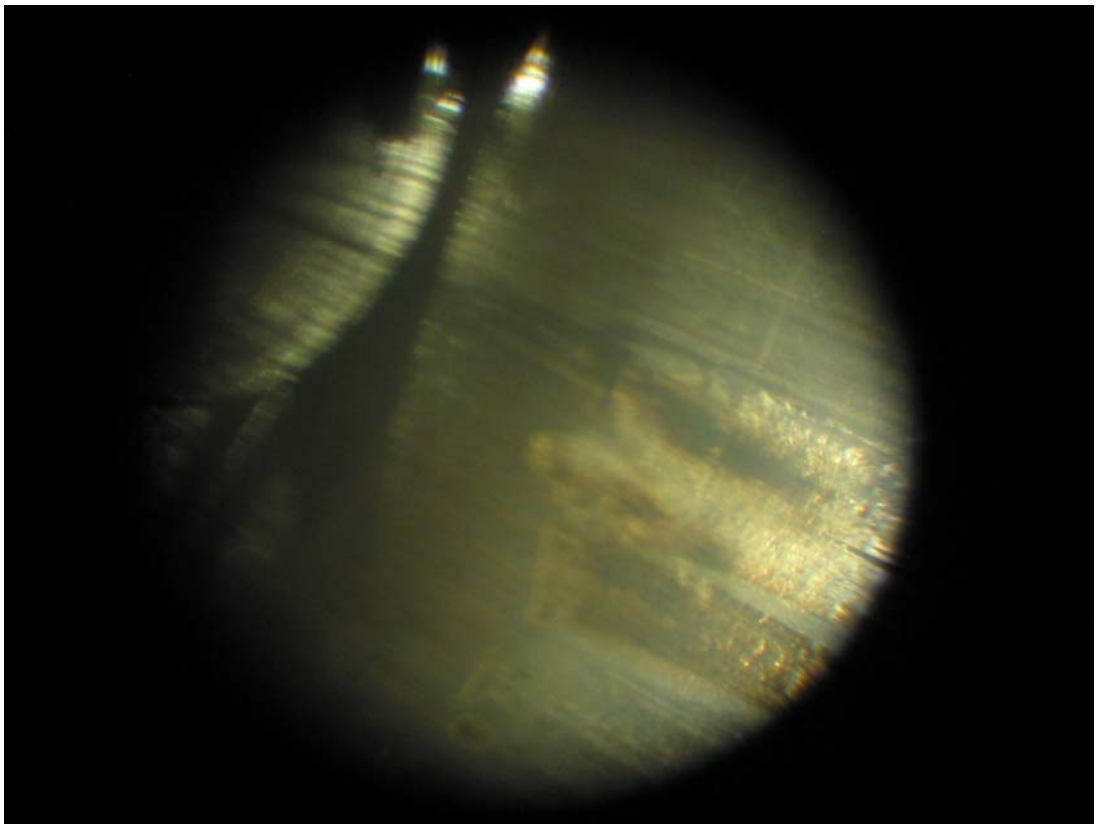

Bild 77: Endoskopie-Aufnahme: Motorschaden mit Kolbenfresser

Traktor 40: Deutz Fahr Agrotron 260, 190 kW

Betriebsstunden:	5.500 Bh im Rapsölbetrieb
Ø Bh pro Jahr:	850 Bh
Kraftstoffeinsatz:	kaltgepresstes Rapsöl bis Motorschaden
Umrüstung:	1-Tanksystem
Motoröl:	keine Angabe
Motorölwechselintervall:	ca. 220 Bh
Motorölkontrolle:	keine Angabe
Einspritzdüsenwechsel:	keine Angaben
Einsatzgebiet:	keine Angaben

Motorschaden mit 5.500 Bh

Bild 78: Traktor 40: Deutz Agrotron 260, 1-Tanksystem, fährt seit 09/2007 mit DK, Grund: Motorschaden mit 5500 Bh
Größtes Problem: keine Angaben

Mit 5.500 Betriebsstunden kam es zum Motorschaden. Der Motor ist auf Grund verklemmter Regelstange durchgegangen, dadurch kam es zum Kolbenfresser mit Pleuelstangenabriss. Das Pleuel schlug durch den Motorblock.

Dies ist kein rapsöltypischer Schaden, sondern ein maschinenbauliches Problem und hätte auch im DK-Betrieb entstehen können.

Reparaturaufwand. - Austauschmotor

Der Traktor fährt seit September 2007 nur mit DK.

Fazit:

Bei den 4 schweren Kolbenfresser-Motorschäden von 3 Traktoren (ohne Tre 78 mit abgenutzter Nockenwelle und Traktor 40 mit verklemmter Regelstange) ließ sich folgendes feststellen:

- die Einspritzdüsenwechselintervalle lagen im Rahmen der vorbeugenden Wartungsempfehlung für Rapsölbetrieb:

Tre 5	alle 1.000 Bh
Tre 13	bei 2.500 Bh
Tre 38	bei 1.500 Bh

Es ist kein Zusammenhang zu Einspritzdüsenwechselintervallen sichtbar.

- die Schmierölwechselintervalle dieser Traktoren lagen unter 250 Betriebsstunden:

Tre 5	150 Bh	Ölwechselintervall	Kolbenfresser, zweimal
Tre 13	100 Bh	„	Kolbenfresser
Tre 38	200 Bh	„	Kolbenfresser

Auffallend ist, dass die betroffenen Traktoren einen hohen Eintrag von Rapsöl in das Schmieröl hatten (kurze Schmierölwechselintervalle). Dies ist ein deutlicher Hinweis auf eine nicht optimale Umrüstung, die eine nicht optimale Einspritzung des Kraftstoffs mit einer späteren Verbrennung zur Folge hatte. Das kann zur Kolbenringverkokung mit anschließendem Kolbenfresser führen.

Es gab keinen Zusammenhang der Motorschäden zu:

- Traktorhersteller
- Motortyp
- Einspritzpumpentyp
- Einspritzdüsenwechsel
- Umrüster
- Schmieröltyp

Es gab einen Zusammenhang zum Umrüstkonzept:

- Kein Traktor mit 2-Tanksystem hatte einen Motorschaden

Schmierölpolymerisation

Bei allen bisherigen Anwendungen von Rapsölkraftstoff kommt es betriebsbedingt zu einem signifikanter Eintrag von Rapsöl in das Motorenschmieröl. Dabei gelangt aus dem Brennraum über Kolbenring und Zylinderwand periodisch eindringenden „Blow-by-Gas“ in das Motorenöl. Dieses Durchblasegas enthält unter anderem flüssigen unverbrannten Kraftstoff, Wasser sowie reaktionsfreudige angecrackte Kraftstoffbestandsteile und hochreaktive freie Radikale [3].

Aufgrund der hohen Siedelage der Pflanzenölkraftstoffe kommt es innerhalb eines Ölwechselintervalls zu einer Anreicherung dieser Kraftstoffe im Schmieröl, die zunächst zu einer Ölverdünnung des Öls führt. Mit zunehmender Kraftstoffkonzentration im Schmieröl und hoher thermischer Belastung steigt jedoch die Gefahr, dass die instabilen Kraftstoffbestandteile polymerisieren, die Viskosität plötzlich exponentiell ansteigt und durch Mangelschmierung schwere Motorschäden entstehen.

Insbesondere im Kaltbetrieb (Leerlauf, Teillastbetrieb) können sich erhebliche Mengen Kraftstoff im Schmieröl anreichern. Defekte Düsen, Kraftstoff und- Einspritzpumpen oder ungenügend umgerüstete Motoren begünstigen diesen Prozess. In Extremfällen werden daher Pflanzenölkonzentrationen zwischen 30 % und 40 % im Motoröl erreicht.

Der Zeitpunkt, bei dem der sprunghafte Viskositätsanstieg einsetzt, ist nur sehr schwer vorhersagbar. Er ist sowohl von der Kraftstoffqualität, der Schmierölqualität (Typ, Additivierung), dem Motorentyp, der Art der Umrüstung, den Betriebsbedingungen und dem Fahrverhalten abhängig.

Bisher gibt es keinen technischen Lösungsansatz, der den Eintrag von Kraftstoff in das Motorschmieröl sicher verhindert. Daher sind aus Sicherheitsgründen bisher die Schmierölwechselintervalle der Motoren sehr stark reduziert worden. Die Ölwechselintervalle der Traktoren im Demonstrationsvorhaben „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren 2001 bis 2005“ lagen bei ca. 250 Stunden, also bei 50 % der normalen Ölwechselintervalle im DK-Betrieb.

Zur Schmierölpolymerisation kam es in den letzten drei Jahren Rapsölbetrieb bei zwei Traktoren, bei Traktor 35 auf Grund zu späten Schmierölwechsels und bei Traktor 39 durch nicht normgerechten Kraftstoff (Sojaöl).

Traktor 35: Deutz Fahr Agrotron 165, 120 kW

Betriebsstunden:	5.800 Bh im Rapsölbetrieb
Ø Bh pro Jahr:	830 Bh
Kraftstoffeinsatz:	kaltgepresstes Rapsöl, im Winter DK
Umrüstung:	1-Tanksystem
Motoröl:	10-W40 Leichtlauföl
Motorölwechselintervall:	200 Bh
Motorölkontrolle:	ja, alle ca. 50 Bh
Einspritzdüsenwechsel:	vorbeugende Wartung 2000 Bh
Einsatzgebiet:	schwere Ackerarbeiten, Pflügen, Mähen

Schmierölpolymerisation mit 4.500 Bh, 380 Bh nach Ölwechsel

Bild 79: Traktor 35: Deutz Agrotron 165, 1-Tanksystem, 5.800 Bh
fährt im Winter mit DK, da Kaltstartschwierigkeiten
Schmierölpolymerisation bei 380 Bh Rapsöleinsatz
trotzdem keine Probleme im Rapsölbetrieb

Ursache der Schmierölpolymerisation war laut Traktorenbetreiber der zu späte Motorölwechsel. Bei diesem Traktor war durch Betreuung der Universität Rostock während des 100 Traktorenprogramms ein Schmierölwechselintervall von ca. 200 Betriebsstunden empfohlen worden. Bei 380 Betriebsstunden im Rapsölbetrieb kam es zu einer beginnenden Schierölpolymerisation, die der Traktorenbetreiber noch rechzeitig erkannte. Der totale Motorschaden konnte verhindert werden, d.h. es gab keinen Kolbenfresser.

Reparaturaufwand:
- Alle Kolben wurden erneuert.
- Die Laufbuchsen wurden neu eingeschliffen.
- Alle Motoröl führenden Leitungen wurden gereinigt.

Der Traktor fährt nach der Reparatur weiterhin mit Rapsöl.

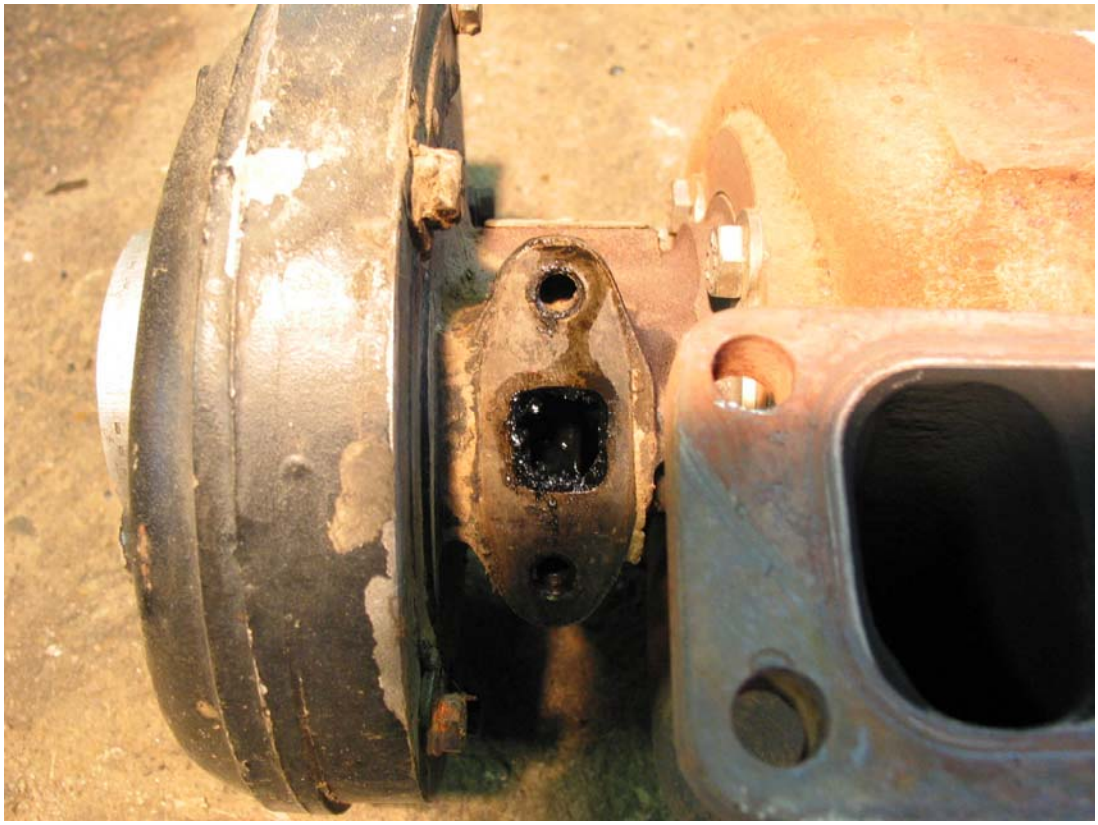

Bild 80: Beispiel: Schmierölpolymerisat in der Rücklaufleitung der Turboladerschmierung

Dieser Motorschaden hätte bei rechtzeitigem Motorölwechsel vermieden werden können.

Traktor 39: Fendt Favorit 716 Vario, 118 kW

Betriebsstunden:	6.000 Bh im Rapsölbetrieb
Ø Bh pro Jahr:	920 Bh
Kraftstoffeinsatz:	kaltgepresstes Rapsöl, im Winter DK beim Schadensfall: Sojaöl
Umrüstung:	1-Tanksystem
Motoröl:	15-W40
Motorölwechselintervall:	250 Bh
Motorölkontrolle:	ja, regelmäßig
Einspritzdüsenwechsel:	nein
Einsatzgebiet:	schwere Ackerarbeiten, wie Grubbern, Pflügen, Drillen mit Kreiselegge

Schmierölpolymerisation mit 3.440 Bh, 110 Bh nach Ölwechsel

Bild 81: Traktor 39: Fendt Favorit 716 Vario, 1-Tanksystem, 6.000 Bh
fährt im Winter mit DK, da Kaltstartschwierigkeiten
Schmierölpolymerisation nach 110 Bh Sojaöleinsatz
größtes Problem: Motorschaden

Die Ursache dieser Schmierölpolymerisation war die Kraftstoffqualität. Die Kraftstoffanalyse des Betriebsstofflabors der Universität Rostock wies reines Sojaöl statt Rapsöl nach. Nach ca. 110 Betriebsstunden im Sojaölbetrieb kam es zur Schierölpolymerisation mit Kolbenfresser und Laufbuchsenschäden sowie defekter Kurbelwelle. Der gesamte Motor war mit Schmierölpolymerisat überzogen.

Reparaturaufwand: - Austauschmotor

Der Traktor wurde nach der Reparatur auf das 2-Tanksystem umgerüstet und fährt weiterhin mit Rapsöl.

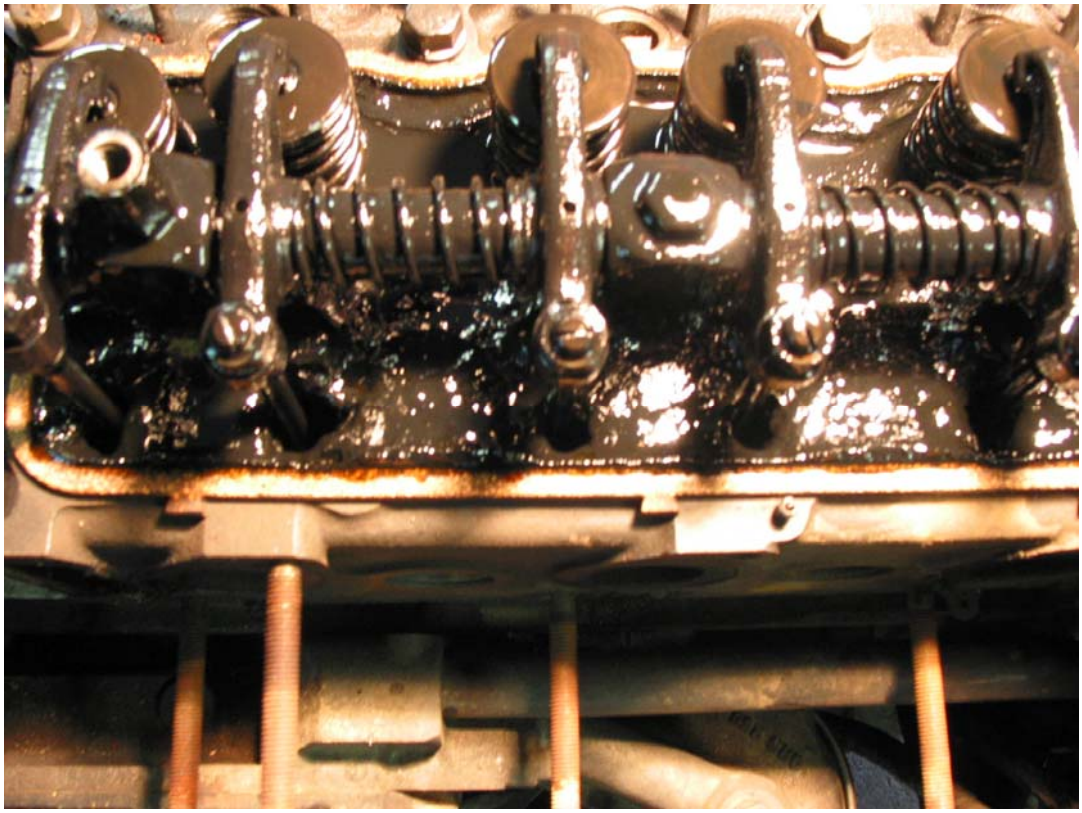

Bild 82: Beispiel: Zylinderkopf mit Schmierölpolymerisat

Dieser schwere Motorschaden hätte vermieden werden können, wenn Rapsöl eindeutig nach DIN V 51605:2006-07 bestellt worden wäre und nicht Sojaöl.
Sojaöl neigt stärker zur Schmierölpolymerisation (wesentlich mehr Doppelbindungen) als Rapsöl, weshalb die DIN-Vornorm Sojaöl als Kraftstoff ausschließt.

Auswertung der Reparaturkosten

Nach Auswertung der Interviews mit den Traktorenbetreibern und der Gespräche mit den Werkstätten konnten die Reparaturkosten für die Rapsölschäden ermittelt werden. Dabei sind übliche Wartungsarbeiten des Motors und rapsölunabhängige Reparaturen nicht mit einbezogen worden. Die Kosten für alle vorbeugenden Einspritzdüsenwechsel (keine Schäden) wurden in der finanziellen Auswertung der Betriebsstörungen mit erfasst Außerdem wurden die Reparaturkosten diese Projektes der Jahre 2006 bis 2008 denen der Jahre 2001 bis 2005 des 100 Traktorenprogramms gegenüber gestellt, **Bild 83.**

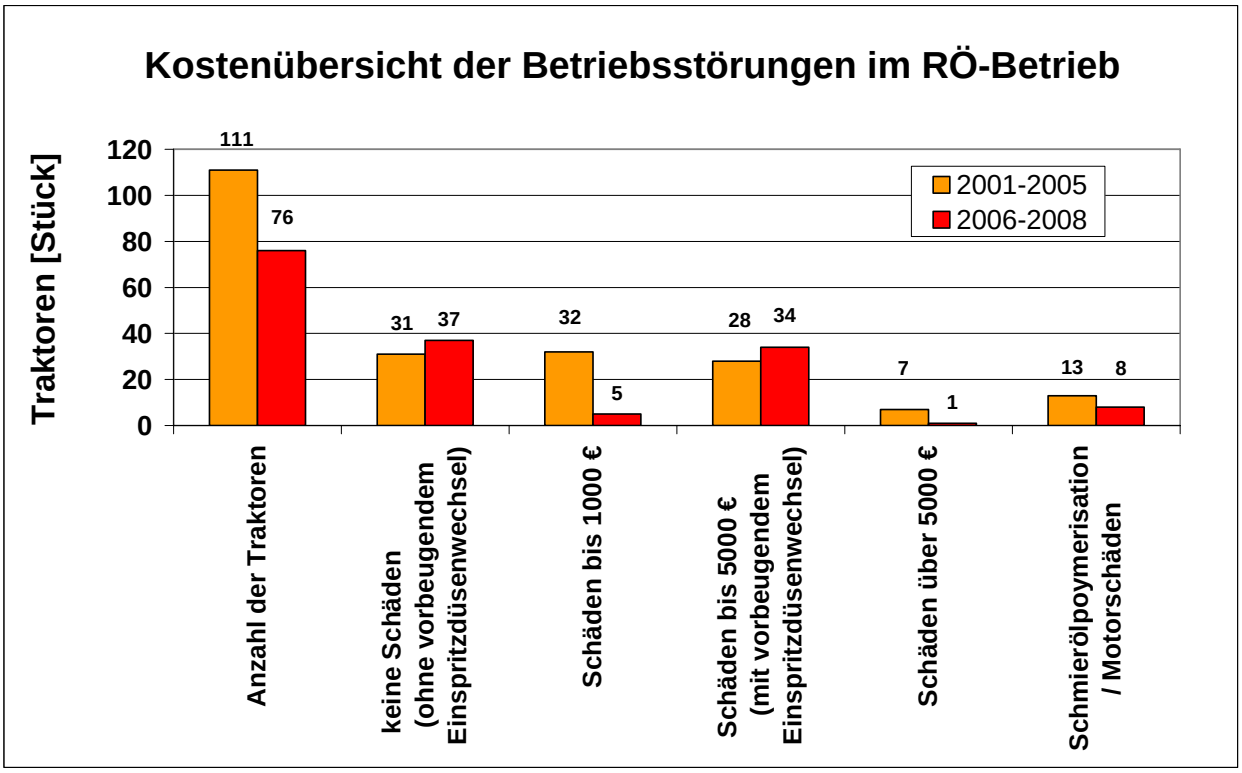

Bild 83: Vergleich der Reparaturkosten für Betriebsstörungen der Jahre 2006 bis 2008 der 76 Traktoren zu den 111 Traktoren des 100 Traktorenprogramms

Bei 37 von 75 Traktoren sind keine rapsölbedingten Störungen und damit keine Reparaturkosten aufgetreten.

Die Kosten bis 1000 € sind auf Reparaturen am Kraftstoffsystem, wie undichte Kraftstoffleitungen und Kraftstoffförderpumpen, zurückzuführen.

Die Kosten bis 5000 € liegen vorrangig an den Einspritzdüsenwechseln und Einspritzpumpenreparaturen. Diese Reparaturen haben nach sieben bis acht Betriebsjahren deutlich zugenommen. Das ist bei den erhöhten Betriebsstundenzahlen im Rapsölbetrieb normal, denn auch im Dieselbetrieb fallen mit steigenden Betriebsstunden des Motors erhöhte Reparaturkosten an.

Die Kosten über 5000 € sind bei einem Traktor angefallen, mit umfangreichen Reparaturen am Regler, Turbolader, Einspritzdüsen und -pumpen.

Die hohen Kosten für die Beseitigung der Schmierölpolymerisationen und der Motorschäden konnten nicht genau beziffert werden.

Die Kosten der Betriebsstörungen in den letzten drei Jahren haben im Verhältnis zur Laufzeit der Traktoren nicht zugenommen. Die Rapsöltraktoren können im Durchschnitt wirtschaftlich betrieben werden.

Bild 84: Traktor 24: Deutz Fahr Agrotron 100, 1-Tanksystem, 3.600 Bh Rapsölbetrieb, fährt immer kaltgepresstes RÖ, keine Probleme,

4.8 Auswertung des Fragenkomplexes von allgemeinem Interesse zum 100 Traktorenprogramm

Was war das größte Problem in den 7 Jahren Rapsölbetrieb?
Gab es auch nach dem Ende des 100 Traktorenprojektes Betreuung durch den Umrüster?
Betreiben sie weitere Maschinen mit Rapsöl?
Ist der Schlepper von dem gleichen Hersteller?
Haben Sie den Umrüster gewechselt?
Hat sich die, über das 100 Traktorenprogramm beschaffte, Eigenverbrauchstankstelle bewährt?
War es für Sie eine gute Entscheidung, den Traktor im Jahr 2001/2002 auf Rapsöl umrüsten zu lassen?

Wie schon im 100 Traktorenprogramm festgestellt, bewerten die Landwirte Betriebstörungen ihrer Traktoren sehr subjektiv und nicht immer wie erwartet nach Kosten oder Häufigkeit der Schäden. Auch bei Traktoren im DK-Betrieb treten Probleme auf, das ist für Landwirte normal.

Die Bestätigung dieser Aussage sind Antworten der Traktorenbetreiber auf die Frage nach dem größten Problem in den sieben Jahren Rapsölbetrieb:

2 von 4 Traktorenbetreibern mit Motorschäden antworteten:

- Es gab keine Probleme.
- Die ständige Zunahme des Motorenölstandes mit dadurch folgenden kurzen Ölwechselinterwalle war das größte Problem.

1 von 2 Traktorenbetreibern mit Schmierölpolymerisationen antwortete:

- Es gab keine Probleme. (Für eigene Fehler bin ich als Betreiber selbst verantwortlich.)

Ein Traktorenbetreiber bewertete eine Maus im Tank, die die Ansaugleitung im Jahr 2002 verstopfte, als größtes Problem, während andere Landwirte dies in der Ablehnung und in dem Neid ihrer Berufskollegen sahen.

Die Probleme im Rapsöleinsatz wurden sehr unterschiedlich empfunden und hatten nicht immer einen Zusammenhang mit dem Rapsöl. Die Zusammenfassung (mit Mehrfachangaben) der größten Probleme der letzten 7 Jahre Rapsöleinsatz ergab:

- 29 mal keine Probleme
- 1 mal Motorschaden 2x, Kolbenfresser
- 1 mal Schmierölpolymerisation mit Motorschaden
- 22 mal Reparaturen: Einspritzpumpen (8), Einspritzdüsen (3), Zylinderkopfdichtungen (2), Turbolader (2), Ventilstößel verbogen (1), Kraftstoffförderpumpe (2), Kraftstoffleitungen (1)
- 6 mal Kaltstartschwierigkeiten
- 7 mal Qualität des Rapsöls

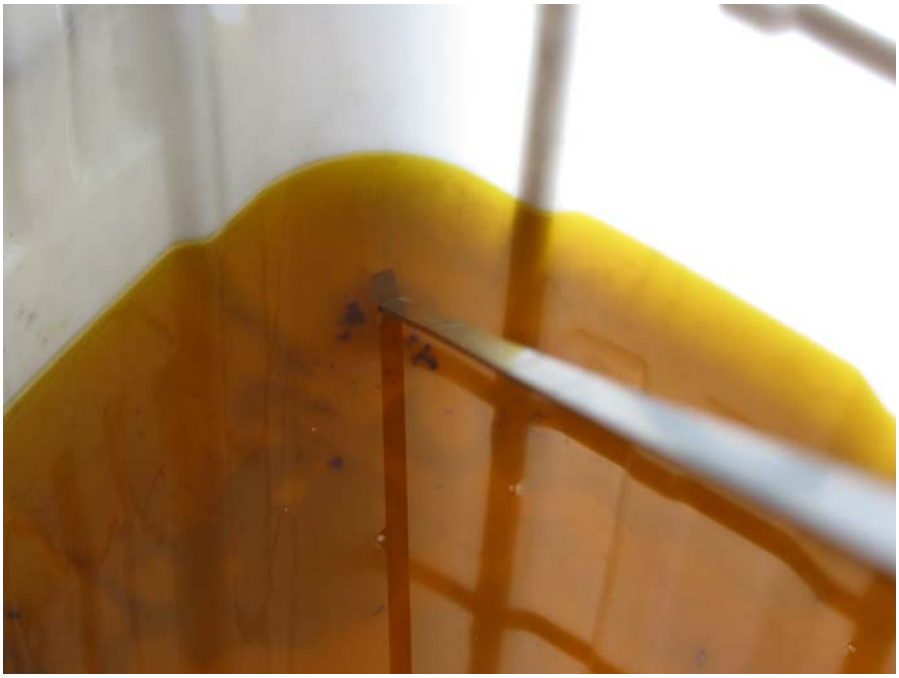

Bild 85: Verschmutzungen im Rapsöllagertank

- 4 mal Kraftstofffilterverschmutzung
- 2 mal Motoröleintrag ins Schmieröl
- 1 mal Luftloch in der Tanköffnung war verstopft (2005)
- 1 mal Spannungsverlust am Anlasser durch Masseverlust
- 2 mal steigende RÖ-Preise, teilweise RÖ-Lieferschwierigkeiten
- 1 mal die wechselnden Fahrer auf den Traktoren

Die Schadensfälle und deren Häufigkeit führten nicht unbedingt zu den größten Problemen der Traktorenbetreiber im Rapsölbetrieb Dabei spielt die positive Einstellung zum Rapsöleinsatz eine große Rolle bei der Einordnung der Betriebsstörungen der Traktoren.

Landwirte mit Problemen beim Einsatz von Rapsöl brauchen Hilfe. Darum gibt eine weiterführende Betreuung der Traktoren durch die Umrüster vielen Landwirten ein Gefühl der Sicherheit bei der Nutzung ihrer Traktoren. Die 76 Traktorenbetreiber wurden zu einer weiterführenden Betreuung durch ihre Umrüster nach dem Ende des 100 Traktorenprogramms befragt, siehe **Bild 86**.

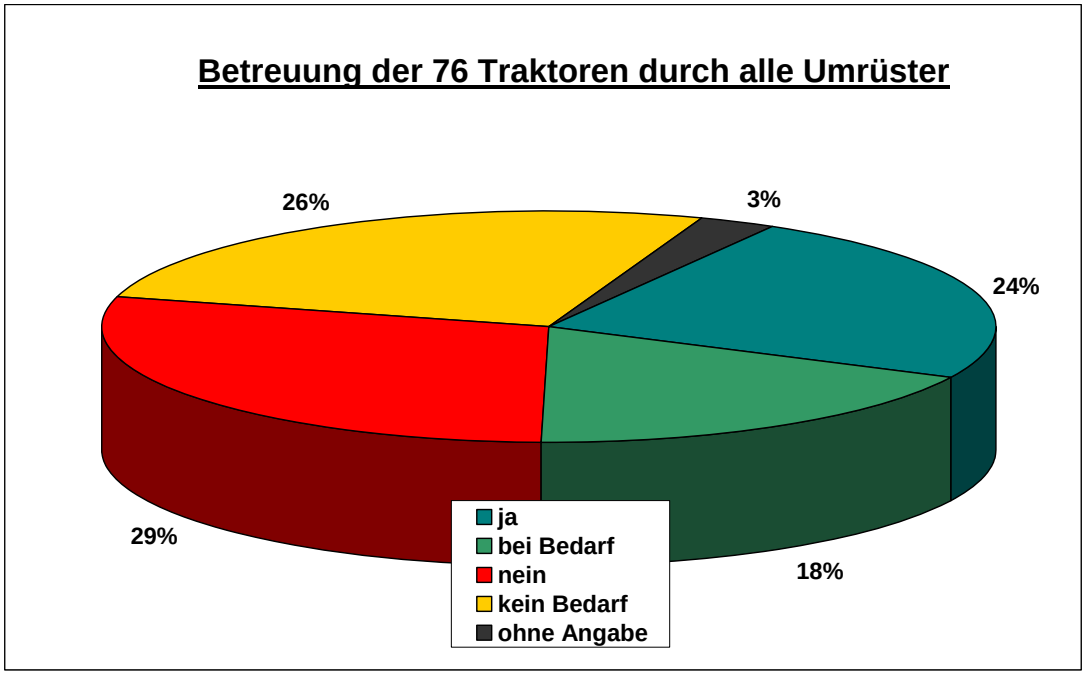

Bild 86: Betreuung der Traktoren durch alle Umrüster in den Jahre 2006 bis 2008

Der Kontakt der Umrüster zu vielen ihrer Landwirte wurde weiter aufrechterhalten. Die Traktorenbetreiber konnten sich mit Problemen an ihre Umrüster wenden. 26 % der Landwirte hatten aber keinen Bedarf. 29 % aller Traktorenbetreiber erhielten laut Angaben keine Betreuung.
Die Betreuung der Rapsöltraktoren wurde nach Umrüstern aufgeschlüsselt, **Bild 87.**

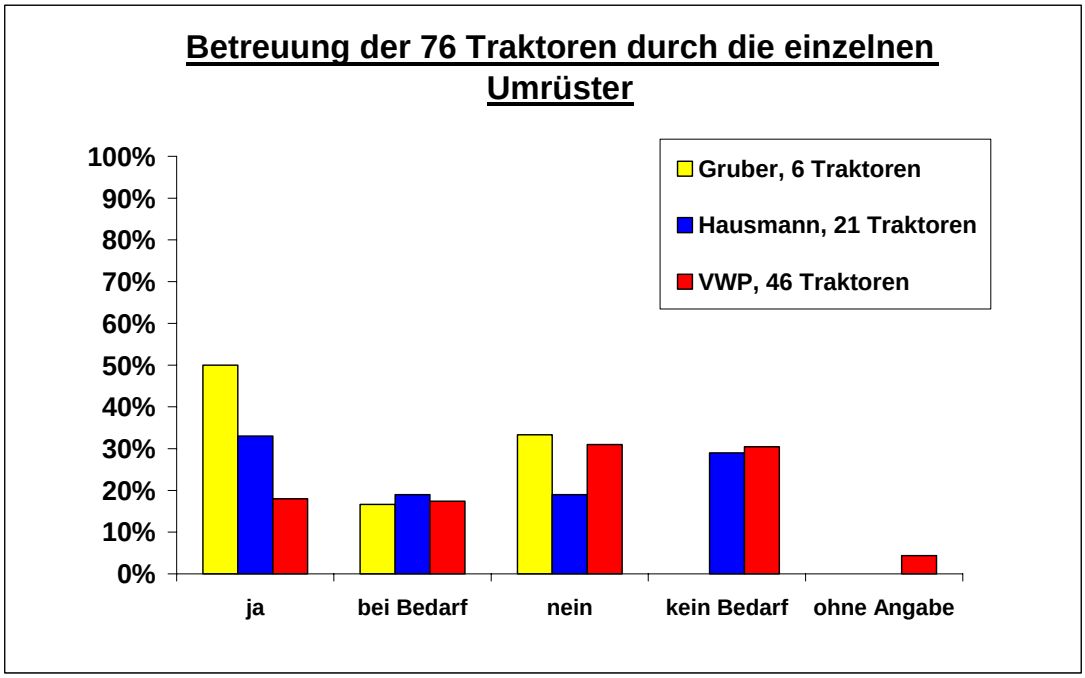

Bild 87: Betreuung der Traktoren durch die Umrüster Gruber, Hausmann und VWP

Die Landwirte empfanden die Betreuung des Umrüsters Gruber am geringsten, das kann an den Traktoren im 2-Tanksystem liegen, die sehr wenige Störungen hatten.

Während der Standort des Umrüsters VWP oft weit entfernt von seinen umgerüsteten Traktoren liegt, so dass es zu Betreuungsverlusten kommen kann.
Die Umrüster Igl, LBAG Lüchow und TCB Bastorf sind nur mit je einem Traktor in dieser Umfrage vertreten, deshalb sind sie nicht repräsentativ und wurden nicht bewertet.

Die weiterführende Betreuung der Traktoren durch die Umrüster ist nur in 71 % vorhanden, was als zu niedrig bewertet wird. Für hoch technisierte Produkte ist eine über die Lebensdauer lange Betreuung üblich.

Viele Landwirte betreiben weitere landwirtschaftliche Maschinen, die auch auf den Rapsölbetrieb umgerüstet wurden. Ob die weiteren Maschinen mit Rapsölbetrieb vom gleichen Hersteller kommen bzw. vom selben Umrüster dem Rapsölbetrieb angepasst wurden, zeigt die folgenden Auswertung.

31 von 76 Traktorenbetreibern fahren:	50 weitere Maschinen mit Rapsölkraftstoff		
	Davon:	25 Maschinen vom gleichen Hersteller	
		25 Maschinen vom anderen Hersteller	
	Hersteller:	Case:	Traktoren
		Claas:	Mähdrescher, Hächsler
		Deutz Fahr:	Traktoren, Mähdrescher
		Fendt:	Traktoren
		Holmer:	Rübenroder
		John Deere:	Traktoren
		Krone:	Hächsler
		Liebherr:	Radlader
		New Holland:	Traktoren, Mähdrescher
		Welte:	Traktor
	Umrüster:	25 Landwirte den gleichen Umrüster	
		5 Landwirte den Umrüster gewechselt	
		1 Landwirt hat selber umgerüstet	
	Umrüstkonzepte:	33 Traktoren	1-Tanksystem
		11 Traktoren	2-Tanksystem
		5 Traktoren	RÖ/DK-Gemisch
		1 Traktor	RME
Außerdem:		2 Landwirte betreiben:	Rapsöl-BHKWs

Im Rahmen des 100 Traktorenprogramms erhielt der größte Teil der Landwirte eine Rapsöltankstelle. Die Größe der Eigenverbrauchstankstelle bestimmte jeder Landwirt selber. Sie schwankte vom 1 m³ PE-Behälter ohne Pumpe und Zählwerk bis zur 20.000 l Tankstelle mit Pumpe und Zählwerk. Von Interesse war, wie sich diese, über das 100 Traktorenprogramm beschafften, Eigenverbrauchstankstellen bewährt haben, siehe **Bild 88.**

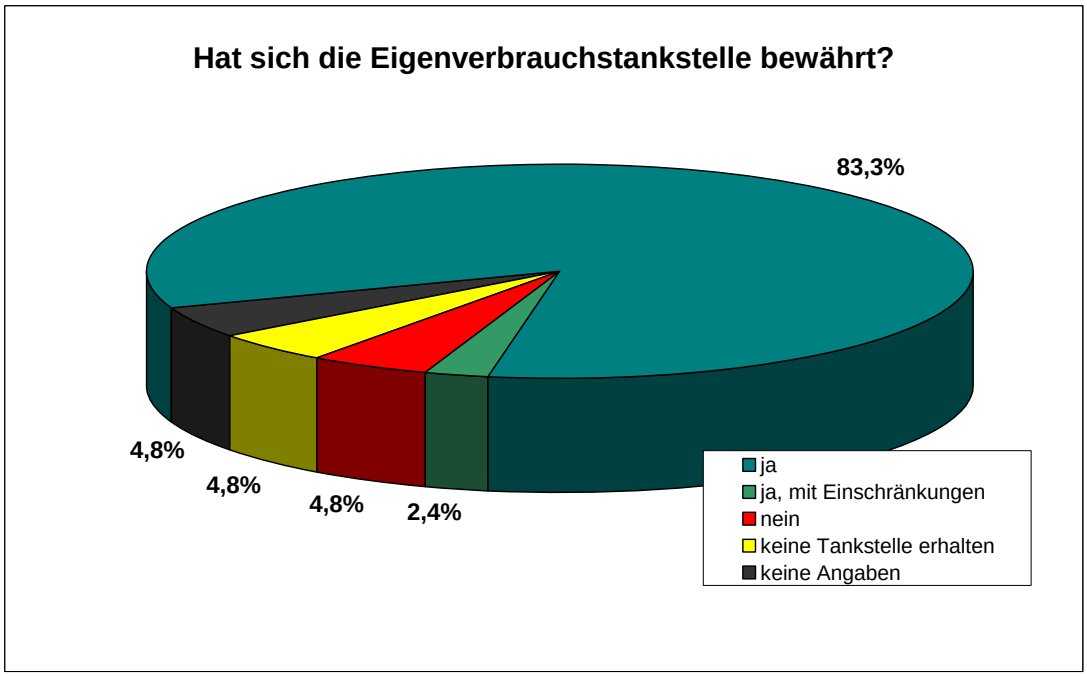

Bild 88: Prozentualer Anteil der Zufriedenheit der 84 Traktorenbetreiber mit der Eigenverbrauchstankstelle

Über 83 % der Traktorenbetreiber sind mit ihrer Tankstelle für Rapsöl sehr zufrieden.

Bei der Befragung gaben einige Traktorenbetreiber folgende Mängel an:

- Leitungen undicht, Haarrisse, Zapfsäule nicht mehr lesbar
- keine automatische Abschaltung
- Zahnradpumpendisplay defekt, Rückschlagklappe defekt
- Undichtheiten an der Entnahme, es tropft
- bei Minustemperaturen schafft die Pumpe keine Leistung
- 1 m³ PE-Behälter sind besser zu säubern

Weiterhin ist festzustellen, dass Rapsöl erhöhten Aufwand bei der Sauberhaltung und Reinigung der Umgebung erfordert, dies zeigt sich deutlich an den Tankstellen. Rapsölrückstände sind klebrig und verharzen, so dass sich darauf der Schmutz ansammelt und das Sauberhalten der Tankstellenumgebung wesentlich erschwert wird.

Bild 89: Rapsöl-Tankstellenumgebung ist schwierig sauber zu halten

Bild 90: Rapsöl-Tankstellenumgebung ist schwierig sauber zu halten

Zum Abschluss des Interviews wurden die 76 Landwirte gefragt, ob es eine gute Entscheidung war, den Traktor im Jahr 2001/2002 auf Rapsöl umrüsten zu lassen. 72 (95 %) Traktorenbetreiber sind von der Richtigkeit der Umrüstung ihres Traktors auf Rapsöl im Jahr 2001/2002 überzeugt, **Bild 91.** Die Antwort spricht für die Nutzung des Kraftstoffes Rapsöl.

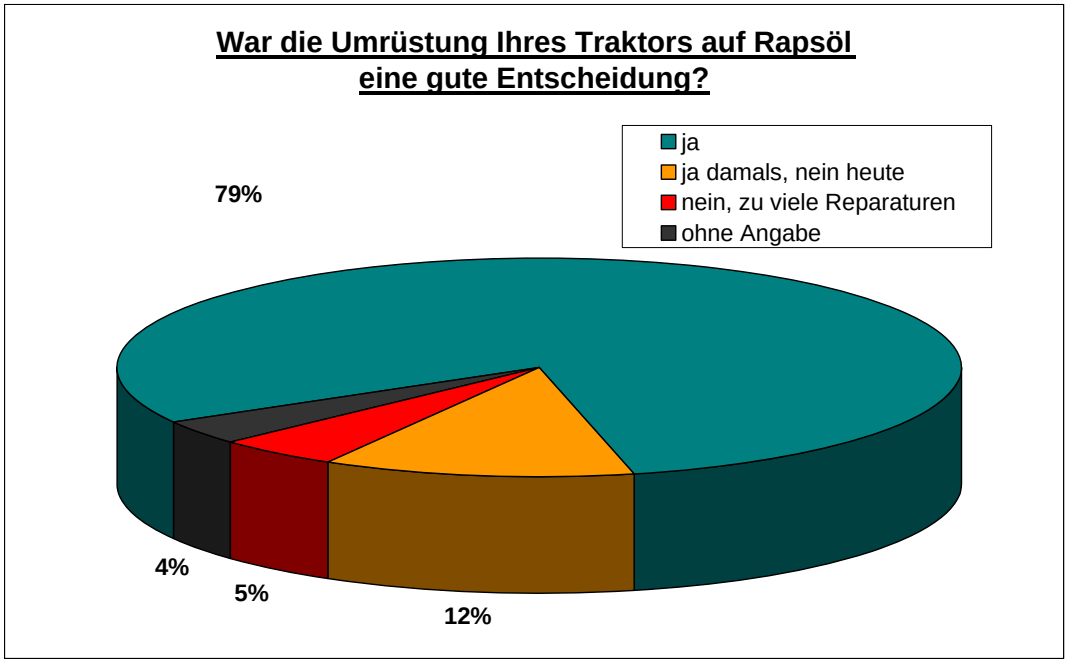

Bild 91: Prozentuale Erfassung der Entscheidung zur Rapsölumrüstung

10 Landwirten machten Abstriche zum „Ja“ nur, weil der Rapsölpreis in den letzten Jahren drastisch angestiegen ist. Die Auswirkungen treffen die Landwirte sofort.
Die 2 der 3 Traktorenbetreiber, die ihre Entscheidung für den Rapsöleinsatz bereuten, waren von größeren Motorschäden betroffen (Tre 5 mit 2 Schäden und Tre 108).

Das positive Bekenntnis der 72 von 76 Landwirten zum Rapsöleinsatz zeigt die Einstellung der Landwirte zum Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen. Trotz des notwendigen Mehraufwandes beim Einsatz von Rapsöl in Traktoren sind die Landwirte bereit, diese zusätzlichen Arbeiten auf sich zu nehmen.

5. Zusammenfassung und Ausblick

In dem Projekt „Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz“ wurden die Betriebszustände der Traktoren des „100 Traktorenprogramms“ nach sieben bis acht Jahren Rapsölbetrieb erneut von der Universität Rostock untersucht, analysiert, bewertet und mit dem „100 Traktorenprogramm“ verknüpft sowie Schlussfolgerungen aus der Langzeitwirkung des Rapsölbetriebs in Motoren gezogen.

Die Auswertung der Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren von 2001 bis 2008 stützt sich auf 76 Traktoren im Rapsölbetrieb, davon fuhren:

- 69 Traktoren mit dem 1-Tanksystem (RÖ und/oder Vollraffinat)
- 7 Traktoren mit dem 2-Tanksystem (DK und RÖ).

Inzwischen sind 22 von 76 Traktoren (29 %) über 5000 Stunden im Rapsölbetrieb gefahren und liefern wesentliche Informationen über Langzeiterfahrungen und Dauerhaltbarkeit während der Nutzungsdauer.

Als Ergebnis der Untersuchungen kann festgestellt werden:

- Der Kaltstart ist weiterhin nicht umfassend gelöst. Durch das Kaltstartproblem der Traktoren im Rapsölbetrieb mit 1-Tanksystem ist ein Mehraufwand bei den Startvorbereitungen vorhanden. Die Motorblockvorwärmung allein reicht nicht aus. Auch die Einspritzdüsen sollten beheizt werden.
- Das Tankverhalten der Traktorenbetreiber hat sich nach dem Ende des 100 Traktoren-programms verändert. Bei niedrigen Außentemperaturen im Winter tanken die Landwirte flexibel und setzen DK bzw. RÖ/DK-Mischungen ein, um besser starten zu können.
- Keiner der Traktoren, die auf das 2-Tanksystem umgerüstet wurden, hatte Kaltstart-schwierigkeiten. Dieses Umrüstkonzept ist beim Kaltstart eindeutig im Vorteil.

- Die Beschaffung/Erzeugung von Rapsöl nach DIN V 51605:2005-06 lag in der Verantwortung der Traktorenbetreiber, wobei 46 % der Eigenpresser und 91 % der von Ölmühlen belieferten Landwirte keine Rapsölqualität kontrollierten.

- Die Traktorenbetreiber sind eher bereit, eventuell häufigere Rapsölfilterwechsel in Kauf zu nehmen, als ein Qualitätsmanagement für das Rapsöl einzuführen. Wobei die im Feld anzutreffende Kraftstoffqualität nach Auskünften der Traktorenbetreiber einen störungsfreien Motorbetrieb ermöglicht und damit scheinbar besser ist als vermutet.
- Wie zum Ende des 100 Traktorenprogramms, gab es keinen Zusammenhang zwischen Prüfung der Rapsölqualität und schweren Betriebsstörungen der Traktoren. Es kam aber zu Betriebsstörungen durch den Einsatz von Sojaöl (nicht normgerechter Rapsölkraftstoff durch nicht eindeutige Kraftstoffbestellung).

- Über 31 % der Landwirte wechselten ihre Kraftstofffilter erst nach über 500 Bh, dass heißt, oft wurden nur einmal oder alle 2 Jahre die Kraftstofffilter im Rapsölbetrieb gewechselt.
- Es konnten unterschiedliche Betriebsmanagements der Traktorenbetreiber für die Festlegung zum Kraftstofffilterwechsel festgestellt werden:
  - Landwirte, die ein Rapsölqualitätsmanagement eingeführt haben, führen auch meist die Serviceintervalle entsprechend Herstellerwartungsplänen durch.
  - Landwirte, die wenig Arbeit in das Rapsölqualitätsmanagement investieren und erst bei auftretenden Betriebsschwierigkeiten durch Filterwechsel reagieren.

- Über 92 % aller Traktorenbetreiber führten eine tägliche Motorölkontrolle durch, um außergewöhnlichen Rapsöleintrag ins Motoröl festzustellen und eine Schmierölpolymerisation zu verhindern.
- Wurde zu Beginn des 100 Traktorenprogramms oft aus Kostengründen die Motoröl-sorten gewechselt, wurden in den letzten drei Jahren die Motorölsorten eingesetzt, die sich erfolgreich bewährt hatten.

- Da bei den Traktoren ab Januar 2006 die Motorölqualität von der Universität Rostock nicht mehr für den Betreiber kostenlos überprüft wurde und die Kosten für Motorölanalysen und Anlieferung in einem Betriebsstofflabor höher als ein Motorölwechsel sind, halten sich die Traktorenbetreiber an die Empfehlung der Universität Rostock und des TFZ Straubing, Motorölwechselintervalle des DK-Betriebs zu halbieren bzw. die aus den Jahren 2001 bis 2005 herausgearbeiteten optimalen Intervalle einzuhalten.

- 65 der 76 Traktorenbetreiber (86 %) bestätigten, dass ihr Traktor noch die gleiche Leistung wie zum Zeitpunkt der Umrüstung hat. Dabei ist kein Unterschied beim Vergleich der Umrüstkonzepte 1-Tanksystem und 2-Tanksystem erkennbar.

- Über 80 % der Landwirte setzen ihre Rapsöltraktoren für schwere Ackerarbeiten ein. Die Landwirte halten sich an den Stand der Technik, die Schlepper nicht für häufigen Kurzzeitbetrieb und leichte Arbeiten einzusetzen und erfüllen damit eine wesentliche Voraussetzung für den störungsfreien Rapsölbetrieb.

- Nach sieben bis acht Jahren Rapsölbetrieb fuhren 37 (49 %) der 76 Traktoren immer noch ohne rapsölbedingte Schäden.
- Die Reparaturen der Motoren haben nach sieben bis acht Betriebsjahren zugenommen. Das ist bei den erhöhten Betriebsstundenzahlen im Rapsölbetrieb, wie auch im DK-Betrieb, normal. Hier muss einschränkend beachtet werden, dass erst 22 von 76 Traktormotoren (29 %) die 5000 Stunden im Rapsölbetrieb erreicht haben.

-15 von 69 Traktoren mit 1-Tanksystem hatten Störungen an den Einspritzpumpen. Damit setzte sich der Trend aus dem 100 Traktorenprogramm fort, dass Probleme mit den Einspritzpumpen im Rapsölbetrieb auftreten.
- Wobei sich Pumpe-Leitung-Düse-Systeme gut bewährt haben.
- Verteilereinspritzpumpen sollten im Rapsöleinsatz nicht mehr eingesetzt werden.
- Einspritzpumpen, die im 2-Tanksystem betrieben wurden, waren störungsfrei und dauerfest.

- 41 von 76 Traktoren (54 %) liefen nach sieben bis acht Jahren noch mit den ersten Einspritzdüsen.
- Die Empfehlung der Universität Rostock für vorbeugende Wartungsarbeiten an den Einspritzdüsen nach ca. 1500 Rapsölbetriebsstunden haben die Traktorenbetreiber kaum angenommen. Nur 5 Traktorenbetreiber ließen die Einspritzdüsen ihrer Traktoren regelmäßig austauschen.
- Einspritzdüsenwechsel wurden oft in Zusammenhang mit Reparaturen durchgeführt. Außerdem stieg die Anzahl der Wechsel mit den Betriebsstunden der Rapsölmotoren.

- Es sind 4 schwere Motorschäden im 1-Tanksystem durch Kolbenfresser aufgetreten. Die Ursache hierfür war eine ungenügende Umrüstung, die eine nicht optimale Einspritzung des Kraftstoffs mit einer späteren Verbrennung zur Folge hatte. Eine späte Verbrennung führt zu einer stärkeren thermischen Belastung der Kolben, die in Zusammenwirkung mit der Kolbenringverkokung, wie in diesen Fällen, zu Kolbenfressern führen kann.
Diese 4 Motoren hatten außerdem kurze Schmierölwechselintervalle (einen hohen Eintrag von Rapsöl in das Schmieröl), was ein weiterer Hinweis auf eine nicht optimale Umrüstung ist.

- Die Kosten der Betriebsstörungen in den letzten drei Jahren haben im Verhältnis zur Laufzeit der Traktoren nicht zugenommen. Die Rapsöltraktoren können im Durchschnitt wirtschaftlich betrieben werden.
- Bei 34 Traktoren sind Reparatur-/Wartungskosten bis 5000 € angefallen, die vorrangig auf die Einspritzdüsenwechsel und Einspritzpumpenreparaturen zurückzuführen waren.

- Es ist festzustellen, dass es durch den Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff nicht zu vermehrten Schäden am Triebwerk, am Ansaugsystem, am Abgassystem inkl. Turbolader gekommen ist. Die Ablagerungen in den Abgas- und Ansaugkanälen führten zu keinen vermehrten Störungen im Rapsölbetrieb.

- Auf Grundlage der Auswertung der Störungen nach sieben bis acht Jahren Rapsölbetrieb kann festgestellt werden, dass Traktoren mit 2-Tanksystem deutlich weniger störanfällig im Rapsölbetrieb waren als Traktoren mit 1-Tanksystem.
Eine Ursache ist das bessere Betriebsverhalten der Motoren bei Niedriglast. Eine zweite Ursache hierfür ist nach jetzigem Kenntnisstand die Reinigungswirkung des beim 2-Tanksystem zwischenzeitlich immer wieder gefahrenen DK, so dass weniger Ablagerungen im Einspritzsystem des Motors entstehen können.

- Die größten Probleme der letzten 7 Jahre Rapsöleinsatz waren:
    - Reparaturen
    - Kaltstartschwierigkeiten
    - Qualität des Rapsöls und Kraftstofffilterverschmutzungen

- Motoröleintrag ins Schmieröl
- Steigende RÖ-Preise, teilweise RÖ-Lieferschwierigkeiten
- Wechselnde Fahrer auf den Traktoren

- Die weiterführende Betreuung der Traktoren durch die Umrüster ist nur bei 71 % der Traktorenbetreuer vorhanden.

- Im Rahmen des 100 Traktorenprogramms erhielt der größte Teil der Landwirte eine Rapsöltankstelle. Über 83 % der Traktorenbetreiber sind mit ihrer Tankstelle für Rapsöl weiterhin sehr zufrieden.

- 72 von 76 Landwirten sind von der Richtigkeit der Umrüstung ihrer Traktoren auf Rapsöl in den Jahren 2001/2002 überzeugt. Trotz der notwendigen Sorgfalt beim Einsatz von Rapsölkraftstoff in Traktoren sind die Landwirte bereit, diese zusätzlichen Arbeiten aus Überzeugung auf sich zu nehmen.

- Zum Ende dieses Projektvorhabens 2008 fuhren von im Jahr 2001 von der FNR und Universität Rostock ins 100 Traktorenprogramm aufgenommenen 107 Traktoren noch:
  - 46 Traktoren mit 1-Tanksystem im Rapsölbetrieb
  - 7 Traktoren mit 2-Tanksystem im Rapsölbetrieb
  - 2 Traktoren mit RÖ-DK-Mischungen
  - 10 Traktoren im reinen DK-Betrieb
  - 19 Traktoren wurden verkauft (9 Neuinvestitionen fahren wieder mit Rapsöl)
  - 23 Traktoren ohne Angaben.

Das 2001, durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe im Auftrage des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft, aufgelegte Projekt „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“ und dieses in 2008 bearbeitete Projekt „Dauerhaltbarkeit von Rapsölmotoren im Praxiseinsatz“ (gefördert durch die FNR) haben gezeigt:

- Tier I-Motoren (EURO Stufe 1) für Landmaschinen können prinzipiell mit Rapsöl betrieben werden.

Die mit den Traktoren gewonnenen Erkenntnisse gelten auch für moderne Motoren, wobei natürlich die geänderten Einspritzsysteme gesondert betrachtet werden müssen.

Bild 92: Traktor 88: Deutz Agrotron 135, 1-Tanksystem, 2.990 Bh Rapsölbetrieb fährt immer mit reinem RÖ, keine Probleme

Der Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff in der Landwirtschaft ist weiterhin ein interessantes Aufgabenfeld.

Raps als Basis für das Rapsöl wird auch in Zukunft als Fruchtfolge auf dem Ackerboden eingesetzt, so dass weiterhin Rapsöl als Treibstoff zur Verfügung stehen wird.

Durch die Nutzung dezentraler Ölmühlen zur Gewinnung des Rapsöls aus der Saat kann der Landwirt sich selbst mit günstigem kaltgepressten Rapsöl als Kraftstoff versorgen (Eigenpresser). Zudem hat die deutsche Gesetzgebung festgelegt, dass Pflanzenöl als Kraftstoff für die Landwirtschaft auch in der Zukunft von der Steuer befreit bleibt.

Rapsöl ist ein nachhaltiger Kraftstoff aus der Landwirtschaft für die Landwirtschaft, dessen Einsatz deshalb gesellschaftlich und politisch gefordert wird.

6. Literaturverzeichnis

[1] *Abschlussbericht über die Begleitforschung zum Demonstrationsvorhaben „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“,* im Auftrag des BMVEL, FNR-Aktenzeichen 00 NR 200 (Dezember 2005, Universität Rostock)

[2] *Gutachten zum Stand der Technik bei den Umrüstkonzepten für Traktoren auf den Betrieb mit Rapsöl,* im Auftrag des BMVEL, FNR-Aktenzeichen 00 NR 200 (Juni 2002, Universität Rostock)

[3] Möller,U.; Boor,U.: *„Schmierstoffe im Betrieb“*, VDI-Verlag, Düsseldorf, 1987, S. 51

[4] *Abschlussbericht über das Forschungsvorhaben „Rapsölbefeuerte Traktoren mit abgaszertifizierten Motoren nach Euro Stufe 3“,* FNR-Aktenzeichen 05 NR 211 (August 2008, Universität Rostock)

[5] Wichmann, V.: *Dissertation zu Konzepten und Betriebsstrategien für die Nutzung von Rapsölen in Verbrennungsmotoren für den Einsatz in Landmaschinenmotor* (Oktober 2008, Universität Rostock)

[6] Technologie- und Förderzentrum TFZ in 94315 Straubing