



Felderprobung Rapsöl pur

P. Dönges, Dr. H. Traulsen
DEULA Schleswig-Holstein GmbH

Die Arbeit wurde gefördert von:



Innovationsstiftung Schleswig-Holstein, Kiel



Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V., Gülzow



Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Kiel



Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Berlin

Felderprobung Rapsöl pur

P. Dönges, Dr. H. Traulsen

DEULA Schleswig-Holstein GmbH

Gliederung	Seite
1. Einleitung.....	3
2. Durchführung der Felduntersuchung	4
3. Datenerhebung.....	7
3.1 Erklärung der Bewertungsskala.....	7
4. Kriterien für Auswahl der Umrüstsysteme.....	10
5. Untersuchte Systeme	11
5.1 Eintank-Systeme.....	11
5.1.1 Beam Plus	12
5.1.2 E-oil	14
5.1.3 Hausmann	18
5.1.4 Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöl Technologie (VWP).....	19
5.2 Zweitank-Systeme	22
5.2.1 Autoteile Glött (ATG)	22
5.2.2 Elsbett.....	23
5.2.3 3E	24
5.2.4 Graml.....	26
5.2.5 Greten-Technik.....	26
5.2.6 Rapstruck	28
6. Weitere Umrüstungen.....	30
7. Schlussfolgerungen	33
8. Gesamtbewertung	35
9. Verbesserungsvorschläge	44
10. Empfehlungen.....	45
11. Zusammenfassung	46
Anhang 1. Datenerhebungsbogen	51
1. Erhebung und Analyse wichtiger Betriebsparameter	51
2. Befundung des Motors und des Umfeldes.....	52
Anhang 2. Adressen der Systemanbieter	56

1. Einleitung

Anfang 2005, mit Begrenzung der Agrardieselvebilligung und mit immer weiter steigenden Dieselpreisen, wurde Pflanzenöl als Kraftstoffersatz für Diesel immer interessanter. Speditionen wie auch landwirtschaftliche Betriebe fingen an, in größeren Stückzahlen ihre Maschinen umzurüsten. Werkstätten, die sich überlegten, Umrüstpartner eines Systemanbieters zu werden, hatten auf dem Gebiet Pflanzenöl kaum oder keine Erfahrung. Betreiber wollten das Risiko eines Motorschadens möglichst klein halten. Ein wichtiger Impuls war, dass Versicherungen anfangen, auch Motoren zu versichern, die mit Rapsöl betrieben wurden.

Die zu diesem Zeitpunkt vorliegenden Erfahrungen waren verschiedene theoretische Erhebungen, Aussagen der Systemanbieter aber auch die der „Hinterhofschauber“. Im Herbst 2005 veröffentlichte die Universität Rostock ihre Ergebnisse zum 100-Schlepper-Programm. Damit wurden wichtige Ergebnisse aus 3 Jahren Praxiserfahrung vorgelegt. Aber es gab keine Empfehlungen zu bestimmten Systemanbietern. Moderne Motoren mit z.B. Common Rail-Technik konnten in dem 2000/2001 aufgelegten Programm nicht erfasst werden. Mit dem gestiegenen Interesse der Landwirtschaft und von Speditionen an Rapsöl pur gab es eine stürmische Weiterentwicklung der Umrüstsysteme. Weil die Frage, welche Umrüstsysteme gut bzw. für welche Motorentypen empfehlenswert sind, nicht beantwortet werden konnte, führte die DEULA Schleswig-Holstein diese Erhebung durch.

Auf gute und umfangreiche Ergebnisse und Erkenntnisse konnte im Bereich des Rapsöles selbst zurückgegriffen werden. Das Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe in Straubing (TFZ), die Analytik-Service Gesellschaft Augsburg (ASG) und die Universität Rostock hatten auf diesem Gebiet bereits umfangreich geforscht.

Um nun in kurzer Zeit praxisnahe Antworten auf die Fragen der Landwirte und Werkstätten geben zu können, haben wir die Felduntersuchung Rapsöl pur von September 2005 bis Juli 2006 durchgeführt. Aufgabe der Felduntersuchung war, Maschinen die mit Rapsöl betrieben werden, in einer **Momentaufnahme** zu beurteilen. Die Befundungen wurden nur von einer Person, einem landtechnischen Lehrer der DEULA Schleswig-Holstein, durchgeführt. Die Ergebnisse sind nicht statistisch abgesichert. Es ging bei dieser Beurteilung vor allem darum festzustellen, wie gut oder schlecht die Maschinen mit Rapsöl funktionierten.

Dabei war uns wichtig, jeweils die gesamte Situation zu erfassen. D.h. wie wurde die Maschine eingesetzt (Auslastung), welches Umrüstsystem wurde verbaut, wie war

die handwerkliche Ausführung der Umrüstung, in welchen Intervallen wurde Öl gewechselt, wie war der Zustand des Einspritzsystems und des Motors, wie Lagerung und Qualität des Pflanzenöles usw. Die Studie beruht auf Einzelfallbetrachtungen. Bei einem anderen Einsatzprofil der Motoren wären andere Ergebnisse denkbar. Rückschlüsse auf die Eignung bestimmter Motorentypen oder Umrüstanbieter sind deshalb nur bedingt möglich.

Nicht untersucht wurde in dieser Studie die Zusammensetzung des Abgases.

Nach wie vor gibt es von den Motorherstellern keine Freigaben für Rapsöl pur. Das Risiko liegt also beim Betreiber oder evtl. einer speziellen Versicherung.

2. Durchführung der Felduntersuchung

Um gleichmäßige Untersuchungen durchführen zu können, haben wir die Felduntersuchung in zwei Teile aufgeteilt: zum einen im Anhang abgedruckten Datenerhebungsbogen und zum anderen die direkte Beurteilung des Motors und der Umrüstung. Diese Daten wurden dann ebenfalls auf dem Bogen notiert. Wenn es bei der Befundung mit dem Endoskop besondere Auffälligkeiten zu beobachten gab, so wurden diese fotografisch dokumentiert. Ebenso wurden Bauteile fotografiert, die Besonderheiten zeigten.

Nach der Erhebung der Daten, wurden die Maschinen soweit zerlegt, das die Einspritzdüsen ausgebaut werden konnten und man mit dem Endoskop in den Brennraum sehen konnte. Bei diesen Arbeiten wurde die Art und Ausführung der Umrüstung mitbeurteilt. Bei der Beurteilung der Brennräume war wichtig, ob sich Längsriefen in der Laufbuchse gebildet hatten, ob sich Ablagerungen im Feuerstegbereich des Kolbens in der Buchse am Zylinderkopf und den Ventilen gebildet hatten. Bei den Ventilen wurde bei geöffnetem Ventil das gesamte Ventil bis hoch zum Schaft beurteilt. Die Einspritzdüsen wurden auf Verfärbungen und Ablagerungen an den Düsen spitzen beurteilt, sowie auf Düsenöffnungsdruck, Spritzbild und Schnarren geprüft. Weiterhin wurde, wenn nötig, ein Kompressionsdiagramm erstellt und der Förderbeginn der Einspritzpumpe überprüft.

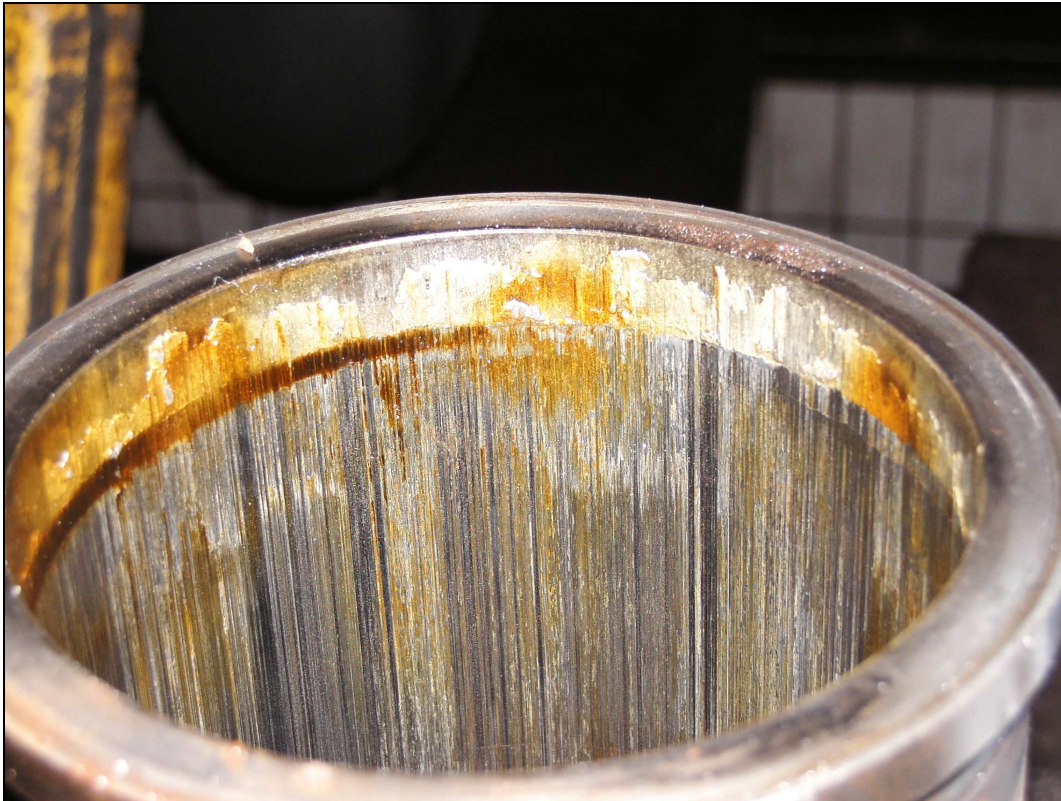


Abb. 1: Laufbuchse eines Motors mit Kolbenfresser aufgrund einer feststehenden Düsennadel. Die oberhalb des dunklen Randes zu sehenden Anlagerungen sind aus Aluminium. Dieser Bereich ist der Bereich des Feuersteiges am Kolben. Bis zum dunklen Rand kommt der erste Kolbenring. Dieser Bereich wurde immer auf Ablagerungen von Verbrennungsrückständen mit dem Endoskop untersucht, ebenfalls die Längsriefenbildung. Abb. 1 zeigt, wie ein extremes Schadensbild aussieht. Der Schaden hat nichts mit dem Einsatz von Pflanzenöl zu tun.



Abb. 2: Beispiel von Verkokungen an einem Ventil (10fache Vergrößerung).



Abb. 3: Düsen aus einem JD8100 (links leichte Verbrennungsrückstände).

3. Datenerhebung

Der Datenerhebungsbogen ist im Anhang abgedruckt.

Sehr interessant und auch wichtig waren Maschinen mit Problemen. Hier haben wir versucht, umfassend die Gründe für die Probleme zu erarbeiten. Dies hat uns viele Erkenntnisse gebracht, die bei anderen Befundungen noch weiter gefestigt werden konnten.

Wichtig war uns das Zusammenarbeiten mit den Landwirten, den Werkstätten, den Systemanbietern und anderen Institutionen.

Wir haben versucht, Hilfestellung zu geben und bei Problemen als Moderator zu agieren.

Weiterhin haben wir an verschiedenen Vortragsveranstaltungen teilgenommen, und bei diesen Gelegenheiten bereits auf allgemeine grundlegende Dinge hingewiesen, die uns während der Studie aufgefallen waren.

3.1 Erklärung der Bewertungsskala

Um die Ergebnisse der untersuchten Maschinen darzustellen, haben wir uns entschieden die Ergebnisse o auszuwerten, dass der Gesamteindruck der einzelnen Maschinen dargestellt wird.

In den Tabellen sind die unten näher ausgeführten Bewertungssymbole immer wieder zu finden und in ihrer Aussage auch gleich.

Zu beachten ist, dass wir z.B. Kleinigkeiten wie ein loses Kabel oder einen verstopften Filter nicht besonders negativ bewertet haben.

Sehr gut (++)

Mit sehr gut wurden Maschinen bewertet

- die absolut störungsfrei liefen
- die bei den Motorölanalysen weniger als 4% Pflanzenöleintrag (nach 100 Betriebsstunden) aufwiesen
- bei denen die Einspritzdüsen absolut ohne Befund waren (Öffnungsdruck und Spritzbild)
- die eine handwerklich sehr gut eingebaute Umrüstung aufwiesen
- bei denen keine anderen als im Dieselbetrieb auch übliche Ablagerungen zu beobachten waren
- die keinerlei Startprobleme hatten
- die weder in der Leistung noch im Kraftstoffverbrauch auffällig waren

- bei denen gute Umrüstmaterialien (Qualität) verwendet wurden
- eine sehr gute und ausführliche Dokumentation der Umrüstung vorhanden war (hydraulische und elektrische Schaltpläne, Wartungs- und Bedienungshinweise usw.)
- bei denen die Hilfestellung durch den Umrüster und den Systemanbieter sichergestellt war

gut (+)

Mit gut wurden Maschinen bewertet

- die störungsfrei liefen
- die bei den Motorölanalysen weniger als 6% Pflanzenöleintrag (nach 100 Betriebsstunden) aufwiesen
- bei denen die Einspritzdüsen ohne Befund waren (Öffnungsdruck und Spritzbild)
- die eine handwerklich gut eingebaute Umrüstung aufwiesen
- bei denen leichte, aber wie im Dieselmotorbetrieb auch unbedenkliche Ablagerungen zu beobachten waren (Feuerstegbereich, Ventile und Düsen)
- die keine Startprobleme hatten
- die weder in der Leistung noch im Kraftstoffverbrauch auffällig waren
- bei denen gute Umrüstmaterialien (Qualität) verwendet wurden
- eine ausführliche Dokumentation der Umrüstung vorhanden war
- bei denen die Hilfestellung durch den Umrüster und den Systemanbieter sichergestellt war

normal (0)

Als normal wurden Maschinen bewertet

- die kleinere Störungen hatten, die aber durch den Betreiber selbst behoben werden konnten
- die bei den Motorölanalysen weniger als 8% Pflanzenöleintrag (nach 100 Betriebsstunden) aufwiesen
- bei denen die Einspritzdüsen leicht im Öffnungsdruck abwichen (max. -10 bar)
- die eine handwerklich gut eingebaute Umrüstung aufwiesen
- bei denen leichte, aber wie im Dieselmotorbetrieb auch unbedenkliche Ablagerungen zu beobachten waren (Feuerstegbereich, Ventile und Düsen)
- die keine Startprobleme hatten
- die weder in der Leistung noch im Kraftstoffverbrauch auffällig waren
- bei denen Standardumrüstmaterialien (Qualität) verwendet wurden
- eine Dokumentation der Umrüstung vorhanden war
- bei denen die Hilfestellung durch den Umrüster und den Systemanbieter sichergestellt war

Probleme (-)

Als Maschinen mit Problemen wurden eingestuft

- die Störungen hatten, die durch eine Werkstatt behoben werden mussten (Ausfall von Umschaltventilen, Undichtigkeiten im Kraftstoffsystem usw.)
- die bei den Motorölanalysen mehr als 10% Pflanzenöleintrag (nach 100 Betriebsstunden) aufwiesen
- bei denen die Einspritzdüsen deutlich im Spritzbild und Öffnungsdruck von den Herstellervorgaben abwichen
- die Umrüstungen mit handwerklichen Mängeln aufweisen
- bei denen Ablagerungen zu beobachten waren, die über das übliche Maß hinausgingen und eine Fehlersuche nötig machten
- die sporadische Startprobleme hatten
- die leicht in der Leistung oder im Kraftstoffverbrauch auffällig waren
- bei denen Standardumrüstmaterialien (Qualität) verwendet wurden
- wenigstens eine teilweise Dokumentation der Umrüstung vorhanden war

schwere Probleme (- -)

Als Maschinen mit schweren Problemen wurden eingestuft

- die Schäden an Motorenkomponenten oder Einspritzpumpen hatten, die auf den Betrieb von Rapsöl zurückzuführen waren
- bei denen das Motorenöl deutlich innerhalb kurzer Zeit anstieg und die bei den Motorenölanalysen mehr als 15% Pflanzenöleintrag aufwiesen
- bei denen Einspritzdüsen oder Injektoren tropften oder ausfielen
- die immer wieder Startprobleme hatten, die auch nicht durch Nacharbeiten behoben werden konnten
- die deutliche Leistungseinbußen zeigten
- die im Brennraum, an Ventilen und Düsen deutliche bis starke Ablagerungen aufwiesen
- bei denen Längsriefen in den Zylinderlaufbuchsen zu erkennen waren
- bei denen es zur Polymerisation des Motorenöles gekommen ist

4. Kriterien für Auswahl der Umrüstsysteme

Bei der Auswahl der untersuchten Umrüstsysteme haben wir folgende Kriterien zugrunde gelegt:

- das Umrüstsystem sollte im ganzen Bundesgebiet angeboten werden
- es sollten wenigstens 5 Referenzmaschinen angegeben werden können
- Maschinen die befundet werden sollten, mussten wenigstens 200 Stunden mit Rapsöl betrieben worden sein
- der Systemanbieter musste Umrüstsätze für Landmaschinen anbieten
- der Betreiber der Maschine musste mit der Verwertung des Ergebnisses einverstanden sein
- es sollten Serienmaschinen befundet werden
- die Einsatzprofile sollten üblicher Praxis entsprechen

Durch den sich weiter entwickelnden Markt sind im Laufe der Studie noch Systemanbieter hinzugekommen, die nicht berücksichtigt werden konnten, weil zum einen der zeitliche Rahmen es nicht ermöglichte und weil die Anbieter oftmals erst anfangen, Erfahrungen in der Landwirtschaft zu sammeln. Ebenso konnten leider nicht alle Interessenten, die sich mit Ihren Maschinen an der Studie beteiligen wollten, berücksichtigt werden. Es sind uns fast 450 Maschinen benannt worden, 235 angesehen wurden, von denen 169 berücksichtigt werden konnten. Wir danken allen Betreibern, die sich aktiv an der Studie beteiligt haben. Die Betriebe, die nicht berücksichtigt werden konnten, bitten wir um Verständnis.

Ein uns wichtiger Punkt im Hinblick auf die untersuchten Maschinen ist die Tatsache, dass nur Maschinen untersucht wurden, die von den Betreibern selbst bei uns gemeldet wurden. Abgefragte Referenzmaschinen der Systemanbieter wurden zwar registriert aber nicht untersucht. Ein weiterer Punkt, auf den hier hingewiesen werden muss, ist die Anzahl der untersuchten Maschinen bei den einzelnen Systemanbietern. Hier haben wir den Schwerpunkt auf die Systemanbieter gelegt, die nicht mit im 100 Schlepperprogramm waren. Wenn sich bei 5 Motoren eines Umrüsters keine deutlichen Unterschiede zeigten und bereits Ergebnisse aus dem 100 Schlepper Programm vorlagen und die Ergebnisse mindestens zufriedenstellend waren, wurden keine weiteren Motoren dieses Umrüsters untersucht. Bei größeren Abweichungen wurden weitere Motoren befundet.

Zusätzlich wurden begleitend durch Telefonate und direkte Gespräche Werkstätten zu Erfahrungen mit den von ihnen angebotenen Systemen befragt. Auch wurden

begleitend verschiedene Versuche in der Praxis zur Festigung der Erkenntnisse durchgeführt.

5. Untersuchte Systeme

Eintank-Systeme

Beam Plus (Tögel)

E-oil

Hausmann

VWP

Zweitank-Systeme

ATG

Elsbett

3 E

Graml

Greten

Rapstruck

Weitere Umrüstungen

BT Plus

Bioltec

Eigenumbau

Kurzbeschreibung der Umrüstsysteme:

5.1 Eintank-Systeme

Eintanksysteme sollen für den Fahrer eine komfortable Lösung darstellen. Es braucht nur eine Kraftstoffsorte mitgeführt zu werden und auch das Umschalten zwischen den Kraftstoffen entfällt. Vom Starten bis zu Abstellen des Motors wird nur ein Kraftstoff benutzt. Dabei sind die Anlagen so aufgebaut, dass auch der Betrieb mit Dieselmotorkraftstoff möglich ist. Gerade bei den Eintanksystemen ist der Aufbau der Umrüstungen sehr unterschiedlich. Wichtig ist aber für eine erfolgreiche Umrüstung, dass der Motor auch unter ungünstigen Arbeitsbedingungen arbeitet. D.h. auch im Schwachlastbetrieb sollten sich keine Ablagerungen an den Kolben, Zylindern, Ventilen und Einspritzdüsen bilden. Ebenso muss der Motor sicher starten.

5.1.1 Beam Plus

Das Umrüstsystem der Firma Beam Plus soll in seiner Hauptwirkung das Pflanzenöl entgasen. Hierzu wird ein Behälter an der Maschine angebracht, in den Glühstifte eingebaut sind, die den Kraftstoff erwärmen. Durch die zugeführte Wärme sollen die Gasblasen aufsteigen und über die Rücklaufleitung des Behälters zum Tank gelangen. Der Behälter ist mit zwei Temperaturschaltern ausgestattet, die die Glühstifte steuern. Der Kraftstoff wird von einer zusätzlichen Außenzahnradpumpe vom Tank zu dem Verbrauchsbehälter vor der Einspritzpumpe gefördert. Hier wird der Kraftstoff erwärmt und von der Einspritzpumpe angesaugt. Der von der Einspritzpumpe und den Einspritzdüsen nicht benötigte Kraftstoff (Leckkraftstoff/Rücklauf) wird in den Verbrauchsbehälter zurückgeführt. Durch den vom Einspritzsystem und der Strahlungswärme erwärmten Kraftstoff wird auch der vom Tank geförderte Kraftstoff mit erwärmt.

Bei den untersuchten Maschinen wurde festgestellt, dass die Materialqualität der Anlagen nicht immer zufriedenstellend war. Es gab z.B. geplatzte Verbrauchsbehälter oder bei Anlagen, die nicht unter der Motorhaube verbaut wurden, musste ein Schutz durch die Betreiber selbst nachgerüstet werden. Die zusätzlichen Kraftstoffförderpumpen machten häufig Probleme. Festgestellt wurde weiterhin, dass bei Traktoren, die mit unterschiedlicher Motorauslastung betrieben wurden, die Umrüstung darauf nicht reagieren konnte. Es zeigten sich in den Zylindern, an den Einspritzdüsen und auch an den Ventilen starke Ablagerungen und auch ein entsprechender Leistungsabfall. Bei einem Traktor allerdings war nichts dergleichen zu beobachten. Diese Maschine wurde aber auch hauptsächlich mit hoher Motorlast betrieben.



Abb. 4: Umrüstung eines Fendt Traktors mit Beam Plus System. Gut zu erkennen ist der grundsätzliche Aufbau des Systems (zusätzliche Kraftstoffpumpe, Behälter für die Pflanzenölerwärmung durch Glühkerzen sowie Temperaturfühler)

Tab. 1: Beam plus (11 Maschinen)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
MF 8000	3150	420	Schwere Arbeiten	0
MF 8000	2400	200	Schwere Arbeiten	-0
Case CS	4345	360	normal	-
Case CS	2680	240	normal	-
Case CVT	1630	220	leicht - normal	-0
Case CVT	1450	310	normal	-0
Case 1455	6320	280	leicht - normal	0
MAN D20	4500	200	normal	0+
MAN D 20	5240	400	Schwere Arbeiten	0+
MAN D 20	3760	245	normal	0
MAN D20 (VP44)	2310	850	normal	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.1.2 E-oil

Der Umbau der Firma E-oil soll in erster Linie das Pflanzenöl entgasen. Gemäß den Aussagen von E-oil, hat man bei dem Betrieb mit Pflanzenölen das Problem, dass mehr Gase vom Pflanzenöl adsorbiert (angelagert) werden und dadurch das Öl nicht mehr so druckstabil ist. Dieses soll dazu führen, dass man im Hochdruckteil eines Einspritzsystems und an den Düsen Kavitationsprobleme bekommt. Das Entgasen des Kraftstoffes wird in einem zusätzlichen Behälter (Ultraschallgerät USG) vor der Einspritzpumpe durchgeführt. Der Kraftstoff wird von einer zusätzlichen Außenzahnradpumpe vom Tank zum USG gefördert. Allerdings ist dabei zu erwähnen, dass diese Zusatzpumpe nur soviel Kraftstoff fördert, dass immer ein gewisser Kraftstoffstand im USG gehalten wird.

Im USG ist, neben der Niveau-Überwachung, das Kernelement der Anlage, die Ultraschall-Spule, untergebracht. Aus dem USG wird die Einspritzpumpe dann mit Kraftstoff versorgt. Der Rücklauf der Einspritzpumpe und der Einspritzdüsen wird wieder dem USG zugeführt. Es gibt von dem USG zum Fahrzeugtank zwar eine Leitung, durch die soll aber im normalen Betrieb kein Kraftstoff zum Tank zurück fließen. Sie soll eigentlich nur zum Entweichen der Gase dienen. Nach Aussagen von E-oil bildet sich in dem Raum oberhalb des Pflanzenöles und des Deckels im USG schon nach kurzer Zeit, aufgrund der Entgasung, eine reine Stickstoff-Atmosphäre, so dass das Pflanzenöl nicht mehr oxidieren kann. Diese Stickstoff-Atmosphäre soll dann wie ein Puffer in der Rücklaufleitung zum Tank wirken.

Ein Vorwärmen des kalten Kraftstoffes beim Start des Motors ist nicht vorgesehen. Mit zunehmender Motortemperatur steigt dann auch die Kraftstofftemperatur im USG durch die Erwärmung im Einspritzsystem und durch die Strahlungswärme des Motors.

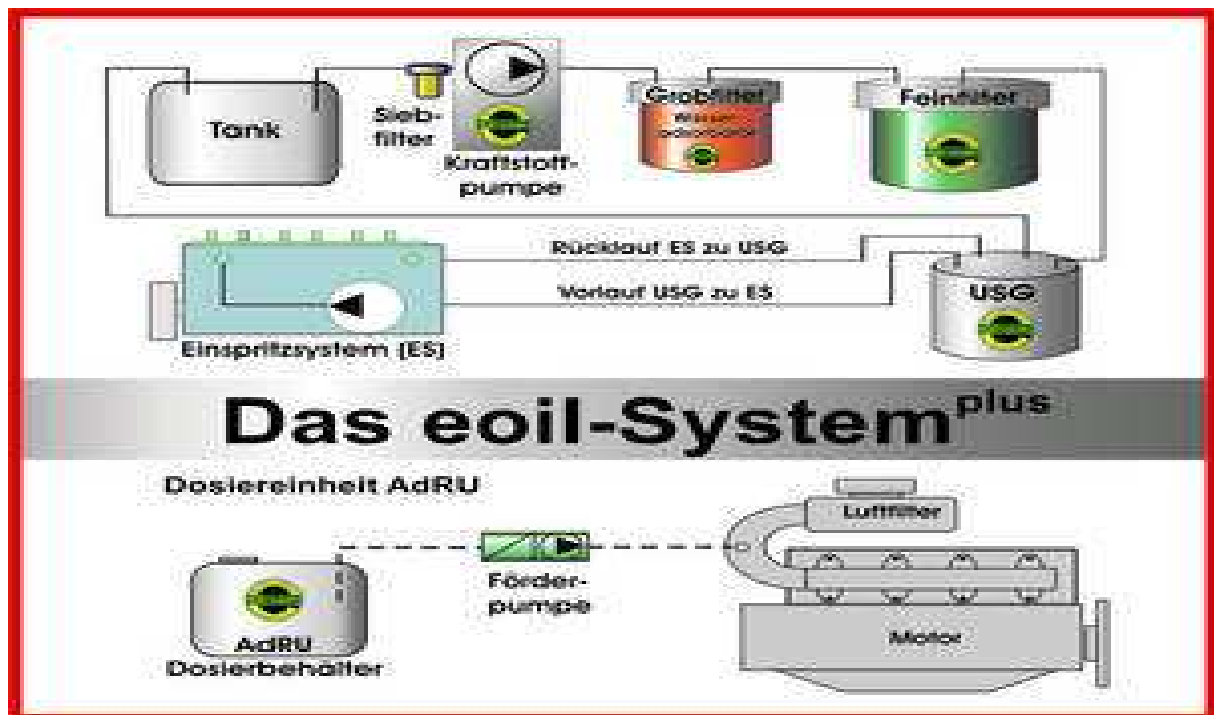


Abb. 5: Schema E-oil

Weiterhin bietet die Firma E-oil eine Reihe von Kraftstoffzusätzen an, die den Betrieb mit Pflanzenöl erleichtern sollen. Es wird ein Additiv angeboten, das die Polymerisation des Motorenöles verhindern soll, ein weiteres Additiv, das Ablagerungen an Ventilen verhindern soll und ein Starthilfemittel für den Kaltstart des Motors.

Was leider bisher nicht geklärt werden konnte, ist die Frage: wie viel Gas kann Pflanzenöl (Rapsöl) überhaupt anlagern. Weder die Firma E-oil noch die TU Braunschweig oder andere Institute konnten dazu eine Aussage machen. Fest steht, dass wir auch im Dieselbetrieb mit Kavitation im Einspritzsystem Probleme haben. Es gibt zu diesem Thema verschiedenste Abhandlungen. Die Untersuchungen zeigten, dass in der Landwirtschaft diejenigen Maschinen am besten mit E-oil funktionieren, bei denen der Motor nicht kalt war, und die im Zwei-Schicht-Betrieb eingesetzt und dabei fast immer voll ausgelastet werden. Maschinen, die im Normalbetrieb eingesetzt werden, zeigen öfter Startschwierigkeiten, Verkokungen und, bei den John Deere Common Rail-Systemen, häufige Störungen an den Injektoren.

Motoren, die von ihren Besitzern zusätzlich zum E-oil System mit einem Dieseltank für Start, Schwachlast-Betrieb usw. ausgestattet wurden, zeigten dann auch unter ungünstigen Einsatzbedingungen ordentliche Ergebnisse. Unproblematisch sind die Umrüstkomponenten. Die Verarbeitungsqualität ist gut. Garantie auf die

Umrüstkomponenten wird gewährt. Mittlerweile wurden das USG und auch der Behälter für das Additiv, welches Ablagerungen verhindern soll, mit Leuchtdioden ausgestattet, die anzeigen, ob die Geräte ordnungsgemäß arbeiten. Eine Anzeige oder ähnliches gibt es ansonsten für den Betreiber nicht.

Ersatzteilversorgung und technischer Support werden von den Betreibern und Werkstätten oft kritisch bewertet. Allerdings werden auch immer wieder Kundenmaschinen nach Alfeld geholt, um dort im Einzelnen nachgearbeitet zu werden. Am auffälligsten war die Tatsache, dass die Injektoren der John Deere-Motoren und die Bosch VP44 Verteilereinspritzpumpen bei E-oil die häufigsten Probleme machten. E-oil hat für die Probleme Lösungen angeboten. E-oil gibt Common Rail-Anlagen von John Deere im Augenblick nicht mehr zur Umrüstung frei.

Tab. 2: E-oil (35 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 1012	3270	350	Rückezug	+
Deutz 1012	4630	645	normal	+
Deutz 1013	5252	1100	normal	+
Deutz 1013	1376	574	normal	+
Deutz 1013	4183	557	Pflegearbeiten	+
Deutz 1013	2900	500	normal-schw.	+
Deutz 1013	4779	940	schwer	+
Deutz 1013	2894	343	normal	+
Deutz 2013	3300	300	normal	+
Deutz 2013	1394	414	normal	+
Deutz 2013	2487	468	leicht	+
Deutz 2013	1865	370	normal	+
Case CVX	2647	280	schwer	0
Case CVX	1480	324	normal	0
Case CS	4781	437	normal	-0
Cummins	6370	450	schwer	-
Cummins	5636	187	normal	-
JD 6000	4832	683	normal	0
JD 6000	4100	700	normal	0
JD 6000 CR	2380	725	normal	-
JD 7000	3348	248	normal	0
JD 7000	5783	730	schwer	+
JD 7000	4829	372	schwer	+
JD 8000	6800	320	schwer	+
JD 8000	5482	240	schwer	0+
JD 8000 CR	830	240	schwer	-
JD 8000 CR	1467	340	schwer	-
JD 8000 CR	1049	280	schwer	0+
MB OM 441	1942	280	Erntemasch.	++
MB OM 441	2081	429	Erntemasch.	++
Cat C12	1600	380	Raupe	+
Cat C12	340	300	Erntemasch.	+
MAN D20	6033	533	normal	+
MAN D20 VP 44	1940	300	schwer	-
MAN D20 VP 44	2260	260	schwer	-

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.1.3 Hausmann

Die Firma Hausmann beschreitet mit ihrem System einen etwas anderen Weg als alle anderen Firmen. Wie bei den meisten anderen Anbietern wird das Rapsöl vor der Einspritzpumpe angewärmt und zwar durch das Kühlwasser am Kraftstofffilter oder, wahlweise, durch eine Vorwärmung des Motorkühlwassers über einen 220 V Elektroanschluss. Der Kraftstoff geht ansonsten den originalen Weg durch das Kraftstoffsystem. Der Hauptunterschied zu allen anderen Anbietern ist aber, die elektrische Heizung, die in die Injektoren oder Düsen eingebaut wird. Teilweise werden auch Einspritzpumpen mit Heizelementen ausgestattet.



Abb. 6: Bauteile Umrüstung Hausmann

Bei einem Kaltstart müssen vor dem eigentlichen Startvorgang erst die entsprechenden Heizelemente vorgewärmt werden. Das stellt sicher, dass auch bei kaltem Motor der Kraftstoff sicher zündet und gut verbrannt wird. Die Heizelemente werden so lange bestromt, bis der Motor warm genug ist. Fällt während des Betriebes die Temperatur zu weit ab, schaltet sich die Anlage wieder von selbst ein. Da alles mit 12 V Bordspannung versorgt wird, verbaut die Firma Hausmann serienmäßig ein Batterieladegerät, um sicherzustellen, dass bei kürzerem Betrieb der Maschine die Batterie über das Ladegerät nachgeladen werden kann. Während der Untersuchung zeigten sich die Motoren in gutem Zustand. Startprobleme waren nicht zu beobachten. Die Motoren liefen sauber hoch und hatten von Anfang an ein gutes Abgasbild. Entsprechende Anzeigen in der Kabine zeigen dem Fahrer an, ob die Düsen bestromt werden. Probleme gab es nur bei unsachgemäßer Verlegung der elektrischen Leitungen am Fahrzeug durch die Werkstätten. Die Verkabelung muss bei diesem System mit großer Sorgfalt ausgeführt werden. Auch sind die entsprechenden Hinweise beim Düsenwechsel zu beachten. Fast alle wichtigen Teile des Systems werden bei der Firma Hausmann selbst hergestellt. Die Qualität ist dabei als gut einzustufen. Wie alle anderen Systemanbieter gewährt die Firma Hausmann auf die Umrüster Teile eine Garantie. Als Nachteil wird von Werkstätten und Betreibern allerdings manchmal die persönliche Erreichbarkeit von Herrn Hausmann oder kompetenten Mitarbeitern angeführt.

Tab. 3: Hausmann (6 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 2013	2700	700	leicht	++
Deutz 2013	2480	600	normal	++
Deutz 2013	1822	430	normal	++
Deutz 2013	2305	600	schwer	++
JD 6000	5300	1340	schwer	+
JD 6000	4720	1820	normal	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.1.4 Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöl Technologie (VWP)

Die Firma VWP gehört zu den Unternehmen, die sich am längsten mit Pflanzenöl als Treibstoff befassen. Die Umrüstungen der Firma VWP sind teurer als andere, wenngleich die Preise inzwischen gesenkt wurden. Dafür ist VWP auch die einzige Firma, die auf die Teile sowie auf den Motor nach dem Umbau eine Garantie gewährt. Rechnet man die Kosten für eine Versicherung gegen, so relativiert sich der Anschaffungspreis.

VWP führt in der Regel mehr technische Änderungen durch und baut nicht nur zusätzliche Teile an. D.h. je nach Motorentyp werden die Umrüstungen individuell angepasst. So kann es durchaus sein, dass Zylinderköpfe nachgearbeitet werden, die Einspritzgeometrie verändert wird etc. Es geht in der Regel um motortechnische Änderungen. Diese Änderungen werden aber nicht nur an den Motorbauteilen durchgeführt, sondern es werden (wenn möglich und nötig) auch die Motorsteuerungen dem Betrieb mit Pflanzenöl angepasst. Anschließend wird die Umrüstung durch den TÜV in die Fahrzeugpapiere eingetragen. Wie auch bei der Firma Hausmann wird eine Motorvorwärmung angeboten.



Abb. 7: Beispiel einer Motorvorwärmung an einem JD 7720 hier über eine Standheizung die das Motorkühlwasser erwärmt. Eine weitere Möglichkeit ist die Vorwärmung des Kühlwassers über einen 220V Wechselstromanschluss.

Die während der Studie untersuchten Motoren waren unauffällig, die ausgeführten Arbeiten gut.

Tab. 4: VWP (4 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 1013	1850	1700	normal	+
JD 7000 CR	980	900	normal	++
MAN D20	6430	5300	schwer	+
MAN D20	4680	4200	normal	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

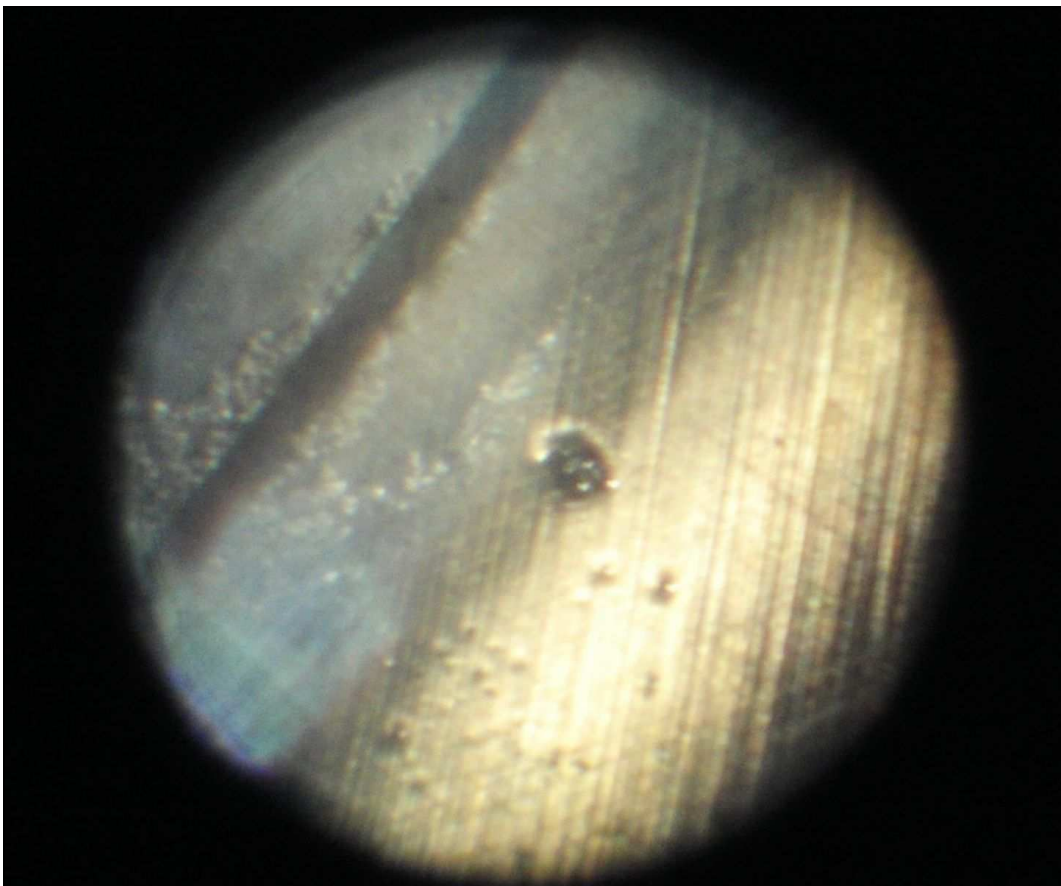


Abb. 8: Aufnahme einer Laufbuchse (hier Hohnbild) von einem umgerüsteten Traktor John Deere durch Firma VWP. Deutlich zu erkennen das Hohnbild ohne Längsriefen und Ablagerungen.

5.2 Zweitank-Systeme

Zweitank Umrüstungen arbeiten mit zwei Kraftstoffen, Diesel und Pflanzenöl. Gestartet wird der Motor mit Dieseldieselkraftstoff. Hat der Motor seine Betriebstemperatur erreicht, schaltet der Fahrer oder die Automatik um in den Pflanzenölbetrieb. Soll der Motor für einen längeren Zeitraum abgestellt werden, muss rechtzeitig wieder zurück auf Dieseldieselkraftstoff geschaltet werden. Hinzugekommen ist die Option, den Motor auch bei eventuell nicht ausreichender Brennraumtemperatur während der Arbeit mit Diesel zu betreiben. Dazu sind von den Anbietern temperaturabhängige Schaltungen entwickelt worden.

Wichtig ist auch bei den Zweitankanlagen ein richtiges Abstimmen der Umrüstung auf die einzelnen Maschinen. Die Umrüster gehen hierbei durchaus verschiedene Wege. Der grundlegende Aufbau der Anlagen im hydraulischen Bereich ist allerdings gleich. So werden von allen Anbietern Wärmetauscher zur Verbesserung der Fließfähigkeit eingesetzt, entsprechende Umschalteneinheiten (Ventile), zusätzliche Kraftstoffleitungen, entsprechende Sensorik und Bedienteile. Bei Zweitankumrüstungen sowie auch im Eintankbereich werden häufig auch zusätzliche Kraftstoffförderpumpen eingesetzt. Diese sollen die Kraftstoffversorgung sicherstellen.

Wichtig im Betrieb einer Zweitankumrüstung ist, dass man die Maschinen richtig warm fährt, bevor man mit Pflanzenöl fährt. Es ist besser, etwas länger mit Diesel zu fahren als schnell nach dem Starten auf Pflanzenöl umzuschalten. Motoren, die so betrieben werden, zeigten immer stärkere Ablagerungen. Ein oft begrenzender Faktor dabei ist die Größe der Dieseltanks.

5.2.1 Autoteile Glött (ATG)

Die Firma ATG bietet konfektionierte Umrüstsätze zum Selbsteinbau oder für Werkstätten an. Das System besteht aus den klassischen Elementen wie: Wärmetauscher, Ventileinheiten, Elektrik, Bedienfeld, Schlauchmaterial, Zusatztank und Kleinteilen. Die Zweitanksysteme, die während der Felduntersuchung befundet wurden, waren unterschiedlich - je nach dem wer sie eingebaut hat. So variierten die Zusatztanks in Größe und Material, sowie auch die verwendeten Ventile.

Ebenso war auch die handwerkliche Ausführung sehr unterschiedlich. Deutlich wurde dabei auf jeden Fall, wie wichtig es ist, sich genau mit der Thematik Pflanzenöl als Kraftstoffersatz auseinander zu setzen. Bei den untersuchten Maschinen hatten alle Betreiber hier ihre Aufgabe gut gemacht. Weder die Motoren noch die Motorenöle waren auffällig. Einzig die Verwendung von Wärmetauschern, die entweder aus Kupferplatten bestehen oder aber mit Kupfer gelötet sind, war zu bemängeln.

T. Wilharm, Qualitätskriterien von Rapsöl-Kraftstoffen, KTBL-Schrift 427, S. 115:

Zum Einfluss von Kupfer

„Kupfer-Ionen wirken als Katalysatoren der oxidativen Schädigung des Pflanzenöls. Schon geringe Spuren reichen aus, um die Oxidationsstabilität von Pflanzenöl um das Zehnfache zu vermindern. Von allen Metallen hat Kupfer die stärkste katalytische Wirkung. Das Rapsöl löst Kupfer-Ionen aus dem Rohmaterial, welche damit im gesamten Kraftstoff gleichmäßig verteilt werden. Ursache sind „freie Fettsäuren“, die in jedem Rapsöl enthalten sind. Jeweils zwei Fettsäuremoleküle komplexieren sehr effektiv Kupfer-Ionen, die dann das Rapsöl nachhaltig destabilisieren.“

Tab. 5: ATG (8 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 1012	5340	620	normal	+
Deutz 1012	4830	460	Rückemaschine	+
Deutz 1013	2200	840	Schwere Arbeiten	+
Deutz 1013	1400	548	Vorführmaschine	+
Deutz 1013	2560	290	normal	+
JD 7800	5630	748	normal	+
JD 7800	4890	630	Schwere Arbeiten	+
MB OM 441	1260	350	Erntemaschine	++

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.2.2 Elsbett

Die Firma Elsbett ist das älteste und bekannteste Unternehmen im Bereich Pflanzenölmürüstungen. Die Firma bietet eigentlich auch Eintank-Umrüstungen an diese aber nur im PKW-Bereich. Bei den Umrüstungen liegt der Schwerpunkt der Arbeit im Bereich der PKW. Es werden aber auch verschiedene Landmaschinen umgerüstet.

Die von uns untersuchten Elsbett-Umrüstungen waren alle Zweitank-Anlagen. Auch hier werden Zusatztank, Ventileinheiten, Elektrik, Schläuche, Kraftstoffzusatz, Pumpe und Bedienpult verbaut. Die Anlagen schalten in der Regel automatisch von Diesel auf Pflanzenöl um. Beim Zurückschalten auf Diesel gibt es zwei Möglichkeiten: entweder automatisch, z.B. bei niedriger Motorlast, oder durch den Fahrer.

Die verbauten Komponenten sind als gut zu bewerten. Hierfür gewährt die Firma Elsbett auch eine Garantie. Unterschiede gab es auch hier vor allem beim Einbau

der Umrüstung durch die Werkstätten und je nach Auslieferung der Komponenten auch bei den verwendeten Ventilen. Festgestellt werden konnte, dass die Firma Elsbett ihre Umrüstpartner dazu anhält, bei der Umrüstung auch die Einspritzdüsen mit zu überprüfen.

Tab. 6: Elsbett (9 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 1012	6830	1660	normal	+
Deutz 1012	7942	2476	normal	+
Deutz 1013	4680	820	schwer	++
Deutz 1013	2200	350	schwer	++
Deutz 1013	1400	850	normal	+
Cummins	6200	1100	schwer	+
Cummins	5240	540	schwer	+
JD 6000	3500	500	normal	+
JD 7000	1830	600	normal	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.2.3 3E

Die Firma 3E beschäftigt sich in der Hauptsache mit Nutzfahrzeug-Umrüstungen. Aber auch für Landmaschinen werden Umrüstsätze angeboten. Die Firma 3E lässt nur durch Umrüstpartner umrüsten. Sie selbst führen keine Umrüstungen durch. Werkstätten sind ein ganz wichtiger Faktor bei den Umrüstungen. Ihnen obliegt die Einzelabstimmung der Fahrzeuge. Sie haben die Möglichkeit Spülzeiten und ähnliches entsprechend einzustellen. Bei den verwendeten Materialien werden viele nach Vorgaben produzierte Teile verbaut. Einen Namen hat sich 3E in Schleswig-Holstein durch die Umrüstung der Busflotte von Autokraft gemacht. Die Umrüstsätze bestehen aus den gleichen Komponenten wie bei den anderen Herstellern. Unterschiede gibt es aber im Detail.

Die untersuchten Maschinen zeigten im Betrieb keine besonderen Auffälligkeiten. Probleme gab es nur, wenn durch die Werkstätten oder durch die Betreiber nicht richtig gearbeitet wurde. So musste zum Beispiel ein Betreiber lernen, dass man mit 20 Liter Diesel nicht über zwei Wochen auskommt.

Tab. 7: 3 E (28 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 1013	3600	420	schwer	+
Deutz 2013	2306	630	normal	++
Deutz 2013	1840	780	schwer	++
Deutz 2013	2365	828	schwer	++
Deutz 2013	1284	646	normal	++
Case CVT	3740	610	schwer	+
Case CVT	2940	532	schwer	+
Case CVT	3384	580	normal	0+
Case CVX	2749	427	normal	+
Case CS	5830	1430	normal	+
Case CS	4200	820	schwer	+
Cummins	7340	1080	schwer	+
Cummins	5730	642	normal	+
Case 1455	8560	200	normal	0
JD 6000	5828	750	normal	+
JD 6000	3850	675	normal	+
JD 7000	4820	1300	schwer	+
JD 7000	6245	984	schwer	+
MB OM 956	1300	400	Erntemasch.	++
MB OM 457	4302	720	Hächsler	+
MB OM 457	3300	470	Hächsler	+
MB OM 457	3670	840	Hächsler	+
MB OM 441	2833	319	Erntemasch.	+
MB OM 441	3240	493	Erntemasch.	+
MB OM 441	2054	460	Erntemasch.	+
MAN D20 VP44	1930	580	schwer	0+
MAN D20 VP44	2641	1036	schwer	0+
MAN D28	1680	429	Erntemasch.	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.2.4 Graml

Die Firma Graml bietet in der Hauptsache Umrüstungen von Landmaschinen an. Die von uns untersuchten Anlagen waren alle Zweitank-Anlagen. Hier werden die gleichen Komponenten verbaut wie bei den anderen Zweitank-Anbietern. Allerdings hat die Firma Graml schon sehr früh mit einer Schwachlast-Schaltung gearbeitet. Dies ergab bei einem Traktor auf einem Versuchsbetrieb, der sehr unterschiedlich ausgelastet wird, gute Ergebnisse.

Problematisch waren manchmal die Sensoren für die Automatik. Ansonsten zeigten die Anlagen normale Ergebnisse. Wichtig ist auch hier die richtige Abstimmung der Umrüstung auf die einzelne Maschine und ihr Einsatzprofil.

Tab. 8:Graml (8 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
Case CS	5830	1350	schwer	+
Case CVT	3689	930	schwer	+
Case CVT	2840	820	normal	+
Cummins	7490	830	normal	0+
Case 1455	6270	408	normal	0+
Case 1455	7622	375	normal	0+
JD 6000	5831	729	schwer	+
JD 6000	4800	600	normal	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.2.5 Greten-Technik

Die Firma Greten-Technik bietet Zweitank-Systeme zum Umrüsten an. Die Umrüstungen werden selbst oder durch Umrüstpartner durchgeführt. Bei den angebotenen Umrüstungen sind zum Teil Materialien von ATG verbaut worden. Seit einiger Zeit werden aber selbst entwickelte Komponenten oder nach Vorgaben gebaute Teile verbaut. Für die verbauten Teile wird auch hier eine Garantie gewährt. Die Umrüstungen bestehen auch aus Wärmetauscher, Zusatzpumpe, Ventilen, Elektrik mit Bedienteil sowie einem entsprechenden Zusatztank. Für die Fahrzeuge werden heute in der Regel speziell zugeschnittene Modultanks verwendet. Die verwendeten Materialien sind auch hier mit gut zu bewerten.

Viel Wert legt die Firma Greten-Technik auf eine Durchsicht der Motoren vor der Umrüstung. Wie bei der Firma Elsbett gehört das Überprüfen der Einspritzdüsen zur Umrüstung. Festzustellen war während der Felduntersuchung eine kontinuierliche

Verbesserung der Umrüstungen. Beanstandungen von Kunden oder Werkstätten wurde nachgegangen. Das relativ kleine Unternehmen hat vielfältige Erfahrungen mit Landmaschinen.

Auch die Firma Greten-Technik bietet eine Automatik an, die es ermöglicht, den Schwachlastbetrieb mit Diesel zu fahren. Zu beobachten bleiben die ersten Anlagen im Fahrzeugbereich, die mit einer Umrüstung für Palmöl betrieben werden. Aufgefallen sind während der Untersuchungen vor allem Anlagen mit Bosch-VP-44 Pumpen, die bei Greten-Technik ohne nennenswerte Störungen funktionierten.

Schäden an einem MAN-Motor D28 in einem Rübenroder hatten nichts mit der Umrüstung zu tun, sondern mit einer schadhaft gewordenen Einspritzdüse. Hierbei war das Problem, dass der entsprechende EDC Fehler nicht dem Fahrer angezeigt wurde und die Maschine auch nicht in eine Leistungsreduzierung ging.

Tab. 9: Greten-Technik (23 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 1013	4810	580	normal	+
Deutz 1013	3330	840	schwer	+
Deutz 2013	1639	460	schwer	++
Deutz 2013	2830	378	normal	++
Deutz 2013	2268	410	schwer	++
MF 6000	3440	500	leicht	+
MF 6000	1820	800	normal	+
JD 6000	3650	620	normal	+
JD 6000	4284	337	normal	+
JD 7000	5782	580	schwer	0+
JD 8000	4266	422	schwer	+
JD 8000 CR	1630	380	schwer	+
MB OM 441	2200	380	Erntemasch.	++
MB OM 441	1630	280	Erntemasch.	++
Cat. 3196	2050	360	Raupe	+
MAN D20 VP 44	3840	850	schwer	+
MAN D20 VP44	2894	730	schwer	+
MAN D20 VP44	2118	600	normal	+
MAN D28	2600	450	Roder	+
MAN D28	2250	600	Roder	+
MAN D28	1560	450	Roder	+
MAN D28	2481	390	Roder	0+
MAN D28	1840	480	Roder	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

5.2.6 Rapstruck

Die Firma Rapstruck ist ähnlich wie die Firma E-oil mit recht großen Stückzahlen an Umrüstungen im Markt vertreten. Ein Schwerpunkt liegt hier auch auf der Umrüstung von John Deere-Maschinen. Wie auch bei den anderen Anbietern ist über den Zeitraum der Felduntersuchung eine stetige Weiterentwicklung zu beobachten.

Die Umrüstungen bestehen auch hier aus den gleichen Grundkomponenten. Die verbauten Komponenten sind als gut zu bezeichnen. Gelobt wird von den Betreibern immer wieder der gute technische Support. Die Firma Rapstruck führt selbst Umrüstungen durch, verkauft aber auch über Umrüstpartner. Auch hier wird mittlerweile eine entsprechende Schwachlast- Automatic angeboten. Bei den untersuchten Maschinen fielen keine bemerkenswerten Probleme auf. Ebenso wie bei den anderen Umrüstern sind die Werkstätten ein wichtiger Faktor.

Tab. 10: Rapstruck (32 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
Deutz 1013	2638	620	normal	+
Deutz 1013	3433	410	normal	+
Deutz 1013	4688	1700	schwer	+
Deutz 1013	1560	210	normal	+
Deutz 2013	2600	450	schwer	++
Deutz 2013	3809	927	schwer	++
Case CS150	2000	260	normal	0
Case CS150	2781	429	schwer	0
Case CVT	2250	300	normal	0+
JD 6000	6390	1420	normal	+
JD 6000	2688	391	leicht	+
JD 6000	3790	270	leicht	+
JD 6000	4620	600	normal	+
JD 6000 CR	1530	380	schwer	+
JD 7000	6640	140	normal	+
JD 7000	4891	378	schwer	+
JD 7000	5784	840	schwer	+
JD 7000	6350	1460	normal	+
JD 7000 CR	1590	420	schwer	+
JD 8000	6800	320	schwer	+
JD 8000	4000	400	normal	+
JD 8000			schwer	+
JD 8000 CR	1670	390	Schwer	+
JD 8000 CR	3130	300	Schwer	+
JD 8000 CR	2149	225	Schwer	+
JD 8000 CR	1200	360	Schwer	+
MB OM 441	2580	410	Erntemasch.	+
MB OM 441	1645	250	Erntemasch	+
MB OM 441	2000	370	Erntemasch.	+
MAN D20	6890	1380	normal	++
MAN D20 VP44	2490	640	Schwer	+
MAN D20 VP44	1400	220	Normal	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

6. Weitere Umrüstungen

6.1 Bioltec

Das System der Firma Bioltec unterscheidet sich von den anderen Umrüstsystemen dadurch, dass vor der Einspritzpumpe Dieselkraftstoff und Rapsöl, je nach Lastzustand, gemischt werden. Das bedeutet, dass es möglich ist, zu fast 100 % Diesel- oder auch Rapsölkraftstoff oder aber auch jedes beliebige Mischungsverhältnis zu fahren. Die Motorauslastung wird mit einer entsprechenden Sensorik (Abgastemperatur, Ladeluftdruck, Regelweg) aufgenommen und dann dem Motor ein entsprechendes Mischungsverhältnis zugeführt.

Maschinen wurden keine untersucht. Zum einen wurde der Systemanbieter erst spät bekannt, und zum anderen sollten keine Maschinen untersucht werden, die mit Mischungen betrieben werden. Das System ist aber sehr interessant und sollte näher betrachtet werden.

6.1.1 BT plus

Die Firma BT plus ist eines der jungen Unternehmen am Markt und hat sich bisher vor allem mit Umrüstungen von LKW beschäftigt. Das Unternehmen hat in der Anfangsphase Erfahrungen mit dem vorher beschriebenen System Beam Plus gesammelt. Daraus ist ein eigenständiges System entstanden.

Landmaschinen wurden aufgrund der bisher geringen Umrüstzahlen in diesem Bereich nicht untersucht. Allerdings ist hervorzuheben, dass das Unternehmen gute Komponenten entwickelt hat, die es auch einzeln vertreibt.

6.2 Eigenumbauten

Mit Eigenumbauten sind hier Maschinen gemeint, die der Betreiber durch eigene Überlegungen und selbst zusammengestellte Teile umgerüstet hat - im Gegensatz zu den Umrüstbausätzen der Systemanbieter.

Die Zahl der untersuchten Maschinen ist zwar klein, aber das Ergebnis sollte doch näher betrachtet werden. Gerade die beiden MF Traktoren der 8000er Serie sind interessant. Die Umrüstung hier ist sehr einfach gebaut, d.h. es wird von Hand umgeschaltet. Dazu hat der Betreiber einfache Drei-Wege-Hähne verwendet. Weiterhin verbaut wurden ein Wärmetauscher für das Pflanzenöl, entsprechende Leitungen und ein ca. 100 Liter fassender Dieseltank.

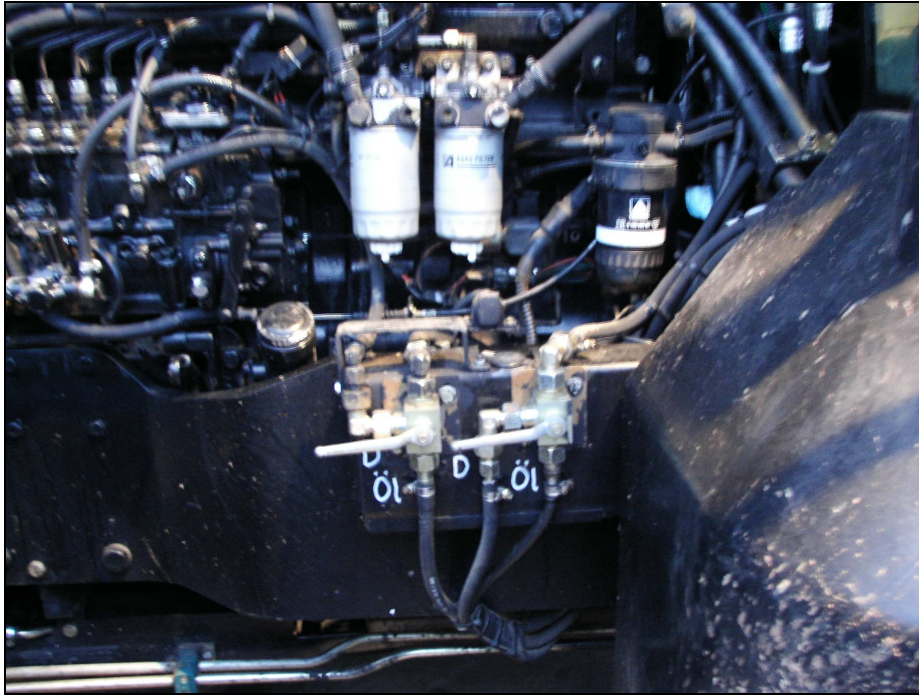


Abb. 9: Eigenumbau

Interessant ist bei dieser Umrüstung die Einstellung des Betreibers im Umgang mit Pflanzenöl. Er fährt die Maschinen mit Diesel warm bis der Traktor auf dem Feld ist und dort unter Diesel die Feldarbeit beginnt (also nicht nur bis eine bestimmte Kühlmitteltemperatur erreicht ist). Umgeschaltet wird erst, wenn die ersten Arbeitsgänge unter Belastung durchgeführt wurden. Zurückgeschaltet auf Dieselkraftstoff wird bereits wieder auf dem Feld, bevor die Arbeit endgültig beendet ist. Der Dieseltank ist so gewählt, dass man einen Tag lang leichte Arbeiten mit Dieselkraftstoff ausführen kann, ohne zu tanken. Bei schweren Arbeiten verbraucht der Schlepper pro Arbeitstag bis zu 400 Liter Pflanzenöl je Maschine. Die Untersuchungen an den Maschinen haben sehr gute Ergebnisse gezeigt.

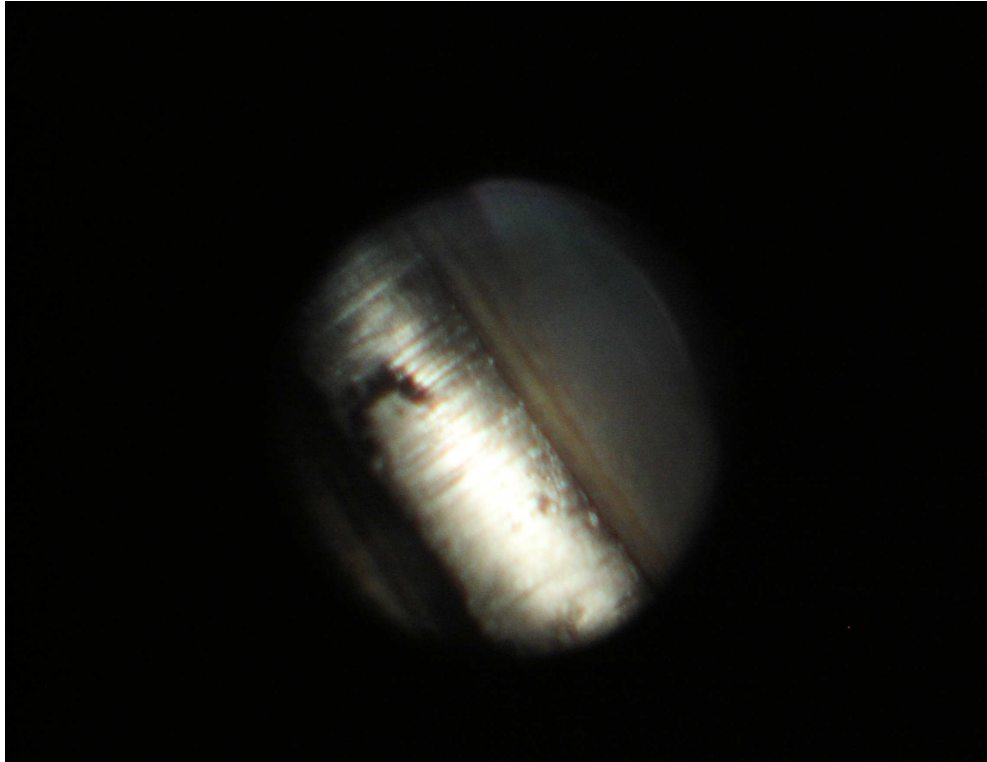


Abb. 10: Detailaufnahme einer Zylinderlaufbuchse MF8230. Zu sehen ist ein Teil des Feuersteg Bereiches (hell glänzend) der hier trocken ist und minimale Anlagerungen hat wie im reinen Dieselpetrieb (das Endoskop hat eine 10fache Vergrößerung).

Auch der Eigenumbau der Mähdrescher ist von Interesse. Die Ergebnisse hier untermauern, dass Erntemaschinen für Umrüstungen sehr interessant sind. Auch hier waren die Ergebnisse gut. Anzumerken ist, dass die Wartung der Einspritzsysteme sehr ernst genommen wird. Die Empfehlung, einmal im Jahr oder alle 1.000-1.500 Betriebsstunden die Einspritzdüsen zu überprüfen, wird konsequent umgesetzt. Auch bei einer Nachuntersuchung waren die Ergebnisse gut.

Tab. 11: Eigenumbau (5 Motoren)

Motoren- oder Maschinentyp	Gesamt Betriebsstunden	Betriebsstunden mit Rapsöl	Maschinen-Einsatz	Gesamt Bewertung
MF 8000	2400	500	schwer	+
MF 8000	1800	600	normal	+
MB OM 460	2830	850	Häcksler	+
MB OM 441	1980	300	Erntemasch.	+
MB OM 441	2400	450	Erntemasch.	+

Bewertungsskala: ++ sehr gut, + gut, 0 normal, - Probleme, -- schwere Probleme

7. Schlussfolgerungen

Die verbauten Zweitank-Systeme hatten insgesamt weniger Probleme gezeigt als Eintank-Systeme. Es ist festzustellen, dass eine hohe Brennraumtemperatur (Auslastung) und ein guter Zustand der Einspritzanlage ausschlaggebend sind für den Erfolg einer Umrüstung. Wenn Maschinen im unteren Lastbereich betrieben werden, sollte die Möglichkeit bestehen, mit Dieseldieselkraftstoff zu arbeiten. Ist diese Möglichkeit nicht gegeben, muss durch das Umrüstsystem sichergestellt sein, dass der Kraftstoff sauber verbrennt.

Festzustellen ist weiterhin, dass auch eine Bosch-VP 44-Einspritzpumpe im Pflanzenölbetrieb funktioniert. Die Pumpen haben trotz der technischen Änderungen im Spritzversteller-Bereich immer mal wieder Probleme. Diese haben sie aber auch im Dieseldieselbetrieb. Durch Vergleiche konnte festgestellt werden, dass die Fressspuren am Spritzverstellerkolben im Dieseldieselbetrieb und Rapsölbetrieb gleich sind. Eine Frage, die noch nicht abschließend geklärt werden konnte, ist die des Mengenmagnetventils. Es verschiedene Erklärungs-Ansätze, warum es in diesem Bereich immer wieder zu Problemen kommt. Die Ergebnisse laufender Untersuchungen der Pumpenhersteller werden aber mit Spannung erwartet. Ein weiteres Problem ist die Leistungsreduzierung bei zu hohen Kraftstofftemperaturen. Dies ist durch ein gutes Temperatur-Management bei der Umrüstung aber zu lösen. Wichtig ist, dass die Betreiber wissen, dass der Betrieb mit Pflanzenöl die Wartungskosten für eine Maschine erhöht.

Erwähnt werden sollen an dieser Stelle auch noch einmal die Rübenroder (MAN D 28-Motoren). Ein Teil der Maschinen wurde im Automotiv-Betrieb bei ca. 1.250 U/min gefahren. Dies scheint bei dieser niedrigen Drehzahl dazu zu führen, dass die Motoren sehr heiß werden. Bei der erwähnten Maschine mit defekter Düse deuteten die Motorenbauteile darauf hin. Die Betreiber der Roder haben daraufhin die Drehzahl nicht mehr soweit abgesenkt, und auch keine weiteren Probleme gehabt. Ähnliche Schäden sollen in Italien auch unter reinem Dieseldieselbetrieb vorgekommen sein.

7.1 Kraftstoffverbrauch und Leistung

Zur Diskussion um Kraftstoffverbrauch und Leistung sind einige Dinge grundlegend zu bedenken:

1. Wer kann in der Praxis denn wirklich eine Aussage über den Kraftstoffverbrauch seiner Maschinen im einzelnen machen, so das man das wirklich vergleichen kann?
2. Wer kann 3 – 5% mehr oder weniger Leistung im Betrieb der Maschine ermitteln? Weiterhin sind auch Leistungsmessungen an Zapfwellenbremsen mit Vorsicht zu interpretieren, da diese Messungen oft nicht fachgerecht und ohne gleichzeitige Kraftstoffverbrauchsmessung durchgeführt werden. Wenigstens eine unter gleichen Bedingungen durchgeführte Leistungsmessung vor der Umrüstung mit Dieselmotorkraftstoff wäre nötig, um vergleichbare Antworten zu bekommen. Während der Durchführung der Studie waren solche Daten nur bei einem Betrieb zu bekommen.

Zusammenfassend muss man zu diesem Bereich anmerken, dass bei richtiger Umrüstung Kraftstoffverbrauch und Leistung in einem Bereich von $\pm 5\%$ zu beobachten sind. Dieser Bereich liegt noch innerhalb der Toleranz der Zulassungsbestimmungen vom Kraftfahrtbundesamt. Hier wird bei Fahrzeugen eine Serienstreuung von $\pm 10\%$ toleriert. Angemerkt werden muss aber auch, dass der Betreiber selbst viel dafür tun kann, dass seine Maschine richtig arbeitet (siehe Wartung).

7.2 Umrüstkosten

Die Umrüstkosten für Traktoren und Landmaschinen werden häufig nach Zylinderzahl oder Leistung berechnet. Trotz dieser Berechnungsgrundlage sind die Kosten zwischen den Systemanbietern mit Einbau fast gleich hoch. In der Regel sind für eine 6-Zylinder-Maschine 4.000,- bis 4.500,- € zu veranschlagen. Dazu kommen dann noch die Kosten für die Vorbereitung des Motors. Hiermit sind die Arbeiten gemeint, die in Kapitel 10 unter „Vor der Umrüstung“ angesprochen werden. Billiger sind natürlich Umrüstsätze zum Selbsteinbau. Dabei sollte man aber unbedingt beachten, das zum einen der Umrüstsatz wirklich auf die Maschine abgestimmt ist, und zum anderen, dass der Einbau fachgerecht durchgeführt wird. Ebenso sollte wie auch oben bereits erwähnt, der Motor vorher in Ordnung sein.

8. Gesamtbewertung

Bestätigt werden konnte, dass der Betrieb von Dieselmotoren mit Pflanzenöl möglich ist. Es sind aber verschiedene Punkte zu beachten.

Einen großen Einfluss hat das Einspritzsystem. Hierbei gibt es zum einen Unterschiede im konstruktiven Aufbau und zum anderen in der Wartung der Einspritzsysteme. Schwierig ist bei auftretenden Problemen oft die Zuordnung der Ursache. Häufig wird von den Werkstätten sehr schnell die Aussage getroffen, dass es nur am Pflanzenöl liegen kann. Gerade bei den VP 44 Einspritzpumpen werden diese Aussagen gerne schnell gemacht, teilweise sogar ohne die entsprechenden Fehlerspeicher auszulesen.

Als gut umzurüsten haben sich Motoren mit **PLD** (Pumpe Leitung Düse) Systemen gezeigt. Die zentral sitzende Einspritzdüse, die hohen Einspritzdrücke und die kurzen Einspritzleitungen sind als positiv anzusehen.

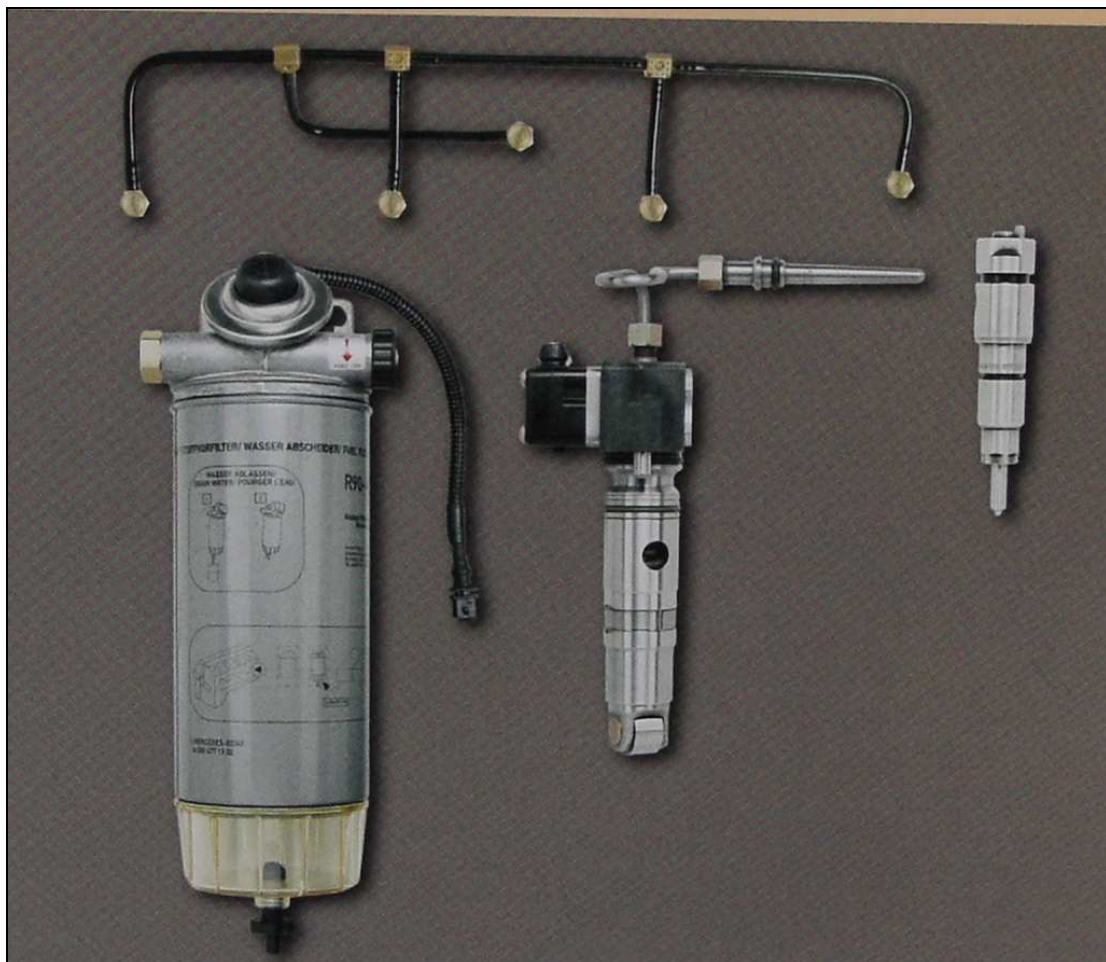


Abb. 11: Komponenten einer PLD Einspritzanlage der Firma Daimler Benz (OM906)

Das gleiche gilt auch für die **Common Rail-Systeme**. Dazu muss hier angemerkt werden, dass CR-Systeme von der Firma Bosch weniger Probleme hatten als CR-Systeme der Firma Denso. Leider soll es erst in Kürze möglich sein, Injektoren der Firma Denso instand zu setzen. Es gab bisher weder Ersatzteile noch einen geeigneten Prüfstand. Erst damit wäre es auch möglich, die Ursachen für den Ausfall eines Injektors zu ergründen.

Auffällig ist, dass gehäuft Injektoren ausfallen, die schon bei kaltem Motor mit kaltem Pflanzenöl betrieben werden. Motoren die über eine Vorwärmung verfügen, oder mit Zweitanksystemen richtig betrieben werden, zeigen diese Auffälligkeiten weniger stark.

Gute Ergebnisse haben auch die **Pumpe Düse-Systeme** gezeigt. Bei diesen Systemen fallen die Einspritzleitungen ganz weg. Die Injektoren sind wie auch bei den PLD- oder CR-Systemen mittig im Zylinderkopf angeordnet.

Was die herkömmlichen Einspritzsysteme betrifft, so ist anzumerken, dass Reiheneinspritzpumpen und Verteilereinspritzpumpen von Bosch unproblematisch umzurüsten sind. Allerdings treten auch bei Reiheneinspritzpumpen immer wieder Schwierigkeiten auf. Diese liegen fast immer im Bereich der angebauten Kraftstoffförderpumpe. Durch Undichtigkeiten kommt dann Kraftstoff in größeren Mengen in das Motorenöl.

Bei den **Verteilereinspritzpumpen**, die durch den Kraftstoff geschmiert werden, kommt es zu Leckagen am Dichtring der Antriebswelle. Auch hier zeigt sich dieser Fehler durch einen anwachsenden Motorölstand. Bei anderen Verteilereinspritzpumpen kann es bei zu hoher Viskosität des Pflanzenöles zum Abscheren der Antriebswelle kommen. Dieser Schaden tritt auch dann auf, wenn der Kraftstoff verdreckt ist oder zu viel Wasser enthält. Es kommt dann zum Festfressen der Flügelzellenpumpe und damit zum Abscheren der Welle in der Pumpe.

An der Konstruktion der Einspritzanlage kann der Betreiber nicht viel ändern. Um aber auch mit seiner vorhandenen Einspritzanlage Erfolg zu haben, muss sie entsprechend gewartet werden. Während der Untersuchungen zeigte sich, dass die **Einspritzdüsen** bis ca. 1.500 Betriebsstunden bei einer funktionierenden Umrüstung, richtiger Bedienung und gutem Kraftstoff meist gut funktionieren. Nach dieser Zeit oder einmal im Jahr sollten die Düsen überprüft werden. Die Düsen müssen den vorgesehenen Öffnungsdruck haben, müssen sehr gut schnarren und sauber im richtigen Winkel den Kraftstoff zerstäuben. Keinesfalls dürfen die Düsen um die Düsenlöcher herum mit irgendwelchen scharfen Gegenständen gesäubert werden. Diese Arbeiten gehören in die Hand von Fachleuten. Auch neue Düsen müssen überprüft werden. Nicht immer funktionieren sie so, wie sie sollten.

Es wurden hängende Düsennadeln festgestellt, bei Mehrlochdüsen waren nicht alle Düsenlöcher offen, Öffnungsdrücke stimmten nicht usw..



Abb. 12: Fehlerhafte Düsen. (Öffnungsdruck um ca.25 -30 bar zu niedrig und nicht sauber schließende Düsennadeln. Dadurch auch die Ablagerungen, die dann zum Ablenken des Einspritzstrahles führen.)



Abb. 13: Gleiche Düse wie Abb. 12, hier nach Instandsetzung.

Für viele Werkstätten und Betreiber sind die Einspritzanlagen nie ein Thema gewesen, da sich Veränderungen bei Dieselmotorbetrieb nicht so massiv bemerkbar gemacht haben wie bei Pflanzenöl.

Die Gründe warum die Düsen oder Injektoren auffällig werden, sind sehr verschieden und vielfältig. Wie bereits oben erwähnt, können Ablagerungen, wie Verharzungen in der Düse, eine Rolle spielen. Dafür spricht, dass sich - wie in einem Versuch festgestellt - Injektoren durch Einlegen in Kohlenstoffverflüssiger wieder reaktivieren ließen. Es waren zwar nur einfache praktische Versuche, die unbedingt vertieft werden müssten, aber es funktionierte mehrmals. Weiterhin ist durchaus denkbar, dass aufgrund der verwendeten Materialien ein erhöhter Verschleiß in den Düseneinsätzen auftritt. Weiterhin könnte auch eventuell stärker auftretende Kavitation ein Grund sein. Auch hier können wir leider aufgrund der Kürze der Zeit und der fehlenden Ausrüstung keine abschließende Aussage treffen. Fest steht aber, dass es Veränderungen gibt und dass durch eine entsprechende Wartung Ablagerungen oder anderen Problemen vorgebeugt werden kann. Bemerkenswert dabei ist, dass fast jedem klar ist, wie wichtig ein normgerechter Kraftstoff ist. Aber dass durch richtige und sachgerechte Wartung ebenso dazu beigetragen werden kann, dass der Motor gut funktioniert, will vielen nicht einleuchten.

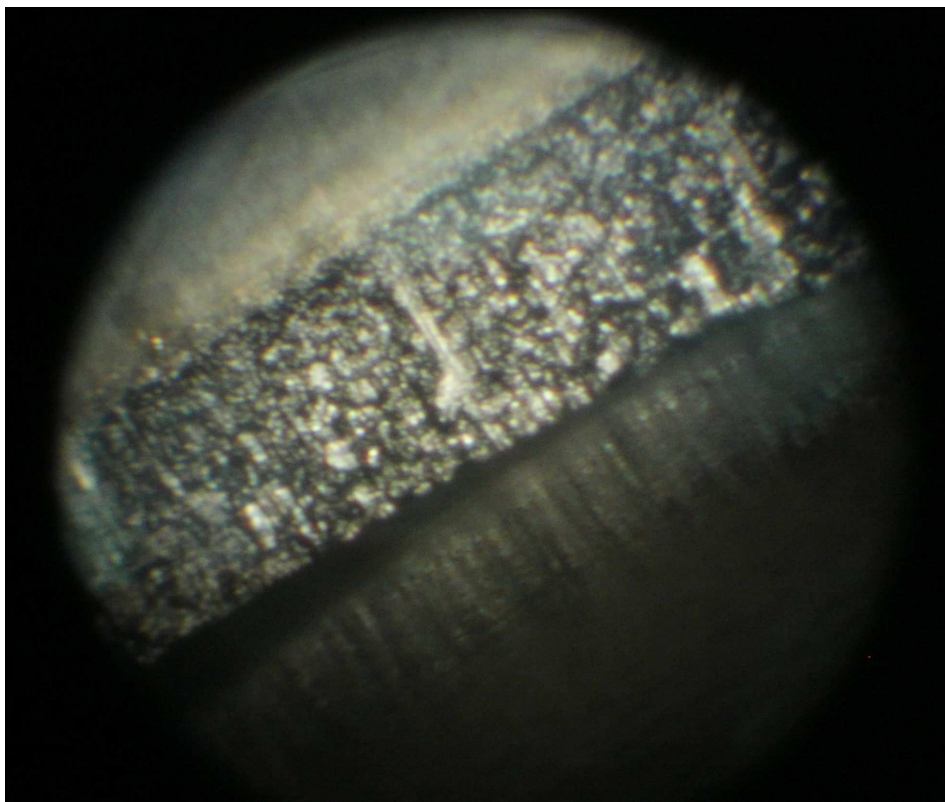


Abb. 14: Feuerstegbereich einer Zylinderlaufbuchse (vergleiche Eigenumbau als positives Beispiel) mit ebenfalls 10facher Vergrößerung aufgenommen. Hier massive Anlagerungen, die bis zur Riefenbildung in der Laufbuchse geführt haben. Dieses Bild gehört zu den vorigen mit den Einspritzdüsen. Weiterhin hat zu diesen Schäden eine mehr als unsachgemäße Leistungssteigerung geführt.

Ein weiterer Punkt im Bereich der Einspritzanlagen sind die Leistungssteigerungen. Dass ein Motor in seiner Leistung „angepasst“ wird, ist in der Praxis völlig normal. Also kann man diesen Bereich auch nicht ausblenden. Man muss aber auch hier sehr genau die Art und Weise dieser Leistungssteigerung betrachten. Gute Arbeiten berücksichtigen immer, dass das Kraftstoff-Luft-Verhältnis stimmen muss. Weiterhin darf es nicht zum Überhitzen einzelner Motorbauteile kommen (z.B. der Düsen spitzen). Eine Leistungsanpassung ist nicht einfach nur mit einem Schraubendreher durchzuführen, sondern verlangt einen Fachmann. Das gilt ebenso für den Bereich des Chip-Tunings. Hierbei ist es zum Beispiel möglich, bis zum Teillastbereich die Leistungssteigerung nicht wirksam werden zu lassen. Erst im Spitzenlastbereich wird dann eine entsprechende Veränderung durchgeführt.

Wie sich eine unsachgemäße Leistungssteigerung auswirkt, soll ein Motorschaden verdeutlichen. Der Motor wurde bereits im Dieselbetrieb vor der Umrüstung „aufgedreht“. Nötig wurde dies durch einen neuen, größeren Grubber. Diese Leistungssteigerung wurde bei der Umrüstung nicht berücksichtigt. Das führte dazu, dass nach ca. 200 Stunden Kolben und Buchsen durch Ablagerungen so verschlissen waren, dass sie gewechselt wurden. Mit den Kolben und Zylindern wurden die Düsen erneuert und der Förderbeginn der Einspritzpumpe überprüft. Nach weiteren ca. 250 Stunden waren die Kolben und Zylinder wieder reif für einen Wechsel. Nachdem der Motor nun wieder instand gesetzt war, wurde auf Drängen des Betreibers eine Leistungsmessung mit Kraftstoffverbrauchsmessung durchgeführt. Dabei stellte sich heraus, dass der Motor fast 20 Liter Kraftstoff in der Stunde bei voller Last mehr verbrauchte als im Datenblatt vorgesehen. Dieses hat er nicht nur im Pflanzenölbetrieb gemacht, sondern mit Sicherheit auch schon im Dieselbetrieb. Weiter muss dieses Beispiel hier wahrscheinlich nicht vertieft werden!

Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, vor der Umrüstung das komplette Einspritzsystem genau zu betrachten. Gleiches gilt auch für die Kompression der Zylinder. Hat man vor der Umrüstung diese Werte aufgenommen und dokumentiert, fällt eine Fehlersuche später leichter. Ebenso kann beim Verkauf einer Gebrauchmaschine auch deren Verschleiß nachgewiesen werden.

Solange die Industrie keine durchkonstruierten Motoren und Einspritzanlagen für den Betrieb mit Pflanzenöl zur Verfügung stellt, müssen Umrüster, Werkstätten und Betreiber gemeinsam dafür sorgen, dass eine Umrüstung erfolgreich ist und dauerhaft bleibt.

Natürlich gibt es grade in so einer Situation verschiedene Standpunkte. In der Regel ist der Kostendruck der Grund für eine Umrüstung. Wer also umrüstet, überlegt sich vorher, ob das Ganze wirklich wirtschaftlich ist. Bei dieser Rechnung werden auch Kosten für Versicherungen mit eingerechnet. Warum dann nicht auch die für eine

vernünftige Wartung. Hier kann das Risiko eines Schadens durch den Betreiber selbst verringert werden.

Ein weiterer wichtiger Punkt ist der **Motorenölwechsel**. Während der Untersuchung konnte wie auch beim 100 Schlepperprogramm festgestellt werden, dass die Ölwechselintervalle verkürzt werden sollten. Die Kernfrage dabei war: wann ist der richtige Zeitpunkt für einen Ölwechsel?

Die Umrüster geben fast immer die Empfehlung, die Ölwechselintervalle zu halbieren. Das ist auf jeden Fall ein guter Hinweis und in den meisten Fällen auch ausreichend. Problematisch dabei ist allerdings, dass die wenigsten Betreiber wirklich wissen, wie hoch der Anteil von Pflanzenöl im Motorenöl beim Ölwechsel ist. Gerade aber dieser Wert ist ein wichtiger Parameter, wenn es um die Beurteilung der Umrüstung und den Betrieb des Motors geht. Wie bereits erwähnt führen verschiedenste Gründe zu einer unvollständigen Verbrennung. Alle diese Gründe haben eines in der Auswirkung gemeinsam: Unverbrannter Kraftstoff führt zu Ablagerungen und gelangt auch an den Kolbenringen vorbei ins Motorenöl. Ob nun Düsen nicht richtig arbeiten, zuviel Kraftstoff eingespritzt wird oder der Motor keine ausreichende Brennraumtemperatur erreicht, der Anteil von Pflanzenöl im Motorenöl wird sich erhöhen. Lässt man z.B. 100 Schlepperstunden nach der Umrüstung das Motorenöl untersuchen, so erhält man eine Aussage über die Funktion der Umrüstung oder auch über den Einsatz der Maschine. Weiterhin stehen so für später Referenzwerte zur Verfügung, die bei einer Beurteilung des aktuellen Gesamtzustandes des Motors mit heran gezogen werden können. Eine Motorölanalyse kostet ca. 30-50,- €, also etwa soviel wie ein Ölwechsel in einem großen Motor. Ölanalytik und Ölwechsel sollten gleichwertig behandelt werden. Der Anteil Pflanzenöl im Motorenöl sollte 15 % nicht übersteigen. Weiterhin untersucht werden sollten der Rußgehalt und die Viskosität. Auch ist bei einem schnellen Anstieg des Motorenöles ein Ölwechsel dringend erforderlich. Dabei muss aber auch unbedingt die Ursache dafür gesucht werden.

Angebotene **Additive** können vielleicht eine Polymerisation des Motorenöles hinauszögern oder auch verhindern. Eine systematische Untersuchung dazu kennen wir nicht. Besser ist auf jeden Fall, wenn man den Motor so im Griff hat, dass ein solches Additiv nur eine zusätzliche Sicherheit darstellt.

Rapsöl reagiert mit Kupfer. Die chemischen Prozesse finden auch dann statt, wenn die Maschinen nicht betrieben werden. Hier ist vor allem an die Erntemaschinen zu denken. Ein Motorölwechsel ist also am Ende der Saison angebracht. Dabei ist darauf zu achten, dass die Maschine dann nur noch Diesel im Einspritzsystem hat. Maschinen die länger als einen Monat nicht benutzt werden, sollten nicht mit Pflanzenöl im Einspritzsystem weg gestellt werden.

Motorenöle müssen in erster Linie den Vorschriften der Motorenhersteller entsprechen. Während der Untersuchung konnten keine Unterschiede im Betrieb mit Rapsöl festgestellt werden. Die Fa. Fuchs hatten vor kurzem in einem Versuchsprogramm getestet, wie sich die einzelnen Additive mit Pflanzenöl vertragen und reagieren. Fast alle namhaften Motorenöl-Hersteller haben Flottenversuche mit ihren Ölen im Pflanzenöleinsatz gefahren.

Bei den untersuchten **Kraftstoffproben** waren keine so gravierenden Mängel festzustellen wie noch beim 100 Schlepper-Programm. Dies ist mit Sicherheit auf die gute Aufklärung und die Arbeit des Normungsausschusses zurück zu führen. Die am häufigsten angetroffene Kraftstoff-Lagerart waren 1.000 Liter-Container. Fest ausgeführte Anlagen waren bis auf zwei Ausnahmen fast als ideal zu bezeichnen. Die Hinweise verschiedener Institutionen sind gut umgesetzt worden.

Probleme gibt es allerdings noch in der Dokumentation der Ölqualitäten. Hier ist festzustellen, dass die Analysen oft schon älteren Datums sind. Festgestellt wurde, dass Motoren, die mit gutem, kalt gepresstem Rapsöl betrieben wurden, genauso störungsfrei funktionierten wie Motoren, die mit einem Raffinat betrieben wurden. Welches Öl eingesetzt wird ist auch hier von verschiedensten Faktoren abhängig. Mit Spannung wird die Saison 2006 betrachtet, da zum ersten Mal in größeren Mengen auch **Sojaöl** als Kraftstoff eingesetzt wird. Anzunehmen ist dabei, dass viele Betreiber nicht wissen, was sie da fahren. Wobei ihnen der Preis dies eigentlich sehr deutlich machen sollte.

Tab. 12a: Untersuchte Umrüstsysteme

Motoren- und Maschinentyp	ATG	Beam plus	E-oil	3 E	Elsbett	Graml
Deutz1012	+ (2)		+ (2)		+ (2)	
Deutz1013	+ (3)		+ (6)	+ (1)	++ (3)	
Deutz2013			+ (4)	++ (4)		
MF8000		-0 (2)				
MF6000						
Case CS, CVX, CVT		- 0 (4)	0 (3)	+ (6)		+ (3)
Cummins			- (2)	+ (2)	+ (2)	0+ (1)
Case1455		0 (1)		0 (1)		0+ (2)
JD6000			0 (2)	+ (2)		+ (2)
JD6000CR			- (1)		+ (1)	
JD7000	+ (2)		+ (3)	+ (2)		
JD7000CR					+ (1)	
JD8000			+ (2)			
JD8000CR			- (2) 0+ (1)			
OM 956				++ (1)		
OM 460						
OM 457				+ (3)		
OM 441	++ (1)		++ (2)	+ (3)		
Cat C12			+ (2)			
Cat 3196						
MAN D20		0+ (3)	+ (1)			
MAN D20 VP 44		+ (1)	- 0 (2)	0+ (2)		
MAN D28				+ (1)		
Σ	8	11	35	28	9	8

Zuordnung der Motoren:

Deutz 1012	Deutz Traktoren (ältere Agrottron) und Forstmaschinen
Deutz 1013	Deutz Traktoren Agrotoron, Claas Traktoren, Forstmaschinen, Getreidemühle
Deutz 2013	Fendt Traktoren der Baureihen 700 und 800
MB OM 956	Grimme Kartoffelroder
MB OM 460	Claas Feldhäcksler
MB OM 457	Claas Feldhäcksler
MB OM 441	Claas Mähdrescher
Cat.3196	Claas Raupe
Cat. C12	Claas Mähdrescher
MAN D20	Fendt 900 Baureihe (mit Reihenpumpe oder Bosch VP44)
MAN D28	Rübenroder Ropa oder Holmer

Tab. 12b: Untersuchte Umrüstsysteme

Greten	Hausmann	Rapstruck	VWP	Eigenumbau	Σ
					6
+ (2)		+ (4)	+ (1)		20
++ (3)	++ (4)	++ (2)			17
				+ (2)	4
+ (2)					2
		-0 (2) 0+ (1)			19
					7
					4
+ (2)	+ (2)	+ (4)			14
		+ (1)			3
0+ (1)		+ (4)			12
		+ (1)	++ (1)		3
+ (1)		+ (3)			6
+ (1)		+ (4)			8
					1
				0 (1)	1
					3
++ (2)		+ (3)		+ (2)	13
					2
+ (1)					1
		++ (1)	+ (2)		7
+ (3)		+ (2)			10
+ (5)					6
23	6	32	4	5	169

Bewertungsskala:

- schwere Probleme
- Probleme
- 0 normal
- + gut
- ++ sehr gut
- (..) Anzahl der untersuchten Maschinen

Erste Fahrzeuge werden auch mit Palmöl betrieben. Zum anderen werden Pflanzenöl-Mischungen angeboten. Damit ist nicht ein Pflanzenöl mit einem entsprechenden Additiv gemeint, sondern Kraftstoffe, die aus verschiedenen Pflanzenölen zusammengestellt werden. Die Anbieter dieser Kraftstoffe (DiSol und Biobull) versprechen sich davon eine bessere Verbrennung und auch bessere Abgaswerte. Entsprechende Untersuchungen werden im Augenblick an verschiedenen Institutionen, auf Kosten der Anbieter, durchgeführt. Auch hier einige wichtige Hinweise: Von dem gekauften Kraftstoff sollten während der Lieferung Proben entnommen werden, zum einen eine versiegelte Rückstellprobe und zum anderen eine Probe für die visuelle Beobachtung. Benötigt werden je etwa 1 l, die in ein sauberes, trockenes Gefäß gefüllt werden. Allein schon beim Betrachten der Proben fällt auf, ob sich viel Schmutz absetzt, ob das Öl klar ist oder ob man sehen kann, dass sich Wasser absetzt. Farbe und Geruch können auch Hinweise auf den Zustand des Öls geben. Treten Probleme auf, kann die Rückstellprobe zur Analyse in ein Labor gegeben werden. Soll einmal ein Öl untersucht werden, muss nicht zwingend eine komplette Öluntersuchung durchgeführt werden. Ausreichend ist in der Regel die Untersuchung auf Gesamtverschmutzung, Phosphor, Wasser, Neutralisationszahl sowie Calcium und Magnesium, die so genannten variablen Parameter.

9. Verbesserungsvorschläge

Während der Untersuchung sind mit den Umrüstern (Systemanbietern sowie auch Werkstätten) immer wieder Gespräche geführt worden. Dabei konnten viele Fehler schon behoben werden. Trotzdem wären weitere Verbesserungen wünschenswert. Dieser Teil soll Anregungen geben und nicht belehren. Die Anstrengungen der Unternehmen, Pflanzenöl als Kraftstoff einsetzen zu können, sind mehr als beachtenswert. Fast das ganze know how wurde ohne Unterstützung selbst entwickelt, getestet und erweitert. Die Arbeit und das Risiko haben die Systemanbieter, die Werkstätten und die Betreiber zusammen getragen.

Die **Dokumentation** der Umrüstungen ist häufig noch lückenhaft. Das geht so weit, dass bei manchen Umrüstsätzen weder eine genaue Beschreibung noch Einbauhinweise vorhanden sind. Auch eine kurze prägnante Bedienungsanleitung für die Maschine ist bislang nicht selbstverständlich. Weiterhin sinnvoll wäre auch eine Dokumentation der durchgeführten Arbeiten, ähnlich wie bei einem Inspektionsheft.

Die **Schulung der Umrüstpartner** ist sehr unterschiedlich. Natürlich bedeutet das Kosten und Zeit für beide Seiten. Aber auf diesem Gebiet könnten viele Probleme schon von Anfang an ausgeräumt werden. Die Schulungen sollten auf jeden Fall

einen fundierten Teil über die verschiedenen Einspritzanlagen beinhalten. Dazu gehören auch praktische Arbeiten an Düsen und Motoren. Fehlersuche und Einstellarbeiten sollten ebenfalls behandelt werden. Selbstverständlich ist eine Einarbeitung in das entsprechende Umrüstsystem notwendig. Dieser Part muss sich deutlich von den Verkaufsschulungen unterscheiden. Weiterhin sollte sichergestellt sein, dass Umrüstpartner auch über das entsprechende Equipment in der eigenen Werkstatt verfügen. Leider wurde immer wieder festgestellt, dass es gerade in dem Bereich der Schulung zu Missverständnissen zwischen Systemanbietern und Werkstätten kommt.

Ein weiterer Punkt wäre eine einheitliche Überprüfung der Motoren vor einer Umrüstung mit entsprechender **Dokumentation**. Wie bereits angesprochen, würden dadurch Referenzwerte zur Verfügung stehen, auf die sich die Werkstätten und der Betreiber beziehen können. Dadurch könnten auch das Eintaxieren der Gebrauchsmaschine und die Weiterentwicklung der Umrüstungen erleichtert werden.

10. Empfehlungen

Vor der Umrüstung:

- Beurteilen der Wirtschaftlichkeit der Umrüstung
- Kontrolle der Einspritzpumpe (Förderbeginn und Einspritzmenge) ggf. neu einstellen
- Einspritzdüsen kontrollieren und ggf. instand setzen
- Kompressionsdruck aller Zylinder überprüfen und / oder Endoskopieren der Zylinder
- Motoröldruck bei betriebswarmer Maschine im Standgas und bei voller Drehzahl überprüfen
- Ggf. Leistungsmessung mit Kraftstoffverbrauchsmessung vor und nach der Umrüstung
- Dichtungen und Leitungen des Einspritzsystems auf Verhärtungen und Undichtigkeiten überprüfen
- Thermostat im Kühlwasserkreislauf überprüfen
- Starthilfeeinrichtungen auf Funktion und Dichtheit überprüfen
- Turbolader überprüfen (Ladeluftdruck und Ölleckage)
- Dokumentation der Ergebnisse
- Arbeiten am Kraftstoffsystem sorgfältig ausführen

Während des Betriebes:

- Fahrer einweisen in den Umgang mit den Umrüstungen
- Motoröl-Kontrolle täglich **vor** Arbeitsbeginn
- Bei steigendem Motorölstand den Kraftstoffeintrag lokalisieren und beseitigen. Ölwechsel durchführen.
- Mindestens eine Motorölprobe nach der Umrüstung zum Einschätzen der Umrüstung und des Betriebes analysieren lassen
- Einspritzdüsen jährlich oder alle 1.500 Betriebsstunden kontrollieren
- Erntemaschinen zum Ende der Saison mit einer Tankfüllung Diesel fahren und mit Diesel im Einspritzsystem wegstellen. Vor dem Wegstellen Motorölwechsel durchführen.
- Bei Unregelmäßigkeiten rechtzeitig Kontakt mit der Werkstatt aufnehmen

Tanken und Lagern von Rapsöl:

- Rapsöl gem. E DIN V 51605 einkaufen oder produzieren
- Rückstellproben bei der Lieferung ziehen
- Den Ölvorrat so bemessen, dass er halbjährlich umgeschlagen werden kann
- Eine Tankreinigung muss sein
- Aufstellungshinweise für Pflanzenöltankanlagen beachten
- Wichtig : Sauberkeit beim Tanken

11. Zusammenfassung

Im letzten Jahr haben die Begrenzungen der Agrardieselförderung auf 10.000 l/Jahr und gleichzeitig steigende Kraftstoffpreise zu einem riesigen Interesse der Landwirte aber auch von Speditionen an dem Betrieb von Dieselmotoren mit Rapsöl pur geführt.

Nach wie vor gibt es von den Motorherstellern keine Freigabe für den Betrieb mit Pflanzenöl. Es gibt zwar Versicherungen gegen Schäden durch Rapsöl (DIN Qualität), aber zum einen sind die nicht billig und zum anderen ist der Nachweis der Schadensursache oft schwierig. Deshalb ist die Auswahl von Umrüster und umzurüstemem Motor schwierig. In dem 3 Jahre lang durchgeführten 100 Schlepper Programm des BMVEL (Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung, Landwirtschaft), dessen Ergebnisse im letzten Herbst vorgelegt wurden, wurde Rapsöl als „nicht uneingeschränkt empfehlenswert“ gekennzeichnet. Es gab in dieser Untersuchung zwar interessante Ergebnisse zu Rapsöl pur, aber keine Aussagen zu verschiedenen Umrüster, abgesehen davon, dass viele neue Umrüster in der Zwischenzeit auf den Markt gekommen sind. Diese vielen Angebote reduzieren sich aber auf etwa 10 unterschiedliche Systeme.

Ein anderes Problem war, dass keine Aussagen zu modernen Motoren wie Common Rail getroffen wurden. Diese fehlenden Aussagen waren Anlass für die DEULA, Anträge bei der Innovationsstiftung, der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, der Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen und der Landwirtschaftskammer zu stellen, um in der Praxis Erfahrungen mit dem Motorbetrieb mit Rapsöl pur zu ermitteln.

Die Motoren waren vor allem in Traktoren aber auch Mähdreschern, Zuckerrübenernern und anderen Landmaschinen eingebaut. Untersucht werden sollten Motoren, die mindestens 200 Stunden mit Rapsöl pur gelaufen hatten. Fast 450 Maschinen wurden benannt, 235 angesehen und 169 intensiver untersucht und befundet.

Während das 100 Schlepper Programm sich auf Eintankanlagen konzentriert hatte, wurden hier sowohl Eintankanlagen als auch Zweitanksysteme, also solche, die mit Diesel gestartet und auf Diesel abgestellt und nur bei warmem Motor mit Rapsöl pur betrieben werden, gleichermaßen berücksichtigt.

Die Anzahl der pro Umrüster untersuchten Motoren war unterschiedlich. Ziel waren auch nicht statistisch abgesicherte Ergebnisse. Wenn sich bei 5 Motoren eines Umrüsters keine deutlichen Unterschiede zeigten oder bereits Ergebnisse aus dem 100 Schlepper Programm vorlagen und die Ergebnisse mindestens zufriedenstellend waren, wurden keine weiteren Motoren dieses Umrüsters untersucht. Bei größeren Abweichungen wurden aber auch bis zu 35 Motoren eines Umrüsters befundet.

Das Interesse der Landwirte an der Felduntersuchung teilzunehmen war so stark, dass mehr Maschinen gemeldet wurden als berücksichtigt werden konnten. Die Kriterien für die Auswahl waren Motortyp, Umrüstsystem, Betriebsstunden mit Rapsöl und der Standort. Diese Motoren wurden komplett nur von einer Person, dem DEULA-Lehrer für Motorenkunde Peter Dönges, untersucht.

Ergebnisse

Der Einsatz von Rapsöl in Dieselmotoren ist möglich. Motoren die mit Soja- oder Palmöl liefen wurden nur in Einzelfällen untersucht. Die Ergebnisse anderer Institutionen dazu zeigen große Skepsis. Wartung, Kraftstoffqualität und auch das gewählte Umrüstkonzept müssen dem Einsatz und der Konstruktion des Motors gerecht werden. Aufgrund der komplexen Fehlermöglichkeiten ist es oft für Werkstätten schwer, eine umfassende Fehleranalyse durchzuführen. Ein weiteres Problem ist, dass meist nicht bekannt ist, in welchem Zustand sich der Motor vor der Umrüstung befunden hat. Kommt es dann zu Auffälligkeiten, werden diese schnell dem Pflanzenöl zugeschrieben. Wichtig bei der Umstellung auf Pflanzenöl sind Punkte wie Rapsölqualität (muss der Vornorm E-DIN 51605 entsprechen), Einsatzspektrum des Motors (möglichst gleichmäßige, hohe Auslastung), Einsatzstunden pro Jahr, regelmäßige Wartung vor Umstellung und höherer Wartungsaufwand nach Umstellung.

Der Erfolg der Umrüstung hängt auch vom Besitzer der Maschine ab, aber mindestens genauso wichtig ist der Umrüstpartner.

Die Motorkonstruktion ist entscheidend, wenn es darum geht, ob man eine Maschine auf Rapsölbetrieb umrüsten kann oder besser nicht. Die Erfahrung, dass man ohne Umzurüsten sogar altes Pommeseöl fahren kann, trifft vielleicht auf alte Vorkammermotoren zu. Dieses Verbrennungsverfahren wird aber heute bei neuen Dieselmotoren nicht mehr verwendet. Pumpe-Düse, Common Rail oder Pumpe-Leitung-Düse Einspritzverfahren müssen mit technischem Sachverstand an den Kraftstoff angepasst werden (oder der Kraftstoff an das Einspritzsystem). Die Beurteilung ob und wie ein Motor umgerüstet werden muss, obliegt dem Umrüster. Wer von sich behauptet, er könne alle Motoren ohne Probleme umrüsten, ist nicht seriös. Weiterhin muss gerade eine Umrüstung für Traktoren den unterschiedlichen Betriebszuständen gerecht werden. Wenn dies nicht der Fall ist, kommt es unweigerlich zu Störungen im Motor. Zu beobachten ist dies immer wieder bei einzelnen Eintanksystemen, wenn der Motor nur eine niedrige Brennraumtemperatur erreicht.

Aber auch im Bereich der Zweitanksysteme gibt es Unterschiede, insbesondere bei den verwendeten Bauteilen und der Steuerung. Zweitanksysteme, die aus dem Lkw-Bereich kommen, können z.B. nicht einfach in Traktoren eingebaut werden. Sie müssen auf den Traktor abgestimmt werden (Spül- und Schaltzeiten sowie die Kraftstofftemperatur).

Auffällig war auch, dass z.B. Common Rail Einspritzsysteme der Firma Denso auf John Deere Traktoren mit Zweitank Umrüstungen fast immer ohne größere Probleme funktionierten, aber bei Eintanksystem so viele Störungen auftraten, dass der Systemanbieter diese Motoren dann nicht mehr zur Umrüstung freigab.

Es zeigten sich große Unterschiede zwischen den Umrüstern. Zu den besseren zählten bei den Zweitankanlagen 3e, Elsbett, Greten, Rapstruck und bei den Eintankanlagen Hausmann und VWP.

Die Studie gibt Empfehlungen, worauf Landwirte, Werkstätten und Anbieter von Umrüstsystemen achten sollten, damit die Motoren keinen Schaden nehmen und der Betrieb wirtschaftlich durchgeführt werden kann.

Empfehlungen

Vor der Umrüstung:

- Beurteilen der Wirtschaftlichkeit der Umrüstung
- Kontrolle der Einspritzpumpe (Förderbeginn und Einspritzmenge) ggf. neu einstellen
- Einspritzdüsen kontrollieren und ggf. instand setzen
- Kompressionsdruck aller Zylinder überprüfen und / oder endoskopieren der Zylinder
- Motoröldruck bei betriebswarmer Maschine im Standgas und bei voller Drehzahl überprüfen
- Ggf. Leistungsmessung mit Kraftstoffverbrauchsmessung vor und nach der Umrüstung
- Dichtungen und Leitungen des Einspritzsystems auf Verhärtungen und Undichtigkeiten überprüfen
- Thermostat im Kühlwasserkreislauf überprüfen
- Starthilfeeinrichtungen auf Funktion und Dichtheit überprüfen
- Turbolader überprüfen (Ladeluftdruck und Ölleckage)
- Dokumentation der Ergebnisse
- Arbeiten am Kraftstoffsystem sorgfältig ausführen

Während des Betriebes:

- Fahrer einweisen in den Umgang mit den Umrüstungen
- Motoröl-Kontrolle täglich vor Arbeitsbeginn
- Bei steigendem Motorölstand den Kraftstoffeintrag lokalisieren und beseitigen. Ölwechsel durchführen.
- Mind. eine Motorölprobe nach der Umrüstung zum Einschätzen der Umrüstung und des Betriebes analysieren lassen
- Einspritzdüsen jährlich oder alle 1.500 Betriebsstunden kontrollieren
- Erntemaschinen zum Ende der Saison mit einer Tankfüllung Diesel fahren und mit Diesel im Einspritzsystem wegstellen. Vor dem Wegstellen Motorölwechsel durchführen.
- Bei Unregelmäßigkeiten rechtzeitig Kontakt mit der Werkstatt aufnehmen

Tanken und Lagern von Rapsöl:

- Rapsöl gem. E DIN V 51605 einkaufen oder produzieren
- Rückstellproben bei der Lieferung ziehen
- Den Ölvorrat so bemessen, dass er halbjährlich umgeschlagen werden kann
- Eine Tankreinigung muss möglich sein
- Aufstellungshinweise für Pflanzenöltankanlagen beachten
- Wichtig : Sauberkeit beim Tanken

Die Studie ist abgeschlossen. Kostenlose Motoruntersuchungen sind also nicht mehr möglich. Aber die DEULA bietet weiter ihren Fachverstand und die mit der Felderprobung gewonnenen Erfahrungen zur Befundung von Pflanzenöl betriebenen Motoren an . Berechnet werden: 80,- €/Std. für die Befundung und 40,- €/Std. für Anfahrt und Reisekosten.

Anhang 1:

Datenerhebungsbogen

1. Erhebung und Analyse wichtiger Betriebsparameter

1. Betriebs- und Schlepperdaten

(Dieser Bereich soll helfen die Nutzung und Auslastung der Maschine beurteilen zu können. Die aufgeführten Fragen sollen mit dem Besitzer oder Betreiber zusammen erarbeitet werden.)

Welcher Form ist ihr Betrieb zuzuordnen?

- landwirtschaftlicher Einzelbetrieb Betriebsgemeinschaft
 Lohnunternehmen

Wer fährt den Schlepper / die Maschine?

- Fahrzeugeigner 1 Fahrer mehrere Fahrer

Maschinendaten

Hersteller: Typ: Baujahr: Leistung: kW
Betriebsstunden vor der Umrüstung: h
Betriebsstunden nach der Umrüstung: h

(Bei diesen Fragen darauf hinweisen, ob gemessen und wenn, wie oder ob es sich um Beobachtungen handelt)

Kraftstoffverbrauch vor der Umrüstung:

Kraftstoffverbrauch nach der Umrüstung:

Leistung vor der Umrüstung:

Leistung nach der Umrüstung:

Wie teilt sich der Einsatz auf?

Schwere Arbeiten	%	Normale Arbeiten	%	Leichte
Arbeiten	%			
(80 – 100% Motorauslastung)		(60 – 80% Motorauslastung)		(unter 60
% Motorauslastung)				

Wechselzeiten Kraftstofffilter? Stunden

Motoröl:

Ölwechsel vor der Umrüstung nach : Stunden

Ölwechsel nach der Umrüstung nach: Stunden

Steigt der Ölstand zwischen den Ölwechseln? ja nein

Welches Motorenöl wird benutzt? Viskosität: Marke:

Spezifikation:

Gründe für dieses Öl?

Wie hoch waren die Umbaukosten? EUR

Haben Sie den Umbau selbst durchgeführt oder eine Werkstatt?

In welchem Umfang wird auf die Umrüstung Garantie gewährt?

- Zeitraum
- Für welche Baugruppen
- Übernimmt der Umrüster die Garantie anstelle des Fahrzeugherstellers

Wie haben sie sich über Umbaumöglichkeiten und Randbedingungen (Garantiefragen, Betriebserlaubnis, zusätzliche Wartungsmaßnahmen....) informiert?

Was war für sie ausschlaggebend sich für ihren Umrüstsatz / Umrüster zu entscheiden?

Woher beziehen sie ihr Pflanzenöl?

Welches Rapsöl setzen sie ein?

- Kaltgepresstes Öl Raffinat

Nutzen Sie eine eigene Presse?

- ja nein

Wenn ja, wie reinigen Sie das Öl?

Wird ihnen Qualität garantiert nach RK-Qualitätsstandard 05/2000 oder neu nach E DIN 51605:2005-06 und wie wird ihnen das dokumentiert?

Ab welchen Temperaturen gab es Probleme mit dem Startverhalten der Maschine?

- + 5°C 0°C -5°C -10°C -15°C

Wie sind Sie mit der Umrüstung zufrieden?

Welche Probleme hatten Sie nach der Umrüstung bis jetzt?

2. Befundung des Motors und des Umfeldes

(Dieser Teil wird von Herrn Dönges allein bearbeitet.)

Allgemeiner Zustand der Maschine:

Technische Ausführung der Umrüstung

Name des Umrüsters:

Datum der Umrüstung:

- 1 Tank System 2 Tank System keine Umrüstung fährt Rapsöl pur einfach so

- keine Umrüstung mischt Diesel und Rapsöl %

Kraftstofffilter Typ/Merkmale

Kraftstoffvorwärmung

- an den Düsen am Filter elektrischer Wärmetauscher
 durch Kühlwasser
 nicht vorhanden durch kurzgeschlossenen Rücklauf

- Ultraschall geänderte Einspritzdüsen geänderte Kolben geänderter Brennraum

Aufbau der Umrüstung elektrisch (Skizze)

Aufbau der Umrüstung Kraftstoff und ggf. Kühlwasser (Skizze)

Gesamteindruck der Umrüstung (Handwerkliche Ausführung):

- Vorkammer Wirbelkammer Direkteinspritzer
 PLD PD Commonrail

Düsentyp:

Düsenöffnungsdruck:

Einspritzpumpentyp und Nr.:

Allgemeinzustand des Systems (Undichtigkeiten, Schlauschellen, Schläuche, elektrische Verbindungen usw.)

Kaltstart Hilfsmittel (welche?)

- Kühlwasservorwärmung elektrisch 230 V
 Flammstartanlage Dieselbetrieb / Rapsölbetrieb
 Ansaugluftvorwärmung elektrisch 12 V

Kühlwasser Temp. °C

Überprüfung Förderbeginn:

_____°vOT Abweichung _____°

- muss eingestellt werden
 in Ordnung

Glühkerzen (Typ und Hersteller)

Zustand der Glühkerzen

	Defekt	i.o
1 Zylinder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Zylinder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Zylinder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Zylinder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Zylinder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Zylinder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Bemerkungen:

Zustand der Injektoren bei Commonrail Motoren

	Defekt	Rücklaufmenge
1 Zylinder	<input type="checkbox"/>	ml
2 Zylinder	<input type="checkbox"/>	ml
3 Zylinder	<input type="checkbox"/>	ml
4 Zylinder	<input type="checkbox"/>	ml
5 Zylinder	<input type="checkbox"/>	ml
6 Zylinder	<input type="checkbox"/>	ml

Bemerkungen:

Kopressionsdruck (wenn nötig)

1 Zylinder bar
2 Zylinder bar
3 Zylinder bar
4 Zylinder bar
5 Zylinder bar
6 Zylinder bar
(Diagramm Nummer)

Bemerkungen:

Befund Endoskopierung der Zylinder

1 Zylinder

2 Zylinder

3 Zylinder

4 Zylinder

5 Zylinder

6 Zylinder

Probelauf nach Montage:

Dichtheit Einspritzsystem? ja / nein

Startverhalten ok? Ja / nein

Leerlaufdrehzahl: _____

Abregeldrehzahl: _____

Abgasbild? Normal Schwarz Blau

Besondere Vermerke:

Abgastemperaturen

1 Zylinder

2 Zylinder

3 Zylinder

4 Zylinder

5 Zylinder

6 Zylinder

Abgassammeltemperatur:

Motorenölprobe

Betriebsstunden des Motorenöles:

Bemerkungen Sichtprüfung:

Motoröl Temperatur:

Lagerung des Frischöles:

Aufbewahrung der neuen Filter (Kraftstoff und Öl):

Kraftstoffprobe

Lufttemperatur:

Tankaußentemperatur:

Kraftstofftemperatur:

Lagerzeit bei Entnahme:

Bemerkungen Sichtprüfung:

Aufstellungsort des Behälters:

Typ und Zustand des Behälters:

Reinigungsmöglichkeit:

Sauberkeit der Tankanlage:

Ausstattung und Organisation der Werkstatt:

Anhang 2:

Adressen der Systemanbieter

3E GmbH
Schotten 6
25554 Nortorf / Wilster
Tel.: 04823 921299-0
www.3egmbh.com

ATG
Raiffeisenstraße 4
89353 Glött
Tel.: 09075 8644
www.Diesel-Therm.de

beam-plus
Schillerstraße 17
06388 Edderitz
www.beam-plus.de

ELSBETT
Weißenburger Str. 15
91177 Thalmässing
Tel.: 09173 77940
www.elsbett.com

Graml
Oberer Markt 25
94149 Kößlarn
Tel.: 08536 1267
www.motorenumruester.de

Hausmann
Am Angertor 3
97618 Wülfershausen
Tel.: 09762 506

VWP
Am Steigbühl 2
90584 Allersberg
Tel.: 09174 2862
www.pflanzenoel-motor.de

bioltec
Bruderwöhrdstraße 15b
93055 Regensburg
Tel.: 0941 604 899 863
www.bioltec.de

BT Plus
Kurt-Schumacher-Damm 8
49078 Osnabrück
Te.: 0541 60 90 84 53
www.bt-autooel.com

Rapstruck
Degerser Straße 36
30974 Wennigsen
Tel.: 05103 704575
www.rapstruck.com

Greten
Industriestraße 17c
31823 Springe
Tel.: 05041 649722
www.greten-technik.de