



## **Rapsöl pur im Dieselmotor**



**Dr. Hardwin Traulsen**

Februar 2006

## **Rapsöl pur im Dieselmotor**

Dr. Hardwin Traulsen ist Leiter des RKL, befasst sich seit über 30 Jahren mit Rapsöl als Treibstoff.

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Leiter: Dr. Hardwin Traulsen

Am Kamp 13, 24768 Rendsburg, Tel. 04331-847940, Fax: 04331-847950

Internet: [www.rkl-info.de](http://www.rkl-info.de); E-mail: [mail@rkl-info.de](mailto:mail@rkl-info.de)

Sonderdruck aus der Kartei für Rationalisierung 0.4

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiger Beratungsring mit dem Ziel, Erfahrungen zu allen Fragen der Rationalisierung in der Landwirtschaft zu vermitteln. Dazu gibt das RKL Schriften heraus, die sich mit jeweils einem Schwerpunktthema befassen. In vertraulichen Rundschreiben werden Tipps und Erfahrungen von Praktikern weitergegeben. Auf Anforderung werden auch einzelbetriebliche Beratungen durchgeführt. Dem RKL sind fast 1400 Betriebe aus dem ganzen Bundesgebiet angeschlossen.

Wer mehr will als andere, muss zuerst mehr wissen. Das RKL gibt Ihnen wichtige Anregungen und Informationen.

<b>GLIEDERUNG</b>	<b>Seite</b>
1. Einleitung .....	845
2. Gewährleistung .....	846
3. Lagerung .....	847
4. Rapsöl-Diesel-Mischung .....	848
5. Rapsölqualität .....	848
6. Umrüstung 2 Tank / 1 Tank .....	850
7. Umrüster .....	853
8. 100-Schlepper-Programm .....	854
9. Einsatzprofile .....	855
10. Selbstbau .....	856
11. DEULA-Erhebung .....	857
12. Blockheiz-Kraftwerke .....	858
13. Selbst pressen .....	858
14. Ökonomie .....	860
15. Offene Fragen Rapsöl pur.....	861
16. Abgaswerte .....	865
17. Ausblick .....	865
18. Literatur .....	865

## **1. Einleitung**

Stark gestiegene Treibstoffpreise und die Begrenzung der Agrardieselförderung auf 10 000 l pro Betrieb und Jahr haben das Interesse an Rapsöl als Treibstoff stark gesteigert. 65 % des Rapsöls werden heute bereits für technische Zwecke verwendet, Tendenz steigend. Hier soll nur der Einsatz von Rapsöl pur behandelt werden, nicht jedoch der von Biodiesel (Rapsmethylester). Letzteres kann durch Zugabe von ca. 10 % Methanol zu Rapsöl hergestellt werden, wobei dann neben etwa gleicher Menge Biodiesel noch 10 % Glycerin entsteht. Biodiesel ist ein genormter, an ca. 1900 Tankstellen in Deutschland verkaufter Treibstoff, für den es von vielen Fahrzeugherstellern bzw. für viele Kfz-Typen Freigaben gibt. Einige PKW-Hersteller verkaufen eine für RME geeignete Ausstattung gegen Aufpreis. Für viele Schlepper- und Mähdrescher-Motoren gibt es vom Werk Freigaben. Wichtige Kennwerte zum Vergleich von Rapsöl pur, Biodiesel und Diesel zeigt Tabelle 1.

Tabelle 1:

## Treibstoff auf Rapsbasis

	Rapsöl	Biodiesel	Diesel
Wassergefährdung	keine	WGK1	WGK2
Humantoxizität	keine	gering	hoch
Flammpunkt	> 220°C	125°C	55°C
Viskosität	hoch	gering	gering
Chem. Aggressivität (Lacke, Kunststoffe)	gering	hoch	gering
Sicherheitsvorschriften für Lagerung	keine	gering	hoch
Energieinhalt (MJ / Liter)	35,8	33,2	35,6

Kennwerte (Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen 2005)

## 2. Gewährleistung

Bis heute gibt es für Rapsöl pur von keinem Dieselmotorhersteller eine Freigabe. Die Gewährleistung des Motorherstellers erlischt also zumindest für Schäden durch Umbauten. Manche Schlepperhersteller sehen dies noch viel enger und lehnen eine Garantie für sämtliche Schäden an einer umgerüsteten Maschine ab, also z.B. auch Getriebeschäden. Die Gewährleistung der Umrüster bezieht sich im allgemeinen nur auf den Einbau ordnungsgemäß gelieferter Teile. Es gibt jedoch Versicherungen, die für 500 bis 700 € pro Jahr Schäden, die am Motor durch die Umrüstung entstanden sind, versichern. Dabei kann der Nachweis der Schadensursache und auch der erforderliche Austausch von Teilen im Zweifelsfall große Probleme geben. Einfacher ist die Rechtslage bei Maschinenbruchversicherungen für den gesamten Schlepper, deren Prämie mit 900 - 1200 € aber wesentlich teurer ist.

Wichtig ist, dass nach § 19.3 StVZO die Betriebserlaubnis eines Dieselfahrzeuges nicht erlischt, wenn das Fahrzeug anstelle von Dieselkraftstoff mit Rapsöl oder RME (Biodiesel) betrieben wird.

Biodiesel wird im allgemeinen 10 (5 bis 20) Cent/l unter Diesel gehandelt. Der Abstand zu Rapsöl pur liegt dagegen bei 30 bis 40 Cent/l. Die

Einsparungsmöglichkeiten sind beim Rapsöl pur also wesentlich größer als bei Biodiesel. Jedoch sind Umrüstkosten des Motors zwischen 500 und 1000 € pro Zylinder gegen zu rechnen und während es für Biodiesel von den Herstellern Freigaben gibt, erlischt beim Rapsöl pur immer die Gewährleistung.

Kritisch ist die Frage, ob die Umrüstung vom TÜV abgenommen und in den Papieren eingetragen werden muss. TÜV-Abnahmen werden auf jeden Fall erforderlich,

- wenn wesentlich Fahrzeugteile geändert werden,
- wenn die Abgaswerte, für die der Schlepper einmal abgenommen wurde, nicht mehr eingehalten werden,
- wenn die Motorleistung gesteigert wird.

### **3. Lagerung**

Rapsöl ist als Lebensmittel nicht wassergefährdend, unterliegt nicht der Verwaltungsanweisung wassergefährdender Stoffe. Für die sichere Lagerung ist allein der Betreiber verantwortlich. Sichere Lagerung ist jedoch auch für Lebensmittel wichtig. Ebenso wie z.B. Milch könnte auch Rapsöl große Umweltschäden hervorrufen, wenn es in Vorfluter, Seen o. ä. gelangt. Im Übrigen ist zu raten, eine Rapsöl-Tankstelle (die mit 40 % über die Fachagentur Nachwachsender Rohstoffe gefördert wird), so auszurüsten, dass sie auch den Vorschriften für eine spätere Diesellagerung entspricht. Mit der Förderung ist allerdings verbunden, dass die Anlage 5 Jahre lang zur Lagerung von Rapsöl oder Biodiesel zu nutzen ist.

Rapsöl altert, deshalb sollte es max. ein Jahr gelagert werden und der Tank sollte mindestens einmal pro Jahr gereinigt werden. Eine Variante ist Rapsöl in 1000 l-Gebinden zu beziehen und diese durch den Öllieferanten austauschen und reinigen zu lassen. Der Saugstutzen sollte nicht ganz bis zum Boden geführt werden, sondern ca. 10 cm darüber enden, um Bodenablagerungen zu erleichtern.

Ob Rapsöl wirklich in beschichteten Tanks gelagert werden sollte, nicht aber in einfachen Stahltanks, da sind die Fachleute nicht einig. Ende 2006 soll ein Langzeitlagerversuch des Technologiezentrums Straubing dazu abgeschlossen sein. Die Lagerung in sog. HDPE Gitterboxen scheint nicht empfehlenswert zu sein.

## 4. Rapsöl-Diesel-Mischung

Die einfachste und billigste Form, um Rapsöl zu nutzen ist, es z.B. in Anteilen von 25 bis 50 % mit Diesel zu mischen. Dazu gibt es viele positive Erfahrungsberichte und Beobachtungen in der Praxis, aber auch Schadensberichte. Es gibt keine systematische Untersuchung der Mischungen, keine Freigabe des Herstellers. Ein weiteres Problem ist, wie eine gute Mischung hergestellt werden soll und wie verhindert wird, dass zu bestimmten Zeitpunkten der Rapsölanteil, der tatsächlich eingespritzt wird, wesentlich höher ist. Eine gute Mischmöglichkeit gibt es bis heute nicht, abgesehen von dem Problem, Entmischungen zu verhindern. Denkbar wäre Diesel und Rapsöl pur gleichzeitig über zwei Pumpen zu betanken, möglich wäre auch mit einer E-Pumpe umzurühren. Am ehesten kann man Mischungen wohl wagen in Motoren, die voll ausgelastet sind, und bei warmen Wetter. Sonst bestehen wie bei jedem Einsatz von Rapsöl pur die Hauptgefahren Verkokung, Verharzung, Festsetzen der Kolbenringe. Wenn Rapsöl pur ins Motoröl gelangt kann es zu großen Problemen kommen, weil Rapsöl (wie auch Biodiesel) nicht verdampft, im Gegensatz zu Diesel sich im Motoröl anreichert und dann zur Polymerisation führen kann (Motoröl wird dick wie Margarine). Es spricht vieles dafür, dass die möglichen Probleme mit dem Anteil von Rapsöl im Treibstoff zunehmen. Bis 25 % scheint die Zumischung von Rapsöl zu Diesel unproblematisch zu sein. Ein sehr großes Busunternehmen in Schleswig-Holstein mit über 1,2 Mio. l Jahresverbrauch mischt in allen Dieselfahrzeugen generell 20 % Rapsöl zu.

Rapsöl-Diesel-Mischungen sind etwas für Risikofreudige, aber nicht für „Rückversicherer“. 100 Stunden Erfahrung sagen noch nichts. Die meisten Schäden treten erst später auf.

Wird der Motor für länger als 4 Wochen abgestellt, sollte er mit Diesel betankt und gefahren werden, auch Rapsöl in Filtern und E-Pumpe altert.

## 5. Rapsölqualität

Die Rapsölqualität wurde im sog. Weihenstephaner Standard definiert. Seit 2005 gibt es eine Vor-Norm für eine DIN für Rapsöl-Kraftstoff, die DIN 51 605.

Schon heute ist dringend zu empfehlen, Rapsöl nur in DIN-Qualität zu handeln. Bei dem sog. 100-Schlepper-Programm (s. Kap. 8) zeigte sich, dass etwa die Hälfte der Rapsölproben der Qualitätsnorm nicht entsprach. Wer Rapsöl selbst produziert, muss sich darüber im Klaren sein, dass er diesen Standard gewährleisten muss. Der technische und finanzielle Aufwand für das Auspressen der Körner ist deutlich geringer als für das Reinigen und Aufbereiten des Rapsöles zu DIN-Qualität.

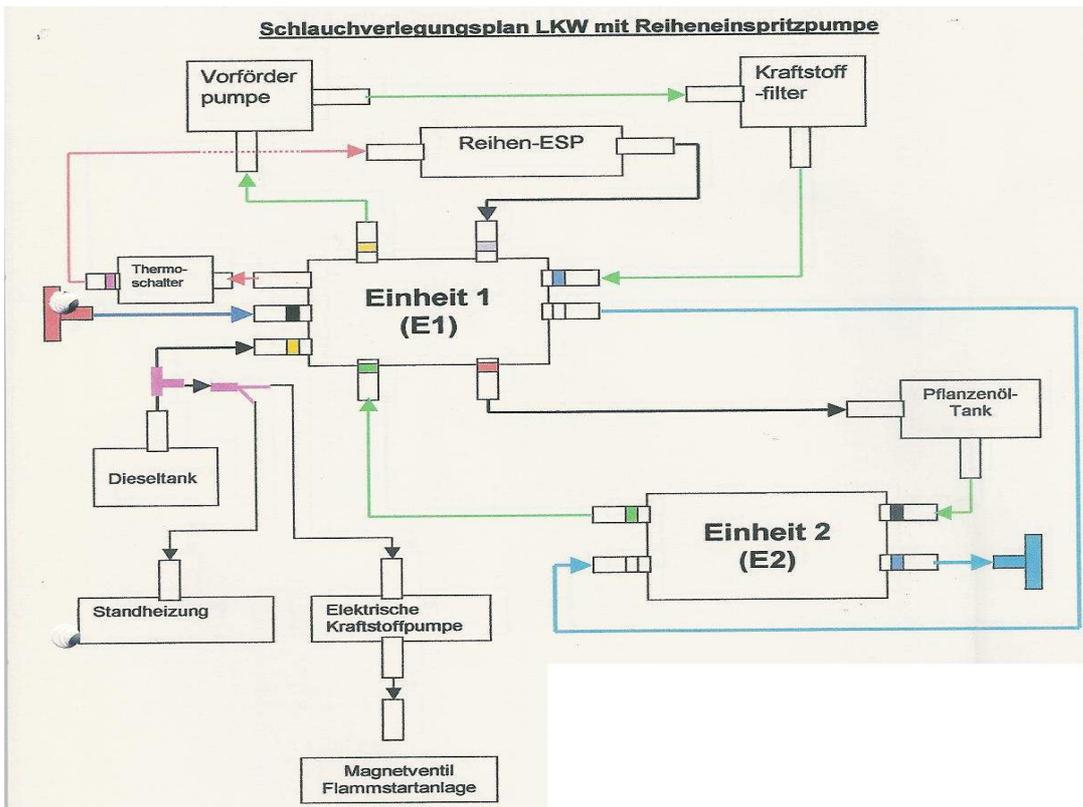
Im Übrigen gibt es eine Norm nur für Rapsöl, nicht aber für Sojaöl, Palmkernöl oder tierische Fette, die z.T. auch als Treibstoff verwendet werden, mit unterschiedlichen Erfolgen. In der Norm für RME 14 214 sind dagegen nur die Inhaltsstoffe festgelegt, auch Mischungen mit 15–16 % Soja- oder 8 % Palmkernöl können der Norm entsprechen.

**Tabelle 2:** E DIN 51605 – Rapsölkraftstoff

Eigenschaften	Einheit	Grenzwert	
		min.	max.
Visuelle Beurteilung	-	keine Verunreinigungen, Sedimente, freies Wasser	
Dichte bei 15°C	kg/m <sup>3</sup>	900,0	930,0
Flammpunkt P.M.	°C	220	-
Kin. Viskosität bei 40°C	mm <sup>2</sup> /s	-	36,0
Heizwert	kJ/kg	36.000	-
Zündwilligkeit	-	39	-
Koksrückstand	% (m/m)	-	0,40
Jodzahl	g Jod/100 g	95	125
Schwefelgehalt	mg/kg	-	10
Gesamtverschmutzung	mg/kg	-	24
Säurezahl	mg KOH/g	-	2,0
Oxidationsstabilität bei 110°C	h	6,0	-
Phosphorgehalt	mg/kg	-	12
Magnesium + Calcium	mg/kg	-	20
Oxidasche	% (m/m)	-	0,01
Wassergehalt	mg/kg	-	750

## 6. Umrüstung 2 Tank/ 1 Tank

Die Viskosität von Rapsöl entspricht etwa der von Motoröl. Bei + 20°C ist Rapsöl etwa so dünnflüssig wie Diesel bei 0 °C. Hauptziel aller Umrüstungen ist deshalb, den Kraftstoff vorzuwärmen, um ihn dünnflüssiger zu machen (ca. 10 mm<sup>2</sup>/s). Manche Umrüster empfehlen eine Motorvorwärmung in der Garage. Die Vorwärmung des Motors ist in jedem Fall für den Startvorgang nützlich, reduziert den Verschleiß der Bauteile und vermindert das Risiko des Kraftstoffeintrags ins Motoröl sowie der Neigung zur Verkokung. Einige Umrüster erwärmen nach dem Start bis ca. 55 °C Kühlwassertemperatur den Treibstoff vor dem Filter bzw. der Einspritzpumpe.

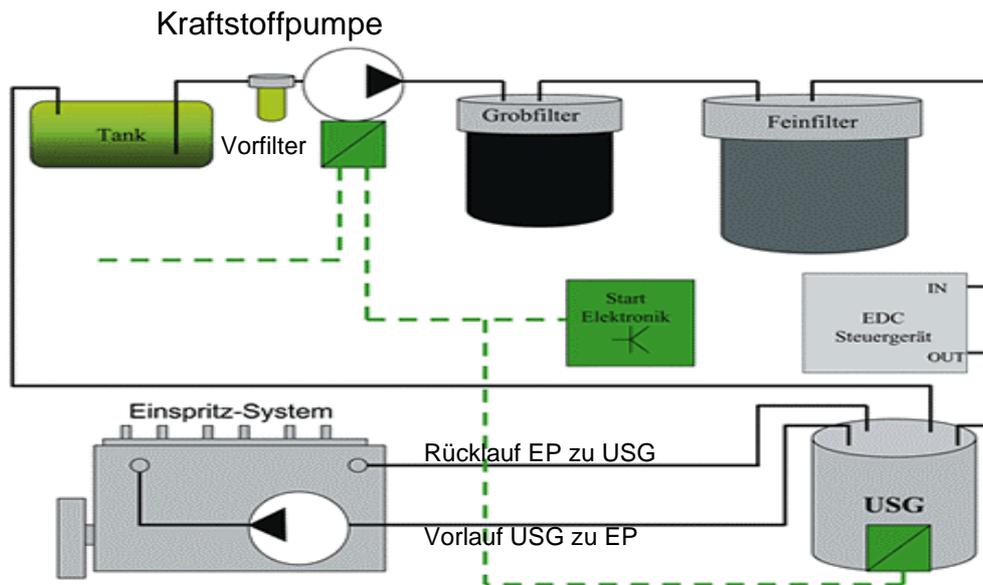


**Abb. 1:** Schlauchverlegungsplan LKW mit Reiheneinspritzpumpe  
(Quelle: Fa. 3 E)

Man unterscheidet **2-Tank-Systeme**, bei denen der Motor mit Diesel gestartet und auch auf Diesel abgestellt wird, und **1-Tank-Systeme**, die nur mit Pflanzenöl arbeiten. Der zweite Tank muss von außen befüllt werden können, darf z.B. beim PKW nicht im Kofferraum liegen. Das bedingt beim PKW meist aufwendige Schnitte in die Karosserie, ist beim Schlepper aber im Allgemeinen relativ einfach zu realisieren (Abb. 3). Manche Umrüster verzichten beim 2-Tank-System aus Kostengründen auf die Motorvorwärmung, weil der Schlepper ja zunächst mit Diesel warm gefahren wird. Insgesamt scheint das 2-Tank-System zwar in der Handhabung umständlicher, im Betrieb aber sicherer zu sein.

Einen ganz anderen Weg gehen Umrüster, die das Rapsöl in 1-Tank-Anlagen entgasen (z.B. e-oil, BEAM-plus). BEAM-plus entgast den Treibstoff durch das Erhitzen mit Glühkerzen im Hot-Oil-Behälter.

Bei dem 1-Tank-System von e-oil wird das Rapsöl in einem Ultraschallgerät (USG) behandelt, um zu verhindern, dass die durch das Einspritzsystem bereits zerkleinerten Bläschen sich wieder zu größeren im USG verbinden.



**Abb. 2:** Umrüstung von e-oil

Abbildung 3 zeigt den Anbau eines 20 l-Stahlkanisters, andere Umrüster befestigen einen Kunststoffkanister auf dem Frontgewicht.

Die Umschaltung von Rapsöl auf Diesel beim 2-Tank-System und zurück kann manuell oder temperaturgesteuert erfolgen. Das Zurückschalten vor dem Abstellen muss meist manuell erfolgen. Es gibt auch Systeme, die einen Warnton abgeben, wenn das Umschalten vor dem Abstellen nicht erfolgt ist. Meist wird bei einer Öltemperatur von 60 bis 70 °C umgeschaltet. Werden Fahrer eingesetzt, denen der Rapsölbetrieb gleichgültig ist, sollte man auf jeden Fall die automatische Umschaltung investieren.



**Abb. 3:** Stahlkanister als Zweittank für Diesel

Die meisten Umrüster ersetzen die **Kraftstoffleitungen** durch einen größeren Querschnitt, also z.B. 8 statt 6 mm. In vielen Fällen werden weitere **Kraftstofffilter** eingebaut, um durch weitere sehr feinstrukturierte Filteroberflächen den Widerstand im Kraftstoffsystem nicht zu stark zu steigern sowie um sicherzustellen, dass auch bei kaltem Kraftstoff noch genügend Öl zur Einspritzpumpe gefördert werden kann. Leitungen und auch der Tank kühlen von außen nach innen durch. Aus diesem Grund sollten bei niedrigen Temperaturen die Kraftstoffbehälter für Rapsöl immer voll sein. In vielen Fällen wird eine stärkere Kraftstoffförderpumpe oder auch eine Zusatzförderpumpe eingebaut. Manche (wenige) Umrüster bringen eine Wärmedämmung an den Kraftstoffschläuchen an.

Die Fa. Hausmann setzt beheizte **Einspritzdüsen** ein. Es werden ggf. auch Düsen mit einem anderen Einspritzwinkel verwendet, um zu verhindern, dass Kraftstoff an die Zylinderwand gelangt.

Einige Umrüster verlegen den Einspritzzeitpunkt nach vorn.

Das Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen hat 2005 **Kriterien für gute Umrüster** veröffentlicht (s. Internet). Gute Umrüster bauen nicht alle Motoren nach gleichem Schema um, sondern passen die Umbauten dem Motortyp an. Wünschenswert sind Referenzen von Betrieben, die z.B. mindestens 4000 Sh mit der Umrüstung gefahren haben, davon mindestens einen Winter lang. Spezielle Überprüfungen der Kraftfahrzeuge sind erforderlich bei Schleppern, die über 2000 Sh gefahren haben. Skepsis besteht vielfach bei Kfz, die mit Biodiesel gefahren wurden, mit allen möglichen Begründungen. Wahrscheinlich ist das entscheidende Problem, dass Mischung mit minderwertigem Biodiesel und Rapsöl zu chemischen Reaktionen mit unerwünschten Endprodukten führen könnten.

Ein guter Umrüster gibt an, was umgebaut wurde, dokumentiert die Umrüstung, macht Angaben zum zu verwendenden Motoröl, Ölwechselintervall usw.

Synthetische Öle scheinen eher zur Polymerisation zu neigen. Deshalb wird für Rapsöl pur Einsatz meist Motoröl auf Mineralölbasis empfohlen.

Vorsicht ist grundsätzlich geboten, besonders bei älteren Motoren, PKW über 150 000 km, Schlepper über 2500 Sh Einsatz. Deshalb ist die naheliegende Idee, die Umrüstung zunächst einmal mit einem älteren Schlepper zu versuchen, meistens keine gute Idee. Weiter sollten die Umrüster den Wintereinsatz gewährleisten, mindestens bis 0 °C.

## 7. Umrüster

In Deutschland dürften mehr als 200 Werkstätten Motoren auf Rapsöl umrüsten. Die meisten sind Lizenznehmer, die Zahl der System-, u.U. auch Lizenzanbieter ist deutlich geringer (s. Tabelle 3).

Aus dem allgemeinen Anbieterschema herausfallen die Vereinigten Werkstätten für Pflanzenöltechnologie VWP, weil sie größere Veränderungen durch Brennraumanpassung, Einspritzgeometrie usw. vornehmen, inzwischen aber zu vergleichbaren Kosten wie andere Umrüster.

Ein auf Umrüstteile spezialisierter Anbieter ist ATG Auto-Zubehör-Technik Glött GmbH, Gartenstr. 11, 89353 Glött.

**Tabelle 3:** Systemanbieter Umrüstung Rapsöl

<b>2-Tank-Systeme</b>	
Pflanzenöltechnik Greten	Ernst-Busse-Str. 10 31832 Springe
RMG	Fasanenstr. 9 27612 Loxstedt
Need GmbH & Co .KG	Kattrepel 2 20095 Hamburg
Rapstruck	Hermann-Degerser-Str. 36 30974 Wennigsen
3E GmbH	Schotten 6 25554 Nortorf/Wilster
<b>1- und 2-Tank-Systeme</b>	
ELSBETT Technologie GmbH	Weißburger Str. 15 91177 Thalmössing
VWP Vereinigte Werkstätten für Ölpflanzentechnologie GbR	Am Steigbühl 2 90584 Allersberg-Göggelsbuch
<b>1-Tank-Systeme</b>	
Siegfried Hausmann	Am Angertor 3 97618 Wülfershausen
e-oil GmbH	Industriest. 3 31061 Alfeld
BEAM-plus	Seefeldstr. 14 19205 Dragun/Mecklenburg

## 8. 100-Schlepper-Programm

Im sog. 100-Schlepper-Programm wurden von der Universität Rostock (Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren sowie Lehrstuhl für Technische Thermodynamik) im Auftrage des Bundesministeriums für Verbraucherschutz,

Ernährung und Landwirtschaft (BMVEL) 111 Schlepper im praktischen Einsatz begleitet. Die Erprobung dauerte 3 Jahre und wurde im Herbst 2005 abgeschlossen. Beteiligt waren Schlepper der derzeit noch gültigen der Abgasstufen 1 oder 2, ab 2007 gilt für neue Schlepper die neue Euro-Norm TIER 3, TIER 4 ist in Vorbereitung.

Über 50 % der im 100-Schlepper-Programm eingesetzten Rapsöle entsprachen nicht dem Weihenstephaner Standard. 50 % der Schlepper hatten ernste Störungen. Alle Schlepper hatten Rapsöl im Motoröl, so dass die Motorölwechselintervalle auf ein  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  verkürzt werden mussten. 40mal musste die Einspritzpumpe getauscht werden. Kritisch war die Verteilereinspritzpumpe VP 44. Besondere Probleme gab es mit Düsen und Leitungen. Im Durchschnitt wurden 5 % Minderleistung gemessen, aber auch bis zu 10 % Minderleistung und 6 % Mehrleistung. Theoretisch würden sich 5 % Minderleistung ergeben. Mehrleistungen werden oft mit dem im Rapsöl enthaltenen Sauerstoff begründet, aber auch einfach mit höherer Drehzahl des Motors. Eine wichtige Störquelle waren feststehende Auslassventile.

Ursprünglich sollten nur 1-Tank-Systeme an dem Programm teilnehmen, es waren dann aber auch 12 x 2-Tank-Systeme beteiligt. Wichtiger als der Umrüster war offenbar, welcher Schlepper umgerüstet wurde. Deutz- oder Fendt-Schlepper eigneten sich für die Umrüstung offenbar besser als Case oder John Deere. Von den Umrüstern schnitten die, die am meisten Schlepper umgerüstet hatten, auch am besten ab: Hausmann und VWP. Das 100-Schlepper-Programm hat zum Betrieb mit Rapsöl pur wichtige neue Erkenntnisse gebracht. Aber es waren keine neueren Umrüstkonzepete daran beteiligt. Naturgemäß waren die Systeme mindestens 3 Jahre alt. Viele neue Entwicklungen bei den Umrüstungen kamen aber erst 2005 auf den Markt. Neben den konventionellen Einspritzpumpen waren auch Pumpe-Leitung-Düse-Systeme, aber keine Common rail Motoren beteiligt waren. Insgesamt kommt die Studie zu dem Ergebnis, dass Rapsöl nicht uneingeschränkt empfehlenswert ist zum Betrieb von Dieselmotoren.

## **9. Einsatzprofile**

Je höher die Auslastung des Motors und je gleichmäßiger, desto besser sind die Voraussetzungen für den Betrieb mit Rapsöl pur. Es gibt viele Speditionen, die gute Erfahrungen mit umgerüsteten Motoren gemacht haben. Gut eignet sich offenbar auch der Mähdrescher für den Einsatz von Rapsöl pur. Hier ist jedoch zu beachten, dass die Einsatzzeiten verglichen mit dem Schlepper meist relativ gering sind, aber trotzdem viel Kraftstoff verbraucht werden kann. Es gibt deshalb Überlegungen, die Rapsölmürüstung für den Mähdrescher außerhalb der Saison in einem Schlepper einzusetzen. In jedem Fall ist aber eine Anpassung auf den Motor durch eine Fachwerkstatt erforderlich. Beim Schlepperbetrieb sind Einsatzfälle, bei denen der

Motor über längere Zeit mit gleichmäßig hohen Drehzahlen arbeitet, deutlich besser als viel Stop-and-go-Betrieb und das womöglich noch in der kalten Jahreszeit. Ein Schlepper, der im Winter den Siloblocksneider antreibt, sollte weder mit Rapsöl pur noch mit Biodiesel betrieben werden. Günstig sind dagegen Einsatzfälle wie z.B. die Bodenbearbeitung. Gut aufgestellte Systeme, richtig bedient haben auch bei Pflanzenpflegeeinsätzen wenig Probleme.

Je höher der Einspritzdruck, desto besser offenbar für den Einsatz von Rapsöl pur, 1800 bis 2000 bar Einspritzdruck sind besser als 600 bis 800 bar. Deshalb sind moderne Einspritzsysteme, wie Pumpe-Leitung-Düse und Common rail offenbar gut geeignet. Jedoch stellt Common rail besondere Anforderungen an den Umrüster, nicht alle wagen sich an dieses System heran.

Ein besonderer Einsatzfall scheinen Zuckerrübenroder zu sein. Da sie im wesentlichen Hydromotoren antreiben, können sie auch mit stark reduzierter Drehzahl arbeiten. Das bedeutet höhere Temperaturen für den Motor und möglicherweise Folgeschäden durch Überhitzung wegen zu geringem Kühlwasserdurchsatzes.

Wichtig ist bei umgerüsteten Motoren ein Motorcheck alle 1000 Sh. Insbesondere die Einspritzdüsen sollten einmal im Jahr kontrolliert werden.

## **10. Selbstbau**

Es gibt durchaus Landwirte, die die Umrüstung auf Rapsöl pur in eigener Regie vorgenommen haben. Man sollte den Aufwand für den Umbau aber nicht unterschätzen. Selbstbauer begnügen sich meistens mit relativ einfachen Lösungen, Handumschaltungen usw. und kommen damit, wenn sie selbst mit der Maschine arbeiten, auch relativ gut zurecht.

Einfacher ist der Umbau natürlich, wenn man schon Erfahrungen mit umgerüsteten Schleppern gesammelt hat. Es gibt auch Organisationen, die Selbstbaukurse für Umrüstungen vor allem von PKW anbieten. Die Zahl der Umrüstungen hat sich seit dem Frühjahr 2005 gewaltig gesteigert, d.h. aber auch, dass in vielen Fällen Langzeiterfahrungen fehlen. Viele Firmen haben inzwischen 70 und mehr bis 200 Fahrzeuge umgerüstet, mit der Zahl der Umrüstungen sind aber auch Problemfälle gekommen.

## **11. DEULA-Erhebung**

Zur Bewertung von Umrüstern gibt es bisher kaum Aussagen. Deshalb hat die DEULA SH mit Förderung von Innovationsstiftung Schleswig-Holstein, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen sowie

der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein eine bundesweite Erhebung von Schleppern begonnen. Untersucht werden Schlepper, die mindestens 200 Sh mit Rapsöl gearbeitet haben, neben einer Befragung der Besitzer werden Ölproben gezogen, insbesondere aber mit einem Endoskop der Brennraum untersucht. Das Ergebnis soll im Sommer 2006 vorliegen. Dabei zeigt sich bis jetzt, dass wohl alle Umrüster auch Problemfälle haben. In den meisten Fällen wurden die Landwirte damit nicht allein gelassen. Es stellt sich aber schon die Frage, wie lange die klein- und mittelständischen Umrüstunternehmen Kulanz durchhalten können.

Jede dieser aufstrebenden Firmen glaubt, dass sie das richtige Konzept hat und die beste Umrüstung anbietet. Am Ende der DEULA-Erhebung sollen Ergebnisse vorliegen, die es erlauben zu dem Zeitpunkt eine Bewertung der Umrüstsysteme für bestimmte Einsätze vornehmen zu können. Schon jetzt zeichnet sich ab, dass manche an der handwerklichen Arbeit scheitern, andere sehr pfiffige Ideen umgesetzt haben.

Nicht in jedem Fall wurde der Motor vor der Umrüstung sorgfältig überprüft. Motoren, die schon vorgeschädigt sind, müssen vor der Umrüstung repariert werden. Wie bereits erwähnt, sollten einmal pro Jahr die Düsen kontrolliert werden, auf jeden Fall muss täglich eine Motorölkontrolle durchgeführt werden und zwar vor Arbeitsbeginn. Die Reaktion zwischen dem Motoröl und dem eingetragenen Rapsöl findet beim Betrieb des Motors statt. Es kommt zuerst zu einer Ölverdünnung durch den Eintrag. Die Viskosität sinkt. Ab einem bestimmten Punkt, der von den unterschiedlichsten Faktoren abhängig ist, fängt das Öl an, dickflüssiger zu werden (Viskosität steigt). Der Betreiber kann dieses aber bei seiner täglichen Ölkontrolle nicht am Peilstab feststellen. Dazu müssen Messungen durchgeführt werden z.B. mit dem Gerät oq+3 der Fa. Rapstruck. Ab dem Punkt des langsamen Eindickens des Motoröles kann die schlagartige Alterung sehr plötzlich und unkontrolliert auftreten. Sichtbar wird die Reaktion (Polymerisation) dann, wenn das Motoröl abkühlt. Ist es erkaltet, zeigt sich die Margarine-Bildung. Ein Anstieg des Motorölstandes ist ein Alarmzeichen! Auf jeden Fall muss die Ursache beseitigt werden, bevor der Motor weiter arbeitet.

## **12. Blockheiz-Kraftwerke**

Ein besonders günstiger Einsatzfall sind Blockheiz-Kraftwerke, immer volle und gleichmäßige Drehzahl. Dennoch scheiden Blockheiz-Kraftwerke wegen der derzeitigen Förderkonditionen eigentlich aus.

Wie Abbildung 4 zeigt, hängt der Preis, der max. für Rapsöl (Pflanzenöl) gezahlt werden darf, entscheidend von der Wärmenutzung ab. Bei 50 % Wärmenutzung dürfte Pflanzenöl max. 56 Cent/l kosten. Tatsächlich bekommt man es z.Zt. gerade für den Preis, der für 100 % Wärmenutzung erforderlich ist, 72 Cent/l.

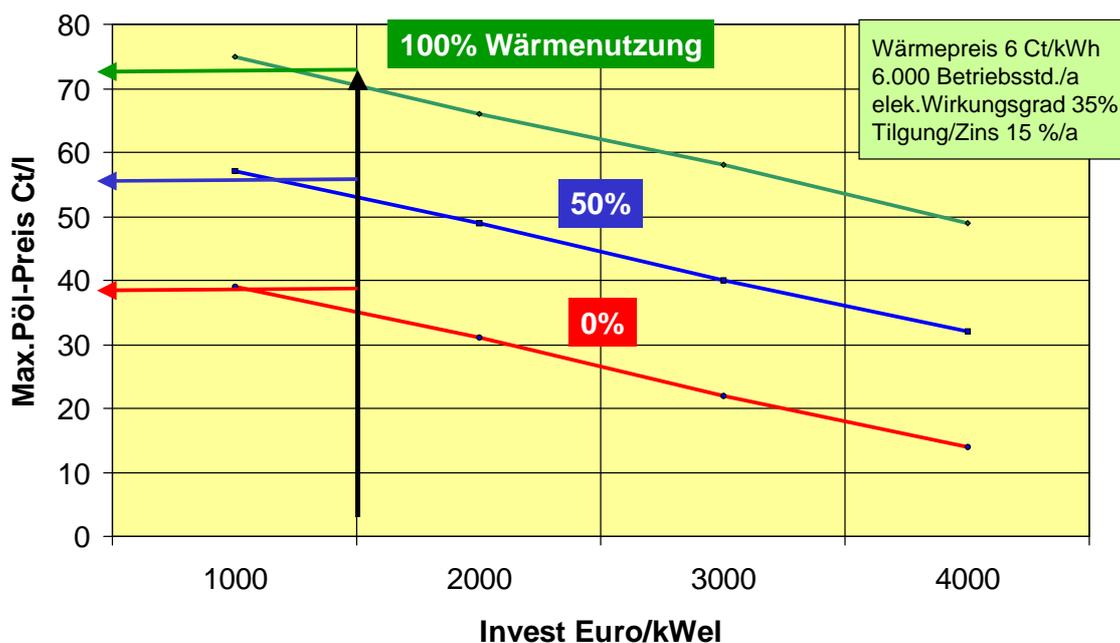
### 13. Selbst pressen

Es liegt nahe, den Handel auszuschalten, Mehrwertsteuer zu sparen und die eigene Rapssaat selbst zu pressen und als Treibstoff zu nutzen. Meistens wird der für Reinigung und Aufbereitung erforderliche Aufwand unterschätzt. So kostet nach KTBL eine Ölpresse für etwa 700 t Rapssaat pro Jahr 23 000 €, inklusive Reinigung und Aufbereitung aber 160 000 €.

Wenn man 22 €/dt Rapssaat unterstellt und 15 €/dt Rapskuchen erzielt, kostet in einer Anlage mit 150 bis 750 kg/h Rapssaatverarbeitung der Liter Rapsöl um 50 Cent, je nach Auslastung aber auch bis zu 1 €. Hinzukommen die Kosten für Aufbereitung, Lagerung, Transport.

#### Maximale Rapsöl-Kosten für BHKW

bei unterschiedlichen spezif. Investitionskosten  
und Wärmenutzung von 0 / 50 / 100 %



**Abb. 4:** Maximale Rapsöl-Kosten für BHKW  
Daten von K. Thuneke, Straubing, verrechnet von W. Eggersgluß,  
Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein

Die Beprobung der Universität Rostock im Rahmen des 100-Schlepper-Programms hat ergeben, dass mehr als die Hälfte der Ölproben nicht dem Weihenstephaner Standard entsprach. Kaltgepresstes Rapsöl schnitt schlechter ab als raffiniertes. Die Heißpressung mit chemischer Aufbereitung, sog. raffiniertes Rapsöl kostet theoretisch 2 Cent/l mehr. Tatsächlich wird dieses Öl am Markt billiger gehandelt, weil es meist in größeren Anlagen hergestellt wird. Es gibt durchaus Beispiele, bei

denen Probleme gelöst wurden, indem statt kalt gepresstem Öl Raffinat eingesetzt wurde. Grundsätzlich ist es auch mit Kaltpressung möglich, die DIN-Werte einzuhalten, aber es ist schwieriger.

Eine Pressanlage, die Öl für Treibstoffzwecke herstellt, ist beim Hauptzollamt anzumelden, wenn das Öl nicht im eigenen Betrieb verwendet wird.

Rapsöl, das auf Stilllegungsflächen angebaut wurde, ist zu vergällen, z.B. mit 3 % Rapsmethylester, damit es nicht als Nahrungsmittel eingesetzt werden kann.

Wenn man Sonderverwendungszwecke, Idealismus usw. außer Acht lässt, sollte eine Ölpresse eine Mindestgröße haben, wahrscheinlich 4000 t/Jahr verarbeiten können, um wirtschaftlich zu sein. Das ändert nichts an der Tatsache, dass viele Betreiber kleinerer Ölpresen sich als „Ölscheichs“ glücklich fühlen.

## 14. Ökonomie

**Tabelle 4:** Ökonomie Umrüstung (500 Sh/a, 40 ct/l Diesel – Rapsöl pur)

	<b>120 PS</b>	<b>200 PS</b>
Anschaffung A (€)	3000	5200
l/Sh	15	25
€/Sh	6	10
Kosten (31,5 % von A) (€/Sh)	1,89	3,20
Ölwechsel ½ Zeit (€/Sh)	0,08	0,08
Versicherung, - 900,- €/a (1000 € SB)	1,80	1,80
<b>Ersparnis (€/Sh)</b>	<b>2,23</b>	<b>4,92</b>
<b>Ersparnis (€/Sh) bei Steuer 10 ct/l (€/Sh)</b>	<b>0,73</b>	<b>2,42</b>

Tabelle 4 zeigt eine Überschlagsrechnung für Schlepper, die 500 Sh/a arbeiten. Für die Umrüstung sollen beim 120 PS-Schlepper 3000 €, beim 200 PS-Schlepper 5200 € investiert werden. Wenn Rapsöl 40 Cent/l billiger eingekauft werden kann als Diesel, ergibt sich daraus eine Ersparnis von 6 bzw. 10 €/Sh. Die Investition soll auf 5 Jahre abgeschrieben werden (20 % pro Jahr). Die Reparaturkosten werden 10 % pro Jahr von den Umrüstkosten geschätzt. Zinsen werden mit 3 % vom halben Anschaffungswert angesetzt, also insgesamt Kosten von 31,5 % vom Anschaffungswert pro Jahr. Das gibt Gesamtkosten für die Investition von 1,89 bzw. 3,20 € pro Schlepperstunde. Die Halbierung des Ölwechselintervalles inklusive Austauschfilter fällt mit 8 Cent/Sh nicht ins Gewicht. Beträchtlich ist dagegen die Maschinenbruchversicherung mit 900 €/Jahr bei 1000 € Selbstbeteiligung. Das ergibt insgesamt eine Ersparnis pro Schlepperstunde von 2,23 € für den 120- und 4,92 € für den 200-PS-Schlepper.

Die derzeitigen Überlegungen Rapsöl pur mit 10 Cent/l zu besteuern, würden die ökonomischen Bedingungen erheblich verschlechtern. Das würde beim 120 PS-Schlepper die Investition fast unwirtschaftlich machen, bei dem 200 PS-Schlepper den Vorteil der genannten Investitionen auf 1,17 € zusammenschmelzen lassen. Ob die Besteuerung das Ende des Schlepperbetriebes mit Rapsöl wird, ist z.Zt. der Drucklegung noch nicht entschieden. Es gibt Bestrebungen, die Landwirtschaft von der Besteuerung auszunehmen. Z.Zt. werden bei den Rapsmühlen gute Gewinne gemacht. Es wäre also denkbar, dass Rapsöl preisgünstiger angeboten wird. Auch bei den Umrüstern sind die derzeitigen Preise nur durch Entwicklungskosten und schlecht kalkulierbare Risikoabsicherung zu rechtfertigen.

Viele Landwirte, die die Verbrauchsgrenze von 10 000 l/a überschreiten, denken über Rapsöl pur nach. Tatsächlich zeigen detailliertere Berechnungen von Keymer (Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Agrarökonomie, „Ökonomie von Rapsölkraftstoffen“, Vortrag zur Vorstellung des 100 Schlepper-Programmes 05), dass in den meisten Fällen mehrere Schlepper umgerüstet werden müssen und deshalb erst ab 31 000 l Jahresverbrauch, also etwa 300 ha LF, die Umrüstung lohnt (s. auch Klenke, RKL-Schrift 0.4, Ökonomie des Treibstoffes Raps, Seite 795 ff.).

Etwas differenzierte hat Dr. R. Mohr, Hanse Agro Beratung Entwicklung GmbH, die Zahlen aufgearbeitet (Tabelle 5, Seite 845 und 846)

## 15. Offene Fragen Rapsöl pur

Unkalkulierbar ist z.Zt. der Wiederverkaufswert von Schleppern, die auf Rapsöl umgerüstet wurden. Genannt werden Abschläge um 20%. Argumentiert wird aber auch, dass der Schlepper-Nennwert ja 3 – 5000 € höher liegt und zumindest Betriebe, die Rapsöl fahren wollen, den Mehrwert auch honorieren werden. Nicht zu kalkulieren ist auch der Garantieverlust für Schlepper, insbesondere wenn der Verkäufer darauf besteht, dass - formal richtig - die Garantie für den gesamten Schlepper erlischt, also auch z.B. für Getriebeschäden, weil Teile des Schleppers ohne Zustimmung des Herstellers umgebaut wurden. Unsicher sind auch nach wie vor die Fragen von Mehrverbrauch oder Minderleistung sowie die Frage nach Ölwechsel- und Wartungsintervallverkürzung.

Gegebenfalls sollte man das Motoröl untersuchen lassen. Motorölanalysen führt z.B. die Fa. Wearcheck GmbH, Kerschelweg 28, 83098 Brannenburg, E-Mail [info@wearcheck.de](mailto:info@wearcheck.de) durch. Einzelsets für eine Analyse gibt es ab 41 €, 12erSets ab 35 €.

**Tabelle 5:** Wirtschaftlichkeitsanalyse des Rapsöleinsatzes als Treibstoff  
(Quelle: u.a. UFOP, RKL, DLG-Mitteilungen)

Umrüstung Schlepper Verbrauch pro Stunde in Liter	200 PS 25	<b>120 PS</b> 15		
Kosten der Umrüstung	5.200 €	3.000 €		
Kosten der Umrüstung Abschreibung	5 Jahre 1.040 €	5 Jahre 600 €		
mittlerer Zinsansatz bei 6 %	156 €	90 €		
Reparaturkosten 10 %	520 €	300 €		
Versicherung gegen Motorschaden	700 €	500 €		
anteilige jährl. Kosten einer 2. Hoftank- anlage (2 Schlepper) inkl. Förderung (40 % durch FNR)	240 €	240 €		
<b>Festkosten pro Jahr</b>	<b>2.656 €</b>	<b>1.730 €</b>		
	Festkosten/Sh	Festkosten/Sh		
bei 500 h/Jahr	5,3 €	3,5 €		
bei 1000 h/Jahr	2,7 €	1,7 €		
bei 1500 h/Jahr	1,8 €	1,2 €		
Variable Kosten				
erhöhte Kosten des Ölwechsels (halbiertes Intervall)				
bei 500 h/Jahr	40 €	40 €		
bei 1000 h/Jahr	80 €	80 €		
bei 1500 h/Jahr	120 €	120 €		
Überschuss pro Schlepper bei der Verwendung von Rapsöl	Differenz Rapsöl zu Diesel		Differenz Rapsöl zu Diesel	
	0,25 €/l	0,35 €/l	0,25 €/l	0,35 €/l
bei 500 h/Jahr				
bei 1000 h/Jahr	429 €	1.679 €	105 €	855 €
bei 1500 h/Jahr	3.514 €	6.014 €	1.940 €	3.440 €
	6.599 €	10.349 €	3.775 €	6.025 €
<b>Einsparung pro Stunde</b>				
bei 500 h/Jahr	0,9 €	3,4 €	0,2 €	1,7 €
bei 1000 h/Jahr	3,5 €	6,0 €	1,9 €	3,4 €
bei 1500 h/Jahr	4,4 €	6,9 €	2,5 €	4,0 €

Fortsetzung: **Tabelle 5**

**Beispiel bei einer Preisdifferenz von 0,3 €/l**

	pro Betrieb	pro ha
200 ha Betrieb 200 Schlepper ohne Mähdrescher 1 Schlepper wird umgestellt - 60 % Rapsöleinsatz Treibstoffeinsatz: 100 l/ha	624 €	3,1 €
500 ha Betrieb 3 Schlepper + Mähdrescher 2 Schlepper werden umgestellt – 65 % Rapsöl Treibstoffeinsatz: 95 l/ha	3.791 €	7,6 €
1000 ha Betrieb 5 Schlepper + Mähdrescher 3 Schlepper + 1 Mähdrescher werden umgestellt – 80 % Rapsöleinsatz Treibstoffeinsatz: 90 l/ha	10.656 €	10,7 €

Analysen von Rapsöl als Kraftstoff nach E DIN 51605 führt z.B. die Fa. ASG Analytik-Service Gesellschaft mbH, Trentiner Ring 30, 86356 Neusäss durch. Eine Vollanalyse kostet 485 €, eine Analyse der fünf wichtigsten Parameter: Gesamtverschmutzung, Säurezahl, Phosphorgehalt, Erdalkaligehalt (Ca + Mg) und Wassergehalt kostet 200 €.

In den meisten Fällen ist für Rapsöl eine zweite Tankstelle erforderlich, weil ja einzelne Maschinen weiter mit Rapsöl betrieben werden abgesehen von dem Diesel für das 2-Tanksystem. Die jährliche Tankreinigung wird für 200 € angeboten.

Große Hoffnungen werden gesetzt in Common rail Motoren mit Piezzo-Elementen. Vieles hängt von der Preisentwicklung von Rapsöl ab.

Bisher hat der zusätzliche und inzwischen nicht unbedeutende Markt für Rapsöl als Treibstoff nicht zu besseren Preisen für Rapssaat geführt. Dies müsste sich aber ändern.

Bisher ist Rapsöl als Treibstoff nur in Deutschland, Österreich und Schweden ein Thema. Das liegt an der hohen Besteuerung, für die es im Gegensatz zu anderen Ländern keine Ausnahmen für die Landwirtschaft gibt. Aus der Sicht der Schlepperhersteller bedeutet dies aber, dass es nicht lohnt, für den deutschen Sonderweg Motoren zu konstruieren. Immerhin haben sich aber erste Schlepperhersteller dazu durchgerungen, Pflanzenöl positiv zu bewerten, so Dr. A. Kunz, J. Deere (VDI-Tagung 4./5.11.05). Hier aus der Sicht des global operierenden Landtechnikherstellers: „Alternative Kraftstoffe für Traktoren auf Basis von nachwachsenden Rohstoffen

haben das Potential einer in der Bedeutung steigenden Einkommensquelle für die landtechnische Kundschaft;

- haben eine regionale Verbreitung und erfordern eine marktspezifische Technologie;
- sind als reine Flüssigkeiten im deutschen Markt auf absehbare Zeit einzig als Biodiesel oder als natives Rapsöl in genormter Qualität verfügbar;
- führen als Biodiesel bei aktuellen Traktoren zu höherem Verbrauch bei gleichzeitig reduzierter Leistung. Mit Rapsöl traten an Traktoren einer früheren Motorgeneration diese Nachteile zwar nicht auf, aber ein einspritzpumpenbedingter Leistungsverlust nach einigen Hundert Betriebsstunden verhindert eine Verbreitung dieser Umrüstung;
- lassen für Rapsöl an kommenden Motorgenerationen ein höheres Einsatzpotential aufgrund einer besser an Pflanzenölerfordernisse anzupassenden Motortechnik erkennen. Die Entwicklung eines optional erhältlichen „Rapsölpaketes“ für zukünftige Traktoren ist daher denkbar.“

Die meisten Motorhersteller sehen aber mit Unmut zu, wie sich mittelständische Unternehmen mit zum Teil untauglichen Mitteln bemühen, ihre hochwertigen Motoren umzurüsten. Für die Hersteller von Schleppern und Selbstfahrern ist ein Ärgernis, dass kaum noch Schlepper, Mähdrescher oder Feldhäcksler verkauft werden, ohne dass das Thema Rapsöl pur angesprochen wird. Dabei wird der Durchbruch für Rapsöl pur sicher erst kommen, wenn die Motorhersteller selbst sich dieses Themas annehmen. Sie kennen ihre Maschinen selbst besser und haben auch in der Entwicklung ganz andere Möglichkeiten. Einzelne Landwirte und einzelne Umrüster werden nicht auf Dauer die Pionierarbeiten tragen können. Auf der anderen Seite hat die Industrie mit der Entwicklung von Ethanolmotoren für Brasilien oder Schweden und Vielstoffmotoren für das Militär gezeigt, dass sie durchaus in der Lage sind mit Biokraftstoffen umzugehen.

## **16. Abgaswerte**

Die zurzeit hergestellten Schlepper müssen die Abgasnorm Euro 1 oder 2, ab 2007 TIER 3 erfüllen. Zu Biodiesel zeigen bisherige Untersuchungen, dass die Norm 1 und 2 durchaus zu erfüllen ist, wahrscheinlich auch 3 und 4. Bei den vorgesehenen Normstufen 5 und 6 sicher nicht. Für Rapsöl pur gibt es unseres Wissens keine Untersuchungen oder gar Entwicklungen, um Werte, die besser sind als Euro-Normen 1 und 2, zu erreichen.

## 17. Ausblick

Durch die neueren politischen Maßnahmen entstehen ganz andere Wettbewerbsverhältnisse bei Biotreibstoffen. Mit der Zumischungspflicht dürfte Biodiesel (RME) noch wesentlich knapper werden als heute schon, möglicherweise für separaten Einsatz nicht mehr zur Verfügung stehen. Es könnte aber auch das Gegenteil eintreten, dass die Mineralölkonzerne das vorgeschriebene Pflanzenöl als Soja-, Palmkern- oder Olivenöl außerhalb Deutschlands einkaufen. Dennoch ist die Umstellung auf Biodiesel für viele Betriebe zwar kein großer, aber sofort gangbarer Schritt, der ohne Umrüstung des Schleppers gewisse Kosten einspart. Biodiesel ist genormt und er wird unter DIN-Bedingungen gehandelt. Es gibt für viele Fahrzeuge Freigaben.

Dagegen ist Rapsöl pur z.Zt. noch ein Thema für Pioniere

- keine Freigabe vom Motorhersteller,
- große Unsicherheit hinsichtlich Besteuerung,
- bisher wenig Interesse bei den Motorherstellern, offenbar keines bei den Einspritzpumpenherstellern.

Die Abgas-Norm-Frage ist ebenso ungeklärt wie der unsichere Wiederverkaufswert des Schleppers.

## 18. Literatur

- Autorenkollektiv, „Dezentrale Ölsaatenverarbeitung“, KTBL-Schrift 427, 2005  
 Klenke, E. F., „Ökonomie des Treibstoffes Raps“, RKL-Schrift 0.4, Seite 795 ff  
 Keymer, „Ökonomie von Rapsöltreibstoffen“, Vorstellung und Ergebnisse  
 100-Schlepper-Programm, 2005  
 Traulsen, H., „Erfahrungen mit Biodiesel“, RKL-Schrift 0.4, Seite 657 ff  
 v. Wedel, H., „Biodiesel“, RKL-Schrift 0.4, Seite 675 ff