



# Biokraftstoffe



**Dr. Hardwin Traulsen**

## **Biokraftstoffe**

Mai 2008

Dr. Hardwin Traulsen war bis zum Eintritt in den Ruhestand Geschäftsführer der DEULA SH und des RKL

Herrn P. Dönges danke ich für die kritische Durchsicht. Er war bis 2007 Motor- und Ölspezialist bei der DEULA Schleswig-Holstein.

H. Traulsen

Herausgeber:

Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft (RKL)

Prof. Dr. Yves Reckleben

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

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Zustimmung des Herausgebers

Was ist das RKL?

Das Rationalisierungs-Kuratorium für Landwirtschaft ist ein bundesweit tätiges Beratungsunternehmen 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>
<b>1. Einleitung</b> .....	<b>915</b>
<b>2. Biodiesel</b> .....	<b>918</b>
2.1 Eigenschaften .....	922
2.2 Lagerung.....	924
<b>3. Pflanzenöl</b> .....	<b>924</b>
3.1 Eigenschaften .....	924
3.2 Umrüstsysteme .....	926
3.2.1 Eintankanlagen .....	926
3.2.2 Zweitankanlagen.....	926
3.3 Rapsöl-Diesel-Mischungen .....	927
3.4 Blockheizkraftwerke .....	928
<b>4. Ethanol</b> .....	<b>928</b>
<b>5. Methan aus Biogas</b> .....	<b>930</b>
<b>6. Biomass to Liquid (BTL)</b> .....	<b>930</b>
<b>7. Ökonomie</b> .....	<b>931</b>
<b>8. Literatur</b> .....	<b>932</b>

## 1. Einleitung

Zu den biogenen Kraftstoffen zählen Alternativen zu Benzin oder Diesel auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Die Biokraftstoff-Fachwelt ist zurzeit sehr verunsichert. Nach euphorischer Hochstimmung im Jahr 2006 und der Hoffnung über Treibstoff vom Acker, ein weiteres Standbein für die Landwirtschaft zu schaffen, kam der tiefe Einbruch. Die Biokraftstoffsteuer hat schon in der ersten Stufe zu Einbrüchen geführt, die weiteren Stufen werden biogene Kraftstoffe für die meisten Verbraucher endgültig uninteressant machen.

Tab. 1:

<b>Jahr</b>	<b>Steuersätze Pflanzenöl Cent/l</b>	<b>Steuersätze Biodiesel Cent/l</b>
2006-2007	0	9
2008	10	15
2009	18	21
2010	26	27
2011	33	33
2012	45	45

Wichtig bleibt aber, dass **die Landwirtschaft von der Biokraftstoffsteuer ausgenommen ist.**

Zurzeit wird diskutiert, auch die Speditionen von der Biokraftstoffsteuer zu befreien. Andere Stimmen fordern sie ganz zu streichen, weil nur so der politisch gewollte Anteil von 17 % im Jahr aus nachwachsenden Rohstoffen - genannt werden auch 20% - bis zum Jahr 2020 zu erreichen ist.

Ein Lichtblick aus der Sicht der Landwirtschaft ist auf der anderen Seite der Beimischungszwang von ca. 5 % biogener Kraftstoffe zum Diesel. Diskutiert wird, diesen Anteil auf 10 % zu erhöhen.

Die Biokraftstoffsteuer ist ein gutes Beispiel für die Marktmacht der Ölmultis. Den Beimischungszwang haben die Mineralölfirmen schlucken müssen, aber natürlich kaufen sie den vorgeschriebenen Anteil dort ein, wo er am billigsten ist und in Qualitäten, die gerade noch die DIN-Werte für Diesel und Benzin gewährleisten. Wenn mit dem Biokraftstoffanteil Geld zu verdienen ist, werden die Grundöl Konzerne Herstellung und Vertrieb dieses Anteiles in die eigenen Hände nehmen. Es dürfte Landwirten deshalb kaum möglich sein, in Konkurrenz dazu auf Dauer hohe Gewinne aus dem Verkauf des vorgeschriebenen Anteiles biogener Kraftstoffe zu machen.

Die Branche ist aber noch durch weitere Punkte verunsichert:

- Leere Getreidelager, Getreidenachfrage in Entwicklungsländern und Flächenbedarf für andere nachwachsende Rohstoffe haben zu geahnten Getreidepreisen geführt. Der Rapspreis entwickelt sich am Getreidepreis (etwa doppelter Weizenpreis). Deshalb ist Pflanzenöl knapper und teurer geworden. Mit den fossilen sind also auch die biogenen Kraftstoffe teurer geworden. Vor allem aber gibt es zwischen Regionen und Tankstellen und auch im Laufe des Jahres große Preisschwankungen. Man kann von folgenden Richtgrößen ausgehen, um die biogene Kraftstoffe billiger sein müssen als fossile, um für den Verbraucher interessant zu sein.

**Tab. 2:**

<b>RME</b>	mind. 0,10 Ct/l unter Diesel
<b>Pflanzenöl</b>	mind. 0,25-0,35 Ct/l unter Diesel
<b>Ethanol</b>	mind. 0,40 Ct/l unter Benzin

- Bei Preisvergleichen ist wichtig, welche Mengen an Treibstoff abgenommen werden und in welcher Region Preise verglichen werden.

- Biokraftstoffe dürfen auch auf stillgelegten Flächen angebaut werden, aber die Zwangs-Stillegung ist ausgesetzt.
- Biokraftstoffe werden wegen der hier höheren Treibstoffsteuer vor allem in Deutschland diskutiert. Das führt zu Problemen mit den Motorherstellern, die sich weigern spezielle Motorausrüstungen für bestimmte Länder zu liefern. Im Jahr 2007 wurden 8 % des Kraftstoffverbrauches durch Biokraftstoffe abgedeckt.
- Über viele Jahre war Raps das alleinige Grundöl für biogene Alternativen zu Diesel. Durch die gestiegenen Rapspreise sind Soja-, Palmöl und andere Pflanzenöle starke Konkurrenten geworden.

**Tab. 3:**

<b>Biokraftstoffe für den Einsatz in Großmotoren</b> Pflanzenöle im Vergleich zu Dieselkraftstoff								
Kennwert	Einheit	Diesel- kraftstoff	Rapsöl	Sonnen- blumenöl	Leinöl	Sojaöl	Olivenöl	Palmöl
Dichte	g/cm <sup>3</sup>	0,83	0,915	0,925	0,933	0,93	0,92	0,92
Kin. Viskosität (bei 20°C)	mm <sup>2</sup> /s	ca. 2	74	65,8	51	63,5	83,8	39,6
Heizwert	MJ/kg	43	35,2	36,2	37,0	39,4	40,0 *)	35
Cetanzahl		50	40	35,5	52,5	38,5	39	42
Flammpunkt	°C	55	317	316	320	330	325	267

\*) Angabe des Brennwertes

Quelle: Mollenhauer, Handbuch Dieselmotoren

- Sojaöl wird im Allgemeinen 0,10 Ct/l unter Rapsöl, Palmöl 0,20 Ct/l billiger gehandelt. Wichtig ist deshalb, dass für Landwirte nur solche Biokraftstoffe von der Biokraftstoffsteuer befreit sind, die den DIN-Normen entsprechen (DIN 51605 Rapsölkraftstoff bzw. DIN 14214 RME). Die DIN 14214 RME kann auch mit gewissen Anteilen an anderen Pflanzenölen erfüllt werden. Im Sommerdiesel können diese Anteile höher sein als im Winterdiesel. Dagegen ist bei der Vornorm für Pflanzenöl 51605 Rapsöl als Grundlage vorgegeben.
- Für die pro ha erzeugbaren Mengen an Treibstoff werden oft beachtliche Zahlen genannt (siehe Tabelle 4). Wenn auch noch Nebenprodukte wie Strohstopeln usw. verwertet werden, steigen diese Zahlen noch mal an. Für die Nutzer von Biokraftstoffen sind sie aber eigentlich bedeutungslos. Für die Wirtschaftlichkeit ist entscheidend nicht welche Menge/ha, sondern zu welchen Kosten der Treibstoff bereitgestellt werden kann.

Tab. 4:

<b>Biokraftstoff</b>	<b>Ertrag l/ha</b>
Biodiesel aus Raps	1.408
Rapsöl	1.420
Bioethanol aus Zuckerrüben	4.054
Bioethanol aus Getreide	1.660
Bioethanol aus Lignozellulose	640
Bioethanol aus Zuckerrohr (Brasilien)	4.197
BtL (Biomass-to-Liquid)	3.907
Biogas (Biomethan aus Silomais)	4.977
Bio-Wasserstoff	4.742

Quelle:UFOP

## 2. Biodiesel

Raps-Methyl-Ester (RME) ist der älteste und am weitesten verbreitete Biokraftstoff. Vor allem ist er in Deutschland, Österreich, Schweden und einigen (wenigen) anderen Ländern an öffentlichen Tankstellen zu haben. RME wird hergestellt aus Rapsöl, das mit ca. 10 % Methanol (aus der Erdölproduktion) verestert wird. Nach Reinigung und weiterer Aufbereitung erhält man daraus Biodiesel und ca. 10 % Glycerin. Glycerin kann an die chemische Industrie verkauft werden oder aber auch in Biogasanlagen eingesetzt werden, sofern es nicht als Futter für z. B. Rinder oder Schweine verwendet wird.

Der Hauptaufwand liegt nicht in der Veresterung, sondern in der Aufbereitung des Treibstoffes, um bestimmte Grenzwerte einzuhalten.

**Tab. 5:** DIN 14214 Rapsmethylester

Eigenschaften	Einheiten	Grenzwerte	
		Min.	Max
Ester-Gehalt	% (m/m)	96,5	
Dichte bei 15°C	kg/m <sup>3</sup>	860	900
Viskosität bei 40°C	mm <sup>2</sup> /s	3,5	5
Flammpunkt	°C	über 101	
Grenzwerte der Filtrierbarkeit (CFPP)			
15.04. bis 30.09.	°C		0
01.10. bis 15.11.	°C		-10
16.11. bis 28.02.	°C		-20
01.03. bis 14.04.	°C		-10
Schwefelgehalt	mg/kg		10
Koksrückstand (von 10% Destillationsrückstand)	% (m/m)		0,03
Zündwilligkeit (Cetanzahl)		51	
Asche (Sulfatasche)	% (m/m)		0,02
Wassergehalt	mg/kg		500
Gesamtverschmutzung	mg/kg		24
Korrosionswirkung auf Kupfer (3h bei 50°C)	Korrosion sgrad		1
Oxidationsstabilität, 110°	h	6	
Säurezahl	mg/KOH/g		0,5
Methanolgehalt	% (m/m)		0,2
Gehalt an Linoleinsäure-Methylester	% (m/m)		12
Gehalt an Fettsäure-Methylester mit mehr als 3 Doppelbindungen	% (m/m)		1
Monoglyceride	% (m/m)		0,8
Diglyceride	% (m/m)		0,2
Triglyceride	% (m/m)		0,2
Freies Glycerin	% (m/m)		0,02
Gesamtglycerin	% (m/m)		0,25
Iodzahl	g Iod/100 g		120
Phosphorgehalt	% (m/m)		10
Alkaligehalt (Na + K)	% (m/m)		5

Trotz DIN kann sich der am Markt angebotene RME deutlich unterscheiden. Auf jeden Fall sollte man sich zusichern lassen, dass die Ware der DIN 14214 entspricht. In den USA wird sog. US-Biodiesel auf der Basis von Sojaöl angeboten. Deutz z. B. hat gerade Motoren für 100 % RME aber nur für 20 % Anteil an Sojamethylester freigegeben.

## 2.1 Eigenschaften

Alle Biokraftstoffe haben einen fast geschlossenen CO<sub>2</sub> Kreislauf, d. h. es wird in der Vegetation soviel CO<sub>2</sub> in die Pflanze eingelagert, wie beim Verbrennen wieder freigesetzt wird. Allerdings sind die CO<sub>2</sub> Mengen, die bei der Herstellung von Maschinen, Dünger oder Pflanzenschutzmitteln freigesetzt werden, daher im Allgemeinen nicht berücksichtigt.

Für die meisten Verbraucher war der geringere Preis von RME im Vergleich zu Diesel entscheidend. Wenn man einen Mehrverbrauch von 5 % unterstellt, sowie gewisse Leistungsminderung, sollte der Preisabstand mindestens 0,10 Ct/l betragen.

Ende 2006/ Anfang 2007 war das über längere Zeit nicht der Fall.

Neben AGQM (Arbeitsgemeinschaft Qualitätsmanagement Biodiesel) geprüfem Biodiesel gibt es aber nach wie vor auch Biodiesel minderer Qualität am Markt, der zu größeren Mehrverbräuchen und Minderleistungen bis hin zu Motorschäden führen kann.

Biodiesel kann in Dieselmotoren ohne Umbau oder Veränderungen eingesetzt werden. Für PKW gibt es z. Zt. allerdings keine Freigaben von den Motorherstellern, bei LKW ist die Freigabe für den Einsatz von RME Verhandlungssache. Für die meisten Landmaschinen gibt es inzwischen viele Freigaben für Biodiesel. Bei Landmaschinen liegt es an den Landwirten weiter Druck auf die Hersteller auszuüben, um generelle Freigaben zu erhalten. Vor etwa 10 Jahren waren schon mal die weitaus meisten Schlepper für den Einsatz von RME freigegeben, aber es interessierte keinen Landwirt. Daraufhin haben die meisten Hersteller auf RME-Freigaben verzichtet, auch wenn die Kosten für RME feste Ausrüstung gering sind:

RME feste Kraftstoffleitungen (Viton) sowie Dichtungen in Einspritzpumpen.

Oft wird behauptet Common-Rail-Motoren seien für RME ungeeignet. Von Motorspezialisten wird dies bestritten. Es gibt noch Gegenbeispiele.

RME enthält fast keinen Schwefel, der Russanteil ist deutlich geringer (-50 %), auch die üblichen Schadstoffgehalte sind geringer als im Diesel, bis auf NOX (+10 %).

Biodiesel hat die Wassergefährdungsklasse 1 (Diesel 2) und ist biologisch abbaubar.

Nach längeren Diskussionen mit dem UBA steht heute wohl fest, dass die Erzeugung vom RME eine positive Energiebilanz aufweist, nämlich 1:2 (1:3 wenn man auch das Stroh mitberücksichtigen würde).

Negative Eigenschaften von RME sind: Im Allgemeinen kann man mit einem Mehrverbrauch von 5 % rechnen, je nach Motoreinsatz usw. kann der Mehrverbrauch in einem weiten Bereich von 2-20% schwanken. Bei höherer Leistung scheint der Verbrauch stärker anzusteigen, als bei Diesel.

RME löst Kunstharzlacke, nicht aber der Acryllacke (Metallic) und Sonderfarben (Fendt). Er klebt stark und Verschmutzungen beim Tanken auf Metallic-Lack führen zu unansehnlichen (schwarzen) Stellen.

Der Kaltstart ist etwas schlechter als bei Diesel, aber auch nicht problematisch. Motoren ohne Katalysator erzeugen beim Betrieb mit RME einen typischen (unangenehmen) Geruch, insbesondere wenn der Motor kalt ist.

RME konnte man in Deutschland an ca. 2.000 Tankstellen bekommen, fast ausschließlich aber nur an freien Tankstellen. Aufgrund der Marktlage ist das Angebot aber rückläufig. Im Ausland ist die Verbreitung von RME-Tankstellen sehr unterschiedlich, aber selbst in Ländern wie Schweden, Österreich, Italien und Spanien eingeschränkt gegenüber den Dieseltankstellen.

RME wird wie Diesel in Sommer- und Winterqualität angeboten (01. November bis 01. April). Im Sommer kann die DIN 14214 mit großen Anteilen anderer Öleigenschaften mehr als in der Winterqualität.

Für Rapsöl wie für Biodiesel gilt, dass der Einsatz bei höheren Temperaturen besser ist als bei niedrigen Temperaturen. Die 10.000 l Agrardiesel sollte man deshalb vornehmlich bei niedrigen Temperaturen im Winter einsetzen.

Der Ölwechsel sollte beim Einsatz von Biodiesel wie Rapsöl mindestens halbiert werden. Entsprechende Ölkosten sind bei der Gesamtkalkulation zu berücksichtigen, fallen aber nicht ins Gewicht. Man kann sich an die erforderliche Grenze auch heran tasten, durch Ölanalysen z. B. bei den Firmen:

WEARCHECK GmbH

Keschelweg 28

83098 Brannenburg

Tel.: 08034-9047-0, Fax: -47

Internet: [www.wearcheck.de](http://www.wearcheck.de)

E-mail: [info@wearcheck.de](mailto:info@wearcheck.de)

ASG

Analytk-Service GmbH

Trentiner Ring 30

86356 Neusäss

Tel.: 0821-486251-8, Fax: -9

E-mail: [info@asg-analytik.de](mailto:info@asg-analytik.de)

Es werden auch kleinere Veresterungsanlagen für den dezentralen Einsatz auf landwirtschaftlichen Betrieben angeboten. Der Vorteil ist, dass eine Zwischenhandelsstufe ausgeschaltet wird. Der Aufwand für die Biodiesel-Herstellung in Normqualität ist aber nicht unerheblich. Bei Anlagekosten wie Personaleinsatz ist bei größeren Anlagen mit Kostendegression zu rechnen, auch wenn die Anlagen für vollautomatischen Betrieb ohne Fachpersonal angepriesen werden, z. B.

Mecan AG

Werkzeugmaschinen Industrie Haslen

CH-9245 Oberbühren

Tel. 0041-7175010-80, Fax. -81

E-mail: [ad@mecan.ch](mailto:ad@mecan.ch)

Anlagen mit 1.500 t und 4.500 t  
Leistung pro Jahr

IBG Monforths Oekotec

An der Waldesruh 23

41238 München-Glattbach

Tel. 02166-8682-90, Fax. -44

Biodieselanlagen mit 500 m<sup>3</sup> bis  
4.000 m<sup>3</sup> RME pro Jahr

Die Anlagen sind aus verschiedenen Modulen aufgebaut und können bis auf mehrere 10.000 t Jahreskapazität erweitert werden.

Als Rohmaterial werden pflanzliche Öle wie Rapsöl, Sojaöl, Palmöl, Olivenöl, Sonnenblumenöl, Jatrophaöl usw. verwendet. Aber auch tierische Fette wie Rinder-, Schweine-, Geflügel-, Fischöl usw. werden eingesetzt. Alt-Speiseöle enthalten oft auch Tieröle. Aus Dänemark wird auch über die Herstellung von Biodiesel aus Schlachtabfällen berichtet. Neutrale Untersuchungen zum Einsatz von Altfetten oder

tierischen Fetten kennen wir nicht. Die Norm 14214 gilt jedoch nur für Pflanzen Methyl-Ester.

Bei der Umstellung auf Biodiesel ist zu beachten, dass dieser Ablagerungen im Kraftstoffsystem und Motor löst. Deshalb sollte nach den ersten ca. 100 Stunden Betrieb der Kraftstofffilter getauscht werden.

Die Vorschriften zum Einbau von Russfiltern in Dieselfahrzeuge haben dem Biodiesel schwer geschadet. Zumindest wurde die angebliche Unverträglichkeit von Russfiltern mit Biodiesel zum Anlass genommen, die Freigaben für Biodiesel zurückzunehmen. Nach Untersuchungen von Wichmann Universität Rostock, können offenen Partikelfilter auch beim Betrieb mit Rapsöl verwendet werden. Werden nur Raffinate oder Teilraffinate eingesetzt, kann auch mit geschlossenen Partikelfiltern gearbeitet werden.

## 2.2 Lagerung

Pflanzenöle und auch RME sollten möglichst dunkel und kühl gelagert werden, geschützt vor Sonneneinstrahlung und Temperaturschwankungen.

Beim Bunkern großer Mengen sollte man also schon mal rechnen bis wann diese Menge verbraucht sein dürfte. In der Vergangenheit war dieser Punkt nicht so wichtig. Bei gestiegenen Rapsölpreisen wird der Anteil an anderen Pflanzenölen aber bis an die Grenze heraufgesetzt, so dass die DIN Werte gerade noch eingehalten werden. Dadurch kann es bei tieferen Temperaturen zu Problemen kommen. Lagertanks für Biodiesel sollten ebenso wie die für andere Pflanzenöle, mindestens einmal pro Jahr vollständig gereinigt werden. Behälter bis 1.000 l könnte man mit zwei Personen noch einfach umdrehen (bei entsprechenden Auffangbehältern). Darüber dürfte in jedem Falle eine Tankreinigungsfirma empfehlenswert sein. Tankreinigungen werden aber über Vermittlung der RME-Anbieter deutlich günstiger angeboten, als Reinigungen von Heizöltanks (ab 150,00 €).

Leitungen im Lager und auch Umrüstsysteme selbst dürfen kein Kupfer oder Messing enthalten auf Grund der Kupferreaktion mit Rapsöl (Verschlechterung der Oxidationsstabilität). Dagegen bestehen gegen die Lagerung auch in einfachen, unbeschichteten Stahltanks keine Bedenken mehr.

Werden alte Dieseltanks mit RMF befüllt, müssen sie vorher vollständig entleert werden, weil RMF (im Gegensatz zu Rapsöl) mit Diesel chemisch reagiert.

Während RME Wasser gefährdend ist, wenn auch schwach, sind reine Pflanzenöle nicht als Wasser gefährdend eingestuft. Der TÜV stuft Kaltgepresstes Rapsöl anders ein als raffiniertes wegen der enthaltenen chemischen Lösungsmittel. Auch wenn

keine besonderen Vorschriften gelten, bleibt der Betreiber für den sicheren Umgang mit dem Treibstoff verantwortlich. Wie z. B: bei Milch oder anderen Nahrungsmitteln gehen von der Grundsubstanz keine Gefahren aus. Dennoch kann z. B: das Einleiten in Gewässer große Umweltschäden hervorrufen.

Wasser wird in Biodiesel gelöst, deshalb gibt es kein freies Wasser. Die Grenzschicht Wasser-Treibstoff ist Voraussetzung für das Wachsen von Hefen, Pilzen oder Bakterien. Obwohl immer wieder das Gegenteil behauptet wird, gibt es deshalb im Gesetz zu Diesel keine Probleme mit diesen biologischen Verunreinigungen im RME.

RME kann in jedem Verhältnis mit Diesel gemischt werden, dennoch ist die getrennte Lagerung empfehlenswert aber nicht mehr vorgeschrieben. D. h. bei Vergleichsrechnungen ist eventuell eine neue, zusätzlich Tankanlage zu kalkulieren. Die Lagerung von Biokraftstoffen wird vom Staat (über die FNR, Fachagentur nachwachsender Rohstoffe) noch mit 40 % bezuschusst. Voraussetzung sind mindestens drei Vergleichsangebote und mindestens fünf Jahre Einsatz für die Lagerung von Biokraftstoffen. Auch wenn für die Lagerung von Pflanzenöl keine besonderen Bestimmungen gelten, ist empfehlenswert, die Bestimmungen für die Lagerung von Diesel oder RME (die noch in den Bundesländern unterschiedlich sind), einzuhalten, um die Tankanlage eventuell später auch für die Lagerung von Diesel verwenden zu können.

Für Landwirte ist normgerechter Biodiesel ein problemloser und bewährter Kraftstoff, wenn man einige Besonderheiten beachtet. Für alle anderen wird Biodiesel mit steigender Biokraftstoffsteuer immer uninteressanter.

Ein Probelauf der FAL mit erwärmtem Rapsöl gab höhere Emissionswerte krebserregende Stoffe (wie Dieselmotoren der 70er Jahre). Eine Untersuchung des TFZ Straubing in 2007 zur Mutagenität der Partikelemissionen auch mit Rapsöl und Dieselmotoren bewehrtem Traktor kam zu einem gegenteiligen Ergebnis.

Die Firma biotec evolv-ram GmbH berichtet, dass mit ihrem Russfilter das Krebserregungspotential gegenüber Dieselmotoren mindestens halbiert werden konnte (Weilhammer, U., Abgase und Pflanzenkraftstoffe – neueste Untersuchungen und Lösungen zum Thema „Mutagenität“, Internat. Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen, Erfurt 2007 und Wichmann, V., Rapsölmotoren an Dieselmotoren - Notwendigkeiten und deren Umsetzung, ebenfalls Tagungsband Internationaler Kongress zu Pflanzenölkraftstoffen, Erfurt 2007).

Werkstätten haben von Biodiesel nichts und halten deswegen auch nichts davon. Während man sonst über Nachteile bestimmter Modelle nichts erfährt, weiß fast jeder Monteur Schreckliches über Biodiesel zu berichten.

### 3. Pflanzenöl

Es gibt wohl kein Pflanzenöl, das noch nicht für den Motorbetrieb probiert wurde. In größeren Umfang eingesetzt wurden insbesondere Raps-, Soja-, Palmöl aber auch viel andere. Generell kann Pflanzenöl in einem Motor nur nach einem Umbau eingesetzt werden. Für Rapsölkraftstoff gilt die Norm 51605 (Entwurf), die im Handel einzuhalten ist und unbedingt ausdrücklich als Geschäftsgrundlage vereinbart werden sollte. Es werden auch viele nicht genormte Öle eingesetzt. Bei dem 100-Schlepper-Programm der Universität Rostock war etwa die Hälfte der Öle nicht in Ordnung. Bei der Erhebung der DEULA SH war die Ölqualität deutlich besser (Felderprobung Rapsöl pur, P. Dönges und Dr. H. Traulsen)

#### 3.1 Eigenschaften

Tab. 5:

<b>E DIN V 51605 - Rapsölkraftstoff (06/2005)</b>				
Eigenschaften	Einheit	Grenzwert		Vergleichs- werte Sojaöl
		min.	max.	
Visuelle Beurteilung	-	keine Verunreinigungen, sedimente, freies Wasser		
Dichte bei 15°C	kg/m <sup>3</sup>	900,0	930,0	923
Flammpunkt P. M.	°C	220	-	> 200
Kin. Viskosität bei 40°C	mm <sup>2</sup> /s	-	36,0	33
Heizwert	kJ/kg	36.000	-	37.150
Zündwilligkeit	-	39	-	> 45
Koksrückstand	% (m/m)	-	0,40	0,40
Jodzahl	g Jod/100 g	95	125	128
Schwefelgehalt	mg/kg	-	10	< 5
Gesamtverschmutzung	mg/kg	-	24	< 24
Säurezahl	mg KOH/g	-	2,0	0,15
Oxidationsstabilität bei 110°C	h	6,0	-	6,0
Phosphorgehalt	mg/kg	-	12	< 8
Magnesium + Calcium	mg/kg	-	20	<10
Oxidasche	% (m/m)	-	0,01	0,02
Wassergehalt	mg/kg	-	750	0,02

Pflanzenöl hat etwa die Viskosität von Motoröl, deshalb wird es im Allgemeinen durch Erwärmen auf 60-70° C dünnflüssiger gemacht. Oft werden die Förderpumpen verstärkt und die Leitungsquerschnitte vergrößert. Die Schlepperhersteller haben sich in der Vergangenheit mit Motorfreigaben für den Einsatz von Pflanzenölen auch in umgerüsteten Motoren sehr schwer getan. Die Umrüstung war mehr Sache der Werkstätten, die bestimmte Umrüstsysteme angeboten haben.

Zur Agritechnica haben Deutz und Fendt insgesamt 3 Motorgruppen für Rapsöl pur freigegeben. Die Motoren sind mit einem Zweitanksystem ungerüstet. Sie haben common rail Technik mit elektronischer Motorregelung und Kraftstoffvorheizung.

Das Auspressen des Öles aus ölhaltigen Körnern ist technisch ein sehr einfacher Vorgang. Aufwändiger ist schon die Flüssigkeit soweit aufzuarbeiten, dass sie weitgehend frei von Sink- und Schwebstoffen ist und die Normwerte einhält. Sollten die Grenzwerte für P, Ca und Mg überschritten werden, wie z. Zt. diskutiert, könnte das für dezentrale Anlagen zum Problem werden. Man unterscheidet die Kaltpressung und die Raffination und weiter Kaltpressen bis 30°C, Warmpressen bis 40°C und Heißpressen über 60°C. Je höher die Temperatur desto größer die Gefahr, dass Phosphor und Schleimstoffe im Öl zu finden sind.

Bei der **Kaltpressung** wird durch mechanischen Druck bei Temperaturen von maximal 40°C das Öl ausgepresst, der Presskuchen enthält ein Restölgehalt von ca. 10 %, er ist ein gutes, eiweißreiches Tierfutter.

Bei der **Raffination** wird aus dem Ölpresskuchen das restliche Öl mit Lösungsmitteln bei Temperaturen bis 60°C herausgelöst. Das übrig bleibende Schrot kann ebenfalls als Tierfutter genutzt werden. Die Ölausbeute ist besser, aber das Öl enthält mehr unerwünschte Begleitstoffe, die anschließend an die Raffination entfernt werden müssen. Man kann nicht generell sagen, dass Kaltgepresstes Öl oder Raffinat besser für den Motorbetrieb geeignet seien. Entscheidend ist die weitere, DIN gerechte Aufbereitung.

Oft wird Raps-Methyl-Ester oder Biodiesel mit Rapsöl verwechselt. Deshalb ist es besser von „Rapsöl pur“ zu sprechen. Rapsöl pur wurde in den letzten Jahren vor allem von Speditionen im größeren Umfang eingesetzt. Mit der Biokraftstoffsteuer und steigenden Ölpreisen ist der Verbrauch an Biokraftstoffen in diesem Sektor stark eingeschränkt worden.

Im Gegensatz zu Diesel verdampfen Rapsöl und Biodiesel nicht, sammeln sich also im Motoröl an, deshalb die verkürzten Motorölwechselzeiten. Wird ein bestimmter Anteil überschritten, wird das Motoröl dünnflüssiger und dann in kurzer Zeit so fest wie Margarine. Diese sog. Polymerisation bedeutet dann das Ende des Motors.

Saisonmaschinen, die mit Biodiesel oder Rapsöl betrieben werden, sollten vor der Winterruhe mit Diesel betankt werden und das Motoröl vor dem Winter gewechselt werden

Pressanlagen mit denen Treibstoff hergestellt werden soll, sind beim Hauptzollamt anzumelden, Rapsöl von Stilllegungsflächen ist z. B. mit 3 % RME zu vergälten. Die Selbsterzeugung von Pflanzenöltreibstoff bringt in Ackerbaubetrieben vor allem zwei Probleme: 70 % des Treibstoffes werden in 3 Monaten verbraucht und der Rapskuchen ist in Ackerbaubetrieben kaum zu verwenden. Beides sieht in Viehhaltenden Betrieben deutlich besser aus.

## 3.2 Umrüstsysteme

### 3.2.1 Eintankanlagen

Bei dem 100-Schlepper-Programm der Universität Rostock sollten ursprünglich nur Eintanksysteme untersucht werden. Diese sind zwar in der Handhabung die komfortablere Variante, aber offensichtlich sind sie viel schwieriger zu beherrschen als die Zweitankanlagen, die auf Diesel gestartet und auch abgestellt werden und nur bei höheren Motortemperaturen mit Pflanzenöl betrieben werden. Bei Eintankanlagen wird das Pflanzenöl z. B. in einem Vorbehälter oder unmittelbar an der Einspritzdüse erwärmt. Es ist aber nicht zu verhindern, dass auch kalter, dickflüssiger Kraftstoff gefördert werden muss.

### 3.2.2 Zweitankanlagen

Zweitankumrüstungen arbeiten mit zwei Kraftstoffbehältern, meistens dem Haupttank für Pflanzenöl und einem Zusatztank für Diesel. Der Motor wird mit Dieselkraftstoff gestartet und erst mit Pflanzenöl betrieben, wenn er seine Betriebstemperatur erreicht hat. Dieses Umschalten kann automatisch erfolgen oder aber von Hand. Elektrische oder mit Kühlwasser betriebene Wärmetauscher erwärmen das Pflanzenöl und machen es dünnflüssiger Die DEULA Schleswig-Holstein untersuchte 2005/2006 vier Eintank- und sechs Zweitanksysteme mit Förderung von der Innovationsstiftung Schleswig-Holstein, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein und Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen. Das Ergebnis kann über das RKL bezogen werden (P. Dönges und Dr. H. Traulsen, Felderprobung Rapsöl pur).

Ein schwieriges Thema ist der Wiederverkaufswert von umgerüsteten Motoren. Die Umrüstung kostet etwa 500 bis 1.000 € pro Zylinder. Es liegt nahe, umgerüstete Motoren an Landwirte zu verkaufen, die an dem Betrieb mit Pflanzenöl Interesse haben. Dann wird auch der Anschaffungspreis für die Umrüstung honoriert werden. Vor dem Verkauf umgerüstete Motoren an Landwirte, die an Pflanzenöl nicht

interessiert sind, kann man nur warnen: Jede Störung im Motor wird durch das Pflanzenöl verursacht sein.

Der Marktwert umgerüsteter Schlepper dürfte sehr unterschiedlich sein. Motoren einiger Umrüstfirmen dürften wegen zu erwartender Motorschäden unverkäuflich sein.

Ein weiteres Problem ist der Garantieverlust beim Betrieb mit Pflanzenöl (außer VWP, einige Typen Deutz, Fendt). Erklärbar wäre der Garantieverlust bei Schäden durch Pflanzenöl, oft wird aber die Gewährleistung für den gesamten Schlepper abgelehnt. Schäden durch Pflanzenöl werden von verschiedenen Agenturen versichert, für 150 bis 500 € pro Motor und Jahr, je nach Motorleistung, z. B. 2,3 % vom Anschaffungspreis als Jahresprämie.

Dazu ist aber zu bemerken, dass die Feststellung der Schadensursache und des Schadenumfanges große Diskussionen auslösen kann.

Es wird sowohl über Mehr- als auch Minderleistung beim Betrieb mit Pflanzenöl berichtet, physikalisch erklärbar und oft nachgemessen sind 5 % Minderleistung.

### **3.3 Rapsöl-Diesel-Mischungen**

Statt umzurüsten, wird immer wieder von guten Erfahrungen mit Rapsöl-Diesel-Mischungen berichtet z. B. von Dr. Hans Hermann Maack in seinem Vortrag bei der RKL-Tagung in Triesdorf 2006 mit dem Thema „Mischungen von Rapsöl pur und Diesel“. Man kann offenbar 25 % bis 50 % Rapsöl oder auch anderes Pflanzenöl dem Diesel zumischen, wenn der Motor nur bei warmem Wetter betrieben wird, voll ausgelastet ist und mit Niederdruckeinspritzung ausgerüstet ist. Es gibt dafür aber keine Freigabe und natürlich keine Garantie einer Werkstatt oder eines Schlepper Herstellers. Auch für umgerüstete Motoren gilt, dass der Pflanzenölbetrieb umso unproblematischer ist, je höher die Motortemperatur, und je besser die Auslastung der Maschine. Alleine wegen der Kosten lohnt die Umrüstung nur für Motoren, die einen hohen Treibstoffverbrauch pro Jahr haben. Die 10.000 l verbilligter Diesel sollten im Winter und für Motoren, die oft bei niedriger Drehzahl eingesetzt werden, verwendet werden.

Wegen der Kosten sollten nur neuwertige, voll funktionsfähige Motoren umgerüstet werden.

### 3.4 Blockheizkraftwerke

Theoretisch ist der Betrieb von Blockheizkraftwerken mit Pflanzenöl der ideale Einsatzfall: immer Vollast, fast Ganzjahresbetrieb. Für BHKW gilt das gleiche wie für Schlepper: keine Garantie von Motorhersteller bei Pflanzenölbetrieb. Die Gewährleistung muss also der BHKW-Anbieter übernehmen. Eigentlich müsste der Motor an den Kraftstoff angepasst werden. Dazu sind die meisten BHKW-Anbieter aber nicht in der Lage (Gailfuß, M. Marktentwicklung, „Ökonomie und Problemfelder von Pflanzenöl-BHKW-Anlagen in Deutschland“, Kongress zu Pflanzenöl-Kraftstoffen, Erfurt 2007). Die Vergütung für Strom aus BHKW's ist gestaffelt, je nach Wärmenutzung. Die Grafik von W. Eggersgluß, LKSH, nach Daten von Kaack Hunike vom TFZ Straubing zeigt, dass bei maximal 0,55 Ct/l Pflanzenöl ausgegeben werden dürften. Bei 50 % Wärmenutzung einer Investition von 1.500 €/kW<sub>el</sub>, einem Wärmepreis von 0,06 Ct/kWh, 6.000 Einsatzstunden pro Jahr, einem elektrischen Wirkungsgrad von 35 % und 15 % pro Jahr für Tilgung und Zins. Dafür bekommt man kein Pflanzenöl. Zu beachtlich Preisen werden Pflanzenölzusätze angeboten, die z. B. die Oxidationsstabilität verbessern sollen. Neutrale Untersuchungen dazu sind uns nicht bekannt.

Nach § 19 Abs. 2 StvZO, erlischt die Betriebserlaubnis eines Dieselfahrzeuges nicht, wenn das Fahrzeug anstelle von Dieselmotorkraftstoff mit Rapsöl oder RME betrieben wird. Ob aber die Umrüstung eines Motors vom TÜV abgenommen werden muss, oder nicht, hängt davon ab, wie weit die Umrüstung, die Motorkonstruktion und Steuerung verändert.

## 4. Ethanol

Die Herstellung von Ethanol als Treibstoff unterscheidet sich von der Brennerei von Schnaps nicht wesentlich. Alle Zucker- oder Stärkehaltigen Pflanzen sind geeignet, also z. B. Getreide, Zuckerrüben, Kartoffeln aber auch Mais, Topinambur usw. An die Reinheit werden höhere Anforderungen gestellt als für Nahrungsmittel. So sollte der Wassergehalt z. B. unter 0,5 % liegen.

Ethanol kann in modifizierten Benzinmotoren verwendet werden, nicht aber in Dieselmotoren. In Deutschland wird Ethanol als E 85, einer Mischung von 85 % Ethanol und 15 % Benzin eingesetzt. Die 15 % Benzin sind vorgeschrieben, um die Mischung für Nahrungszwecke ungeeignet zu machen. Freigaben gibt es für drei Pkw Typen: Ford Focus 1,8 l, Volvo V 70, Saab 95. Diese Fahrzeuge sind so genannte FFV (flexi fuel vehicle) können also mit E 85 oder auch reinem Benzin betrieben werden. Die Umrüstung kostet etwa 300 €. In Frankreich werden generell

20 % Ethanol dem Benzin zugemischt. In Brasilien sollen umgerüstete Motoren im Einsatz sein, die auch mit 100 % Ethanol laufen.

Daneben wird Ethanol ohne besondere Kennzeichnung dem Ottokraftstoff beigemischt. Die DIN N-228 lässt einen Ethanolanteil von bis zu 5 % im Benzin zu.

Beeindruckend ist beim Ethanol immer der hohe Ertrag von z. B. ca. 2.600 l/ha bei Erzeugung aus Weizen und 4.500 l/ha aus Zuckerrüben. Bedeutung haben diese Zahlen aber kaum, viel wichtiger ist, zu welchen Kosten Ethanol hergestellt werden kann.

Wegen des geringeren Energiegehaltes ist bei Ethanolbetrieb mit ca. 30 % höheren Verbrauch zu rechnen. Je nach Abnahmemenge kommt man damit fast auf bis gleichen Preis pro Kilometer wie beim Benzin.

Biodiesel hatte sich vor Einführung der Biokraftstoffsteuer etabliert, auch die Umrüstung von Rapsölmotoren hatte Praxisreife erreicht. Beim Ethanol wurde die Steuer in der Findungsphase eingeführt und hat deshalb die Branche weiter verunsichert: auf der einen Seite großen Absatzmengen, durch Zumischung zu Benzin, auf der anderen Seite fehlende Akzeptanz von FFV. Ein großes Problem ist die Verwendung der Schlempe. Sie kann als Düngemittel, vor allem aber als Viehfutter für Rinder eingesetzt werden auch in getrockneter Form, aber dies bedeutet hohen Energieeinsatz für das Aufbereiten.

Die Dichte von Ethanol Tankstellen ist in Deutschland (z. B. im Gegensatz zu Schweden) noch sehr gering.

Für die Überwachung von Schnapsbrennereien hat die Monopolverwaltung strenge Auflagen erarbeitet. Die gelten auch für die Ethanolherstellung als Treibstoff, auch wenn das zu einem kaum zu verstehenden Aufwand führt. Z. B. ist pro Lastzug eine Kautions von 400.000 € fällig.

Der Hauptunsicherheitsfaktor beim Ethanol ist die Konkurrenz in Brasilien. Ethanol aus Zuckerrohr ist halb so teuer auf den Markt zu bringen wie in Europa erzeugter Alkohol. Selbst inklusive Transportkosten, wird Ethanol aus Brasilien mindestens 20 % billiger angeboten.

Da der Absatz in Deutschland z. Zt. stockt, wird Ethanol nach Polen und Schweden geliefert.

Ein weiteres Problem ist, dass in Deutschland der Anteil von Dieselaautos zunimmt, deshalb ein Benzinüberhang besteht, der nach Amerika exportiert wird. Den gleichen Weg sollen Ethanolanteile gehen.

Theoretisch müssen dem Benzin z. Zt. 1,8 % Ethanol zugemischt werden, in steigenden Mengen bis 5,75 % im Jahr 2010. Die z. Zt. gebauten oder im Bau befindlichen Anlagekapazitäten sollten 3-mal so groß sein wie der Bedarf.

Ein Problem ist die Lagerstabilität von Alkohol, er verdunstet bei längerer Lagerung. Im Vergleich zu Benzin hat Ethanol eine höhere Klopfestigkeit aber schlechtere Schmiereigenschaften und geringere Korrosionsfestigkeit.

Auch beim Ethanolbetrieb werden verkürzte Ölwechselintervalle empfohlen.

Ursprünglich wurde die Ethanoldiskussion durch die Suche nach einem alternativen Absatzmarkt für Roggen beflügelt. Inzwischen ist Roggen eher wieder knapp geworden und deshalb werden vor allem andere Getreidearten, insbesondere Weizen eingesetzt.

Sowohl für Ethanol wie für RME-Motoren wurden Sensoren entwickelt die erkennen, welcher Anteil Biokraftstoff in der Mischung enthalten ist und danach die Verwendung im Motor steuern können. Abgasgrenzwerte können somit besser eingehalten werden.

Am einfachsten ist die Vergärung von Rübenzucker. Die meisten der sieben größeren Ethanolanlagen verarbeiten aber aus Kostengründen Getreide. Sinkende Rüben- und steigende Getreidepreise könnten die Marktbedingungen umkehren.

## **5. Methan aus Biogas**

Die steigende Zahl von Biogasanlagen und gleichzeitige Zunahme von Gas-Pkw legen nahe auch Schlepper mit Biogas zu fahren. Dagegen spricht, dass es in Deutschland so gut wie keine Schlepper mit Benzin- oder Gasbetrieb gibt. Natürlich könnte man Gasmotoren von Blockheizkraftwerken dafür einsetzen, aber sie fordern bestimmte Gasqualitäten, insbesondere niedrigen Schwefelgehalt. Die Gasspeicherung ist ein großes Problem. Insgesamt ist der Einsatz von Gas in stationären Anlagen wesentlich einfacher als in mobilen Anlagen. Die Aufbereitung von Biogas zu Erdgasqualität, so dass es dem Erdgas zugemischt werden kann, dürfte wesentlich leichter zu bewerkstelligen sein als der Einsatz in mobilen Motoren.

## **6. Biomass to Liquid (BTL)**

Grosse Erwartungen haben Politiker und auch manche Landwirte bei BTL Kraftstoffen (Biomass to Liquid), weil aus allen möglichen Biomassen wie Energiepflanzen, Holz oder Stroh große Mengen an Kraftstoff pro ha erzeugt werden können. Erhofft werden über 4.000 l wahlweise Diesel oder Benzin pro ha.

## **Herstellung**

Zunächst wird Biomasse konditioniert getrocknet, gehäckselt, eventuell auch pelletiert, dann wird die Biomasse vergast unter Zuführung von Wärme, Druck und einem Vergasungsmittel z. B. Sauerstoff. Das daraus entstehende Synthesegas enthält vor allem Wasserstoff, Kohlenmon- und -dioxid. In der Kraftstoffsynthese wird dann Treibstoff hergestellt, dessen Eigenschaften dem Motor angepasst werden können. Deshalb wird BTL auch Synfuel oder Sunfuel genannt. Da die Eigenschaften variiert werden können, bezeichnet man ihn auch als Designerkraftstoff. BTL ist der Lieblingskraftstoff der Motorenhersteller: nicht der Motor muss an den Kraftstoff angepasst werden, sondern umgekehrt. Gegenüber den konventionellen Kraftstoffen kann die Leistungsabgabe des Motors gesteigert werden. Bisher gibt es zu BTL aber nur wenige Forschungs- und Pilotanlagen. Als Rohstoff wird bisher wohl nur Altholz verwendet und das dürfte auch in Zukunft so bleiben, wenn nicht gar andere Reststoffe wie z. B. Altreifen in Frage kommen. Zum Einsatz von Stroh oder Holz ist bisher nur Eines sicher: Es muss so billig wie möglich eingekauft werden.

Die Anpassung des Treibstoffes erlaubt auch besonders geringe Abgasemissionen. Wer den technischen Aufwand für die Herstellung von BTL sieht, dem wird schnell klar, dass die Kosten hoch sind. Über den Verkaufspreis von BTL gibt es nur sehr wage Angaben: in der Größenordnung fossiler Treibstoffe (inkl. Steueranteil!). Ob die Landwirtschaft an der Wertschöpfung von BTL beteiligt werden kann, erscheint noch sehr fraglich. Auch hier gilt, dass man sich nicht von den großen Kraftstoffmengen pro Hektar blenden lassen darf, sondern dass die Kosten für den Liter Treibstoff am Markt entscheidend sind.

## **7. Ökonomie**

Wichtig für Preisvergleiche ist, wann Kraftstoff und in welchen Mengen eingekauft wird. In der Tabelle 6 sind die Kosten pro Schlepperstunde verglichen auf folgenden Grundlagen: 160 PS Schlepper, 100.000 € Anschaffungspreis, Restwert 0 €, 1.000 Schlepperstunden pro Jahr, 10.000 Schlepperstunden insgesamt, Rapsöl pur 4.000 € Umrüstkosten, 400 € pro Jahr Versicherung, Verbrauch 20 l/h, bei Biodiesel und Rapsöl pur 5 % mehr, Rückvergütung 0,21 €/l Agrardiesel ohne Berücksichtigung Selbstbehalt, ohne Biokraftstoffsteuer (für Landwirte), Wartungsintervalle bei Biodiesel und Rapsöl halbiert.

**Tab. 6:**

<b>Kosten/h [€/Sh]</b>				
	<b>Agrardiesel</b>	<b>Diesel</b>	<b>Biodiesel</b>	<b>Pflanzenöl</b>
Kraftstoffpreis inkl. MwSt. [€/l]	0,91	1,12	0,88	0,94
Kraftstoffkosten	18,20	22,40	18,48	15,75
Ölwechsel nach 1/2 Zeit	-	-	0,08	0,08
Abschreibung	10,00	10,00	10,00	10,40
Zins 3 % Reperatur 8 % vom Neuwert/a	1,10	1,10	1,10	1,14
Versicherung	-	-	-	0,40
<b>Gesamtkosten [€/Sh]</b>	<b>29,30</b>	<b>33,50</b>	<b>29,66</b>	<b>27,77</b>

Unter den gemachten Voraussetzungen hat Pflanzenöl die geringsten Kosten. Das geringste Risiko ist aber bei Diesel und die Kosten von Agrardiesel (bis 10.000 l) liegen nicht wesentlich höher.

## **8. Literatur**

Dönges, P. u. Traulsen, H.: Felderprobung Rapsöl pur, DEULA SH, RKL, 2006  
Ufop (Biokraftstoffe)