



*4 Jahre
Einsatz Erfahrung
mit Biodiesel
und Biohydraulikölen
in einem
Forstwirtschaftsbetrieb*

**AKTUALISIERTE
NEUAUFLAGE**

uföp

UNION ZUR FÖRDERUNG VON OEL- UND PROTEINPFLANZEN E. V.

Reinhardtstraße 18 · 10117 Berlin
Telefax: 030/31904-485 · Internet: www.ufop.de

uföp

UNION ZUR FÖRDERUNG VON OEL- UND PROTEINPFLANZEN E. V.

Inhaltsverzeichnis

1.	<i>Einführung</i>	4
2.	<i>Projekt „Flottenversuch“ (1995 - 1997)</i>	6
2.1.	<i>Zielstellung</i>	6
2.2.	<i>Einsatzvorbereitungen</i>	6
2.3.	<i>Ergebnisse aus dem Flottenversuch</i>	9
2.3.1.	<i>Treibstoff und Motorenölwechsel</i>	9
2.3.2.	<i>Schmier- und Hydrauliköle</i>	13
2.3.3.	<i>Betriebskosten</i>	15
3.	<i>Weiterführung des Praxiseinsatzes (1997 - 2003)</i>	17
3.1.	<i>Zeitraum 1997 - 1999</i>	17
3.2.	<i>Zeitraum 1999 - 2003</i>	20
4.	<i>Gesamtbewertung und Folgerungen</i>	24
	<i>Literatur</i>	28
	<i>Anlage 1 Biodieseleinsatz in der Forstwirtschaft (Informationsblatt)</i>	29
	<i>Anlage 2 Für die Kostenrechnung zugrunde gelegte Preise</i>	32
	<i>Anlage 3 Einsatzkosten für abbaubare Betriebsstoffe</i>	33
	<i>Anlage 4 Gesamtübersicht über die im RME-Betrieb eingesetzten Fahrzeugtypen</i>	38

1. Einführung

Im Frühjahr 1995 wurde vom brandenburgischen Ministerium für Ernährung, Land- und Forstwirtschaft ein Flottenversuch in einem Forstwirtschaftsbetrieb des Landes initiiert, mit dem Erfahrungen über den Einsatz von Rapsölmethylester (Biodiesel, RME) in Maschinen der Forsttechnik gewonnen werden sollten. Vorlaufende Projekte im Land Brandenburg zum Einsatz von natürlichem Rapsöl in landwirtschaftlichen Schleppern [1] und von RME in Bootsmotoren [2] hatten zwar die technische Machbarkeit nachgewiesen, aber auch deutlich gemacht, dass eine langfristige Nutzung außerhalb der Projektlaufzeit nur gegeben ist, wenn auch die ökonomischen Randbedingungen gegeben sind. Dies war in beiden angesprochenen Einsatzfällen auf Grund der gegebenen steuerlichen Situation nicht der Fall (Gasölverbilligung für Landwirtschaftsbetriebe, Mineralölsteuerbefreiung für Berufsschifffahrt). Da für Forstwirtschaftsbetriebe die Gasölverbilligung nicht wirksam wird, wurde hier eine sinnvolle und langfristig tragbare Einsatzmöglichkeit für einen Treibstoff auf Rapsölbasis in einem ökologisch empfindlichen Bereich gesehen. Im Rahmen der Projektvorbereitung wurde der geplante Flottenversuch dann auch auf den Einsatz biologisch abbaubarer Schmierstoffe ausgedehnt. Als Einsatzbetrieb wurde das Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain ausgewählt.



Das Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain ist eine untere Forstbehörde der Landesforstverwaltung Brandenburgs und liegt im Südwesten dieses Bundeslandes. Das Amt umfasst derzeit eine Betriebsfläche von ca. 108.000 ha im Elbe-Elster- und im Oberspreewald-Lausitz-Kreis. Das gesamte Territorium ist zu 35,4 % bewaldet und befindet sich im Bereich des ostdeutschen Binnenklimas mit Jahresdurchschnittstemperaturen von 8,5°C und einer Niederschlagsmenge von etwa 550 mm. 80 % der Fläche sind ziemlich arme und arme Böden und 7,5 % der Waldfläche befindet sich infolge des Braunkohlenbergbaus auf Kippböden. Auf Grund der Klima- und Bodenverhältnisse dominiert die Kiefer (82,5 % der Waldfläche). Die Erhöhung des Laubholzanteils von gegenwärtig 16 % ist entsprechend mühsam.

Das Amt für Forstwirtschaft ist in 7 Oberförstereien, 44 Reviere und einen

Forstmaschinenhof strukturiert. Durch das Amt werden etwa 18.000 ha Landeswald bewirtschaftet. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ca. 30.000 ha Waldfläche in Landschaftsschutzgebieten und ca. 11.000 ha in Naturschutzgebieten liegen. Weiterhin befinden sich im Amtsbereich zwei Großschutzgebiete, die über 50.000 ha Fläche beinhalten. Daher stellt sich die Aufgabe, die Waldbewirtschaftung naturnah und den Forstmaschineneinsatz besonders umweltschonend zu gestalten.

Dieser Flottenversuch wurde im Sommer 1995 mit zunächst 13 Fahrzeugen begonnen und über eine zweijährige Laufzeit durch das Institut für Umweltforschung Schlieben e.V. wissenschaftlich betreut. Die Betreuung im zweiten Projektjahr wurde wesentlich durch eine Förderung der Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e.V. (UFOP) ermöglicht. Nach Ablauf dieser Projektzeit ist der Einsatz biologisch abbaubarer Treib- und Schmierstoffe im Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain fortgeführt worden. Im folgenden werden sowohl die Ergebnisse aus der zweijährigen Projektarbeit als auch aus der nunmehr sechsjährigen Fortführung des Einsatzes nachwachsender Betriebsstoffe dargestellt.



2. Projekt „Flottenversuch“ (1995 - 1997)

2.1. Zielstellung

Ziel des Flottenversuches war es, schwerpunktmäßig zu Treibstoff, Motorenöl sowie Getriebe- und Hydrauliköl Erfahrungen über den Einsatz biologisch besser als Mineralölprodukte abbaubarer Betriebsmittel unter Praxisbedingungen der Forstwirtschaft zu sammeln.

Um die Ergebnisse auch auf andere Forstwirtschaftsbetriebe übertragen zu können, war ein repräsentativer Querschnitt der Einsatzfahrzeuge in den Flottenversuch einzubeziehen. Neben der Auswertung der anfallenden technischen Daten waren betriebswirtschaftliche Ergebnisse zu erfassen, damit Aussagen über anfallende Kosten gegenüber dem Einsatz konventioneller Betriebsstoffe ermöglicht wurden.

Aus dem auf zwei Jahre angesetzten Flottenversuch sollten sowohl Vorschläge für einen erweiterten Einsatz abbaubarer Betriebsstoffe in der Forstwirtschaft des Landes Brandenburg abgeleitet werden, als auch Folgerungen für ein Gesamt-Marktkonzept des Landes für den Einsatz von Treib- und Schmierstoffen aus Pflanzenöl gezogen werden.

2.2. Einsatzvorbereitungen

Um die Übertragbarkeit der Aussagen aus dem Flottenversuch auf andere Forstwirtschaftsbetriebe, insbesondere auch der neuen Bundesländer, zu

ermöglichen, wurden sowohl unterschiedliche Fahrzeuge und Forstmaschinen als auch Alt- und Neutechnik in den Versuch einbezogen. Der Flottenversuch wurde mit 13 Fahrzeugen - 3 LKW, 6 Traktoren und 4 Forstmaschinen - begonnen, durch im weiteren Verlauf neu eingeordnete Maschinen waren insgesamt in der Laufzeit 15 Fahrzeuge in Beobachtung.

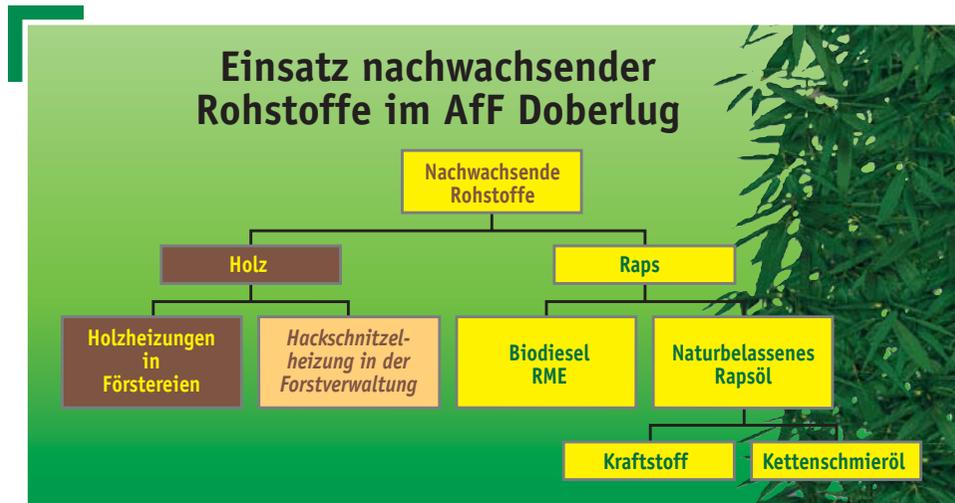
Die Einsatzvorbereitungen umfassten im Wesentlichen

- ▶ Sicherung der Versorgung mit „Biodiesel“
- ▶ Umstellung der Fahrzeuge auf RME-Betrieb
- ▶ Umölung von Mineralöl auf pflanzenölbasiertes Motoren-, Hydraulik- und Getriebeöl
- ▶ Absicherung der Datenerfassung

Um bei der **Versorgung** der Fahrzeuge die einsatztechnischen Vorteile von RME

- ▶ nur schwach wassergefährdend
- ▶ kein Gefahrgut

zu nutzen, wurde statt der bis dahin im Amt für Forstwirtschaft üblichen Betankung der Fahrzeuge an öffentlichen Tankstellen die Einrichtung einer betrieblichen Tankstelle vorgesehen. Damit konnten auch Kostenvorteile beim Bezug größerer Mengen genutzt werden. Eine „Leihtankstelle für 4.000 l Biodiesel“ mit Zubehör wurde in einem



vorhandenen einzelstehenden Gebäude installiert. Obwohl die Tankkapazität unter 5.000 l nur bei Fehlen einer Typ-Bescheinigung eine Benutzungsge-nehmigung erforderte, ergab sich doch ein relativ aufwendiges Verfahren mit den örtlichen Behörden. Die Ursachen lagen sicher in dem ersten Kontakt mit einem unbekanntem Kraftstoff und fehlenden Informationen zum Verfahrensweg durch übergeordnete Einrichtungen.

Um auch eine Betankung der Forstmaschinen vor Ort zu ermöglichen und so Leerfahrten der Spezialtechnik einzusparen, wurden auf ein vorhandenes Fahrzeug (Multicar) zwei 600 l Kraftstoffbehälter montiert. Eine batteriege-triebene Kraftstoffpumpe und ein in die Betankungsleitung eingebauter Durchlaufzähler ermöglichen eine problemlose Betankung vor Ort.

Bei der **Umstellung** der Fahrzeuge auf RME-Betrieb lagen für die Importschlepper MTS 82-Belarus aus dem Minsker Traktorenwerk Informationen vor hinsichtlich der RME-Anfälligkeit des Gewebeschlauches zwischen den beiden Kraftstofftanks [3]. Er wurde gegen RME-beständiges Material (z.B. Technochemie, Kessler u. Co; Karben, THC-Schlauchnorm 0262) ausgetauscht (s. auch Tabelle 2). In ähnlicher Weise war für die Forstmaschine aus CSSR - Produktion, LKT81, der Austausch einer Kraftstoffleitung erforderlich.

Während diese vorbeugenden Maßnahmen mit unbedeutendem Kosten- und Arbeitsaufwand (etwa 0,5 Akh, 40 DM) durch das Fachpersonal des Amtes für Forstwirtschaft vorgenommen wurden, wurde wegen einer Freigabe bzw. Umrüstung der 5 Motoren IFA 4VD

14,5/12-1 der Hersteller Thüringer Motorenwerke Nordhausen angesprochen. Außer dem Austausch der Kraftstoffleitungen und einer Dichtung an der Einspritzpumpe wurde die Einspritzpumpe von der Zentralschmierung getrennt. Diese Arbeiten im Umfang von etwa 2 h könnten auch örtlich von jedem versierten Fachmann ausgeführt werden; durch Werkmonteure kosteten sie rund 500 DM je Fahrzeug.

Die modernen Motoren der Firmen John Deere, Deutz/Fahr und Perkins sind für den Betrieb mit Biodiesel geeignet und erforderten keine vorbereitende Umrüstung. Auch beim Radlader Hanomag wurde kein Umrüstaufwand betrieben.

Die **Umölung** der Motoren, d.h. Umstellung des Motorenöls von Mineralöl auf das Motorenöl „Plantomot“ wurde nur an 7 Fahrzeugen durchgeführt, um Vergleiche zwischen den Motoröl-Varianten zu ermöglichen. Die Umölung erfolgte im Rahmen der regulären Ölwechsel. Hierbei wurden die Empfehlungen für eine Umölung beim Wechsel einer Ölmarke beachtet. Das Motorenöl wurde vollständig nach Vorschrift abgelassen. Danach wird das Motorenöl auf Pflanzenölbasis als Spülöl aufgefüllt. Nach geringer Laufzeit des Motors wird das Öl erneut abgelassen und neues Motorenöl aufgefüllt. Vor dem Befüllen mit Plantomot ist der Ölfilter gewechselt worden.

Für die Umölung mit Getriebe-/Hydrauliköl auf Pflanzenölbasis wurde die VDMA 24569 „Biologisch schnell abbaubare Druckflüssigkeiten; Umstellungsrichtlinien“ zugrunde gelegt. Veränderungen an Baugruppen oder Bauteilen wurden nicht vorgenommen. Die in den Flottenversuch eingeordneten Fahrzeuge und die auf ihnen eingesetzten Betriebsmittel sind in einer Übersicht (Tab.1) zusammengefasst.

Um eine einheitliche **Datenerfassung** zu sichern, sollte sie auf zeitabhängige Betriebsstundenerfassung aufbauen. Deshalb wurden zusätzlich zu den z.T. vorhandenen, drehzahlhängigen oder fahrestreckenabhängigen Anzeigeräten elektrische Betriebsstundenzähler in die Fahrzeuge des Flottenversuches eingebaut. (Auf die Anzeige dieser Geräte beziehen sich im folgenden alle Stundenangaben).

Die tägliche Ablauf-Kontrolle erfolgte über Bordbücher, die für die Bedingungen des Versuches entworfen wurden. Um die Bedienpersonen der Forstmaschinen mit der zusätzlichen Datenerfassung für den Flottenversuch vertraut zu machen, wurde bereits 2 Monate vor Anlauf des Flottenversuchs mit der Führung der Bordbücher begonnen, so daß Verständigungsprobleme bis zum Beginn der „heißen Phase“ behoben werden konnten. Für die Auswertung (und Kontrolle) der Bordbücher wurde ein EDV-Programm entwickelt.

2.3. Ergebnisse aus dem Flottenversuch

2.3.1. Treibstoff und Motorenölwechsel

Für Rapsölmethylester, als einem Dieselkraftstoff mit etwa 8 % geringerem volumetrischen Heizwert als DK, einem höheren Flammpunkt und einer höheren Viskosität, sind Abweichungen im Be-

triebsverhalten von Dieselmotoren denkbar, die über Jahrzehnte auf den Betrieb mit DK konstruktiv spezialisiert wurden. Ferner werden durch die Lösungsmittelleigenschaften des RME auch Auswirkungen auf Konstruktionsteile des Motors im Langzeitbetrieb befürchtet.

Tabelle 1: Flottenversuch Aff Doberlug-Kirchhain, Einsatz der Treib- und Schmierstoffe

Fahrzeug (Hersteller) ¹⁾	Motortyp (kW)	Polizeiliches Kennzeichen	RME Biodiesel	Agip Profi [MIN] ³⁾	Baywa HDC [MIN]	Plantomot4) [PFL]	Getr.Öl GL 68 [MIN]	Plantohydrac [PFL]	Plantohyd Su.S [PFL]	Panolin HLP [SYN]	FINA Biogr. [PFL]
W 50 Mulden-LKW (IFA Ludwigsfelde)	IFA 4VD 14,5/12-1 (68)	FI-39	X	X			X 2)			X	
W 50 Kipper - LKW (IFA Ludwigsfelde)	IFA 4VD 14,5/12-1 (92)	FI-36	X			X	X	X			
W 50 Pritschen - LKW (IFA Ludwigsfelde)	IFA 4VD 14,5/12-1 (92)	FI-38	X	X			X				
ZT 323 - Traktor (TDW Schönebeck)	IFA 4VD 14,5/12-1 (74)	FI-42	X			X		X			
ZT 323 - Traktor (TDW Schönebeck)	IFA 4VD 14,5/12-1 (74)	FI-55	X	X				X			
MTS 82 - Traktor (Traktorenwerk Minsk)	Minsker Mot.Werk D-2404vD (59)	FI-122	(X)			X	X			X	
MTS 82 - Traktor (Traktorenwerk Minsk)	Minsker Mot.Werk D-2404vD (59)	FI-53	X	X			X			X	
6300 - Traktor (John Deere)	4039 TL 006 (66)	FI-144	X	X				X			
3.50 F - Traktor (Deutz Fahr)	F3 L 913 (44)	FI-2106	X			X				X	
2140 AS - Rückezug (John Deere)	4239 TL 0,3 (60)	FI-76	X			X		X			
Harvester (Nokka)	Perkins LD 33457	-	X	X							X
Radlader 33C (Hanomag)	Perkins 6.354.4 (71)	-	X			X				X	
LKT81Turbo-Seilschlepper (ZTS Martin, CSSR)	Zetor 28002-168VYR (70)	-	X	X							X
Harvester TBM 84 (TBM Annaburg)	Deutz BF 4M/1012 (64)	-	X		X				X		
Forwarder TBM 80 (TBM Annaburg)	Deutz BF 4M/1012 (64)	-	X		X				X		

1) Baujahr siehe Tabelle 2
 2) Wenn 2 Ölsorten, dann Getriebe mit Mineral, Hydraulik abbaubare Öle
 3) nach Herstellerangabe: MIN = Mineralölbasis, PFL = Pflanzenöl- bzw. Fettsäureester-Basis, SYN = sonstige synth. Ester
 4) Planto-: FUCHS/Baywa

Die Betriebserfahrungen während der zweijährigen Laufzeit des Flottenversuches, in dem rund 95.000 l RME eingesetzt wurden, werden im folgenden nach den Gesichtspunkten

- ▶ RME-bedingte Störungen
- ▶ Betriebsverhalten
- ▶ Kraftstoffverbrauch
- ▶ Abgasuntersuchung
- ▶ Treibstoffwechsel diskutiert.

Störungen, die sich in schlechtem Startverhalten oder Leistungsabfall ausdrückten, traten im ersten Halbjahr des Versuches bei zahlreichen der auf RME umgestellten Fahrzeuge auf (Tabelle 2).

Überwiegend erwies sich ein verschmutzter Kraftstofffilter als Ursache, so dass die Störungen nach dem Filterwechsel behoben waren. In einem Fall musste eine Einspritzpumpe gewechselt werden. Eine genauere Untersuchung ergab, dass hier bereits bei Versuchsbeginn vorhandener Verschleiß kurzfristig deutlich gemacht wurde durch die Lösungswirkung des RME auf vorhandene Verkrustungen. An dieser IFA-Einspritzpumpe war auch eine Dichtung durchlässig geworden. Da dieser Mangel nicht an den anderen 4 gleichartigen Einspritzpumpen auftrat, ist anzunehmen, dass hier ein anderes Dichtungsmaterial bei einer früheren Überholung eingesetzt worden war.

Tabelle 2: Umbauaufwand zum RME- Betrieb und Ausfälle bzw. Schäden während der Projektlaufzeit (1995-1997)

FAHRZEUGTYP	Standardschlepper						Spezialmaschinen			
	LKW W50	ZT323	MTS82	JD214	JD6300	D3.50	LKT81	H-33c	TBM84	TBM80
Baujahr	69/83 /89	89/89	87/88	80	92	93	89	79	95	95
UMBAU										
Kraftstoffleitung wechseln	●	●	●				●			
Einspritzpumpe v. Zentr.schm.	●	●								
AUSFÄLLE / SCHÄDEN										
Verstopfungen Leitungen (h)		105								
Filter (h)	22				78/277	231				
Tankpumpe (h)					1300					
Einspr.pumpe (Altersverschl.) (h)		65								
Gequollene Tankdeckeldichtung					●					
Kaltstartprobleme	(●)	(●)								
Lackschäden	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Ein langfristiger Leistungsabfall trat bei dem eingesetzten Schlepper John Deere 6300 nach über einem Jahr auf. Da der Kraftstofffilter in Ordnung war, konnte dieser Mangel zunächst nicht auf die bekannten Ursachen zurückgeführt werden. Bei einem routinemäßigen Werkstattaufenthalt wurde die im Treibstofftank angeordnete, total verschmutzte Zusatzkraftstoffpumpe als Ursache des dann behobenen Leistungsabfalls erkannt.

Während die hier angeführten Störungen auf die Auflösung vorhandener Verschmutzungen, in dem vor Versuchsbeginn z.T. bereits langjährig mit DK betriebenen Kraftstoffsystem zurückzuführen waren, traten bei einem der eingesetzten John-Deere Schlepper bereits im 1. Versuchshalbjahr RME-bedingt Aufquellungen an der Tankdeckeldichtung in der Nähe des Befüllstutzens auf. Diese - vermutlich Modellreihen bedingte - Anfälligkeit wurde bei den anderen Forstfahrzeugen nicht beobachtet.

Außer den genannten traten keine weiteren Störungen oder unnormaler Verschleiß bzw. RME-bedingte Maschinenschäden auf.

Veränderungen des **Betriebsverhaltens** wurden von den Maschinenführern als

Leistungsminde rung und schlechteres Kaltstartverhalten angeführt. Die beobachteten Leistungsminde rungen waren durchgängig auf die bereits angeführten Verschmutzungen im Kraftstoffsystem zurückzuführen und daher im allgemeinen nur kurzfristig wirksam. Im Winter 1995/96 traten bei den meisten der überwiegend im Freien abgestellten Fahrzeuge Kaltstartprobleme auf. Als Ursache muss hier - trotz ausdrücklicher Winter-RME-Bestellung - eine gelieferte RME-Charge in „Sommer“-Qualität vermutet werden. Von einer Kontrolle hinsichtlich des CFPP-Wertes mußte wegen der hohen Laborkosten abgesehen werden. Die standardgerechte Laborprüfung ruft Kosten entsprechend etwa 400 l RME hervor; billigere „Vor-Ort“-Verfahren existieren z.Z. nicht. Für den Verbraucher besteht daher keine reale Möglichkeit zur Kontrolle von Lieferungen.

Im Winter 1996/97 traten Kaltstartprobleme vorrangig bei den IFA-, Hanomag- und John Deere-Motoren auf, während bei den Deutz- und Zetor-Motoren auch bei hohen Minustemperaturen keine Beeinträchtigung zu verzeichnen war. Damit sind Hinweise auf konstruktionsbedingte Unterschiede gegeben. Motoren mit Einspritzverstellung als Starthilfe haben z.B. günstigere Winterkaltstarteigenschaften bei RME-Betrieb als solche ohne Verstellung. Im übrigen schienen die

Kaltstartprobleme vorrangig dann aufzutreten, wenn kühle Temperatur mit hoher relativer Luftfeuchtigkeit gekoppelt war.

Startprobleme bei den IFA-Motoren konnten auf die dort benutzten Flammglühkerzen zurückgeführt werden. Wird statt der Start-Tropfzuführung auf die Glühkerze aus dem Einspritzpumpenrücklauf die Zuführung aus einem kleinen Zusatzbehälter mit DK vorgenommen, sind die Startprobleme für RME-Betrieb bei diesem Starthilfe-System behoben.

Ein erhöhter **Kraftstoffverbrauch** bei RME-Betrieb ist auf Grund des geringeren spezifischen Energiegehaltes gegenüber DK zu erwarten. Im Rahmen des Flottenversuches bestand in 2 Fällen die Möglichkeit, unter annähernd gleichen Einsatzbedingungen den Kraftstoffverbrauch eines Schleppers über Zeiträume von 4 bzw. 6 Monaten bei beiden Kraftstoffen auszuwerten. Für den Deutz/Fahr-Schlepper ergab sich über jeweils 4 Monate ein DK-Verbrauch von 4,40 l/h und ein RME-Verbrauch von 4,47 l/h (101,6 %). Der Vergleich für den Belarus-Schlepper MTS 82 über 6 Monate ergab einen DK-Verbrauch von 4,39 l/h und einen RME-Verbrauch von 4,38 l/h (99,8 %). Damit bestätigte sich der - auch bereits in anderen Flottenversuchen (z. B. [4]) festgestellte - Sachverhalt, dass der RME-Mehrver-

brauch unter Praxisbedingungen deutlich unter dem aufgrund der Heizwertrelation zu erwartenden Wert liegt.

Die vorgeschriebenen **Abgasuntersuchungen** (ASU) führten bei den RME-betriebenen Fahrzeugen zu keinen Beanstandungen. Die Prüfwerte für die Trübung lagen für RME-Betrieb bei den untersuchten Fahrzeugen, die keine Abgaskatalysatoren hatten, im Bereich 18 ... 58 % des zulässigen Wertes.

Ein **Treibstoffwechsel** von RME auf DK war bei mehreren Fahrzeugen infolge einer Verzögerung der RME-Anlieferung im 4. Versuchsmonat erforderlich. Weder bei diesem Wechsel, noch bei dem Weiterbetrieb mit RME nach etwa einer Woche traten irgendwelche Probleme auf. Ebenso war ein 3tägiger betriebsbedingter DK-Betrieb eines sonst mit RME-betriebenen Traktors im 10. Versuchsmonat unproblematisch. Diese problemlose Überbrückung von Versorgungslücken ist für die Praxisnutzung von RME in Betrieben mit verstreut eingesetzter Technik von Bedeutung, wie sie z.B. in der Forstwirtschaft gegeben ist.

Im Ergebnis der über 60 **Ölwechsel**, wobei 3 Motorenölsorten zum Einsatz kamen (2 Mineralöle und 1 biologisch schnell abbaubares Motorenöl), wurden im Mittel die Wechselintervalle für DK-Betrieb im RME-Betrieb erreicht und zum Teil überschritten. Bei einigen

Maschinen wurde das 1. Ölwechselintervall bei RME-Betrieb zunächst aus Sicherheitsgründen bewusst kürzer gehalten. Bereinigt man die 1. Ölwechselintervalle aus diesem Grund um Ölwechselzeiten unter 80 % der Vorgabe für DK-Betrieb sowie ferner um ein durch Defekt der Zylinderkopfdichtung unterbrochenes Intervall, dann ergibt sich für die Gesamtheit der Fahrzeuge ein Mittelwert für die Ölwechselzeit bei RME-Betrieb von 116,8 % auf die jeweilige Vorgabe für DK-Betrieb (250 bzw. 500 h) bezogen.

Die von einem neutralen Labor durchgeführten Komplettanalysen belegen, daß in der überwiegenden Anzahl der Ölwechsel der Zeitpunkt richtig gewählt war bzw. auch noch Reserven für eine mögliche weitere Betriebszeit („Analyse-Plus“) bestanden (*Bild 1*). Die in der Literatur häufig zitierte Tendenz, dass Maschinen mit hohem Verschleißzustand bei RME-Betrieb deutlich kürzere Wechselzeiten benötigen, wurde in einem Fall gestützt. Hier empfehlen sich regelmäßige Ölanalysen besonders.

Zusammenfassend ist zu folgern, dass die von den Motorenherstellern bei RME-Betrieb empfohlene Halbierung der Wechselintervalle für DK-Betrieb einen deutlichen „Sicherheitsabstand“ beinhalten dürfte.

Die dargestellten Erfahrungen mit Forsttechnik bei RME-Einsatz wurden

vom Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain in einem Informationsblatt für andere Anwender zusammengefasst (*Anlage 1*).

2.3.2. Schmier- und Hydrauliköle

Im Flottenversuch wurden zum RME-Betrieb neben Motorenöl auf Mineralölbasis, das bereits eingesetzt war (AGIP Profi 1540 15 W-40) bzw. im Garantiebetrieb benutzt wurde (BayWa HDC 15 W-40), auch ein Motorenöl aus der FUCHS-Planto-Reihe (Plantomot 5 W-40) eingesetzt, dessen Abbaurate nach CEC-L 33-T 82 als > 80 % vom Hersteller angegeben wird. Ein Vergleich dieses „biologisch schnell abbaubaren“ Motorenöls zu den weiter eingesetzten 2 Motorenölen auf Mineralölbasis ergab, bezogen auf die für die Motore vorgegebenen DK-Betriebsintervalle, als Mittelwert für die mineralischen Motorenöle 121,9 % und für das „schnell abbaubare“ 102,7 % des empfohlenen DK-Intervalls. Daß die um etwa 15 % kürzeren Wechselintervalle des abbaubaren Öls auch durch subjektive Faktoren (größere Vorsicht bei „neuem“ Öl) beeinflusst sein werden, zeigt ein Vergleich der Analyseergebnisse (*Bild 1*), die auf keine relevanten Unterschiede hinweisen.

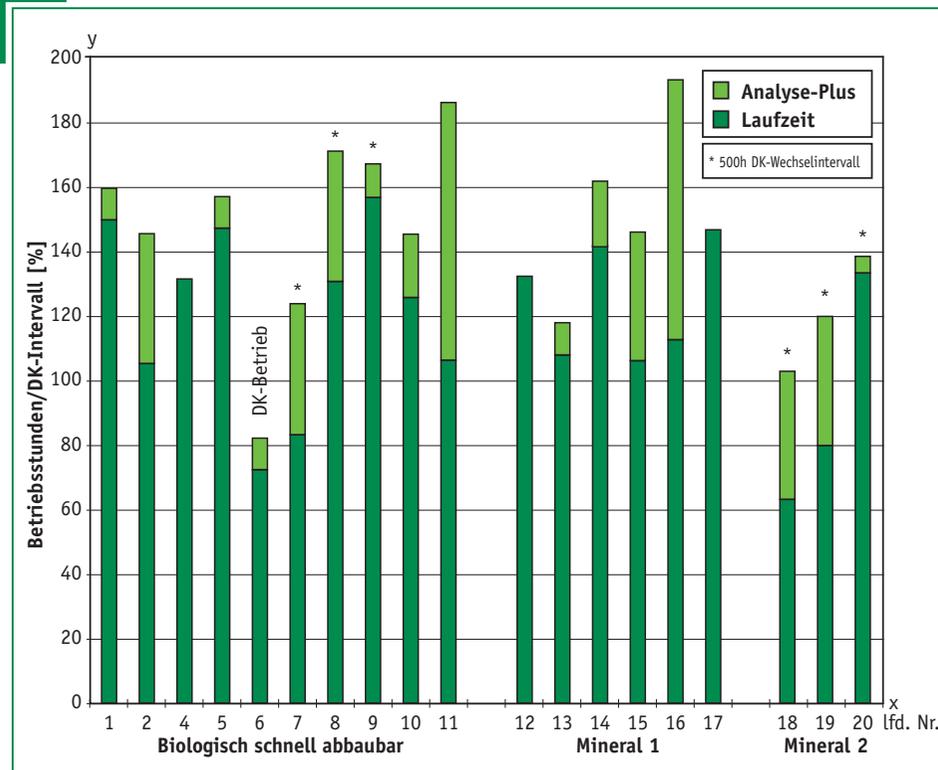
Bei den Forstfahrzeugen mit gemeinsamem Getriebe- und Hydraulikhaushalt



fand ein rapsölbasiertes Getriebe-Hydrauliköl (Nassbremsöl) Anwendung. Die Umölung erfolgte gemäß VDMA 24 569 und beinhaltete auch eine Filterreinigung nach 10 und 50 h. Auch unter den rauen Einsatzbedingungen im Forstbetrieb traten nach dieser Form der Umölung keine die Ölqualität mindern den Erhöhungen des Wassergehaltes auf. Nach der für diese Fahrzeuge

vorgesehenen Laufzeit von 1.500 h ergaben die beim Ölwechsel durchgeführten Komplettanalysen, dass in keinem Fall bereits zu diesem Zeitpunkt der Wechsel aufgrund der Ölqualität erforderlich gewesen wäre. Auch aus dem Einsatz der weiteren eingesetzten abbaubaren Hydrauliköle ergaben sich keine technischen Probleme während des Flottenversuches.

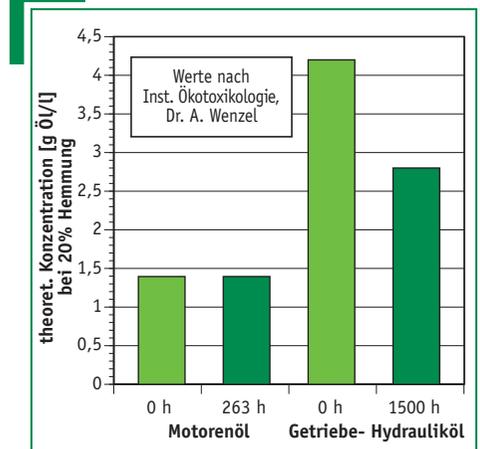
Bild 1: Analysenergebnisse Motoröl



In letzter Zeit wurde verstärkt die Frage untersucht, ob die günstigen Umwelteigenschaften z.B. rapsölbasierter Hydrauliköle auch über die Nutzungszeit erhalten bleiben. Da der finanzielle Rahmen des Flottenversuches kostenaufwendige Prüfungen nicht ermöglichte, wurden als Stichproben einige Ölproben neuer und gebrauchter abbaubarer Motor- und Hydrauliköle im Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Bergholz-Rehbrücke mit dem Leuchtbakterientest auf eine Änderung des biotoxischen Verhaltens untersucht [5]. Für das eingesetzte abbaubare Motorenöl war nach 263 Betriebsstunden keine wesentliche Veränderung festzustellen (Bild 2). Das Getriebe-Hydrauliköl wies nach 1.500 Betriebsstunden eine leicht verstärkte Toxizität hinsichtlich der Testbakterien auf. (Untersuchungen mit einer umfassende-

ren Auswahl von Test-Spezien [6] stellen für dieses Öl über die Betriebszeit auch keine signifikante Veränderung der komplexen Biotoxizität fest.)

Bild 2: Laufzeiteinfluß bei biologisch schnell abbaubaren Schmierölen (Leuchtbakterientest DIN 38412 L34)



2.3.3. Betriebskosten

Für die Vergleichsrechnungen zur Bewertung des Flottenversuches 1995-1997 wurden 4 repräsentative Maschinen benutzt, die sowohl ältere und moderne Motoren als auch Hydrauliken unterschiedlicher Leistungsanforderungen beinhalten. Die Berechnung erfolgte auf der Basis von Preisen aus dem ersten Halbjahr 1997 zum Abschluss der Projektlaufzeit (Anlage 2). Bei den Kosten für den RME-Betrieb wurden auch Umrüstkosten und anteilige Kosten für die Leih-tankstelle berücks-

sichtigt. Durch hohe Umrüstkosten des Motorenherstellers wird hierbei der LKW W50 besonders belastet.

Wird bei RME-Betrieb mineralisches Motorenöl benutzt und der Forderung auf 50 % DK-Wechselintervall entsprochen, so ergab sich bei 2 % RME-Mehrverbrauch eine erforderliche Preisdifferenz von 0,02...0,04 €/l zwischen RME und DK, wenn bei den Beispielmotoren der Betrieb kostenneutral erfolgen soll. Betriebliche Vorteile, z.B.

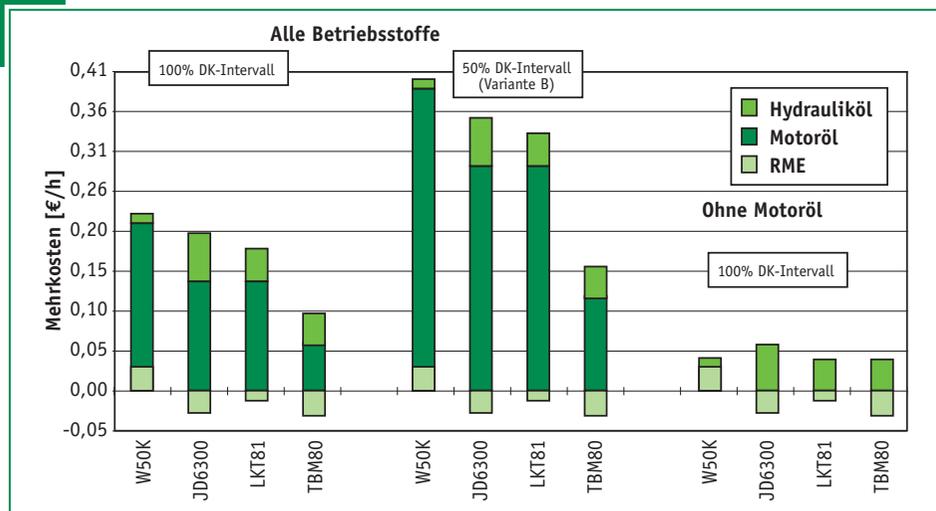
einer RME-Betankung „vor Ort“, sind bei entsprechenden Entscheidungen zu berücksichtigen.

Unter den Voraussetzungen des Flottenversuches (RME-Betrieb mit 100 % DK-Intervall, abbaubares Motoren- und Hydrauliköl) traten bei den Beispielmaschinen Mehrkosten für die vollständige Nutzung abbaubarer Betriebsstoffe im Bereich von 0,05...0,20 €/Betriebsstunde gegenüber dem Betrieb mit mineralölbasierten Betriebsstoffen auf (Bild 3). Diese Mehrkosten werden - wie die Vergleichsvariante „50 %-DK-Intervall“ noch deutlicher zeigt - wesentlich durch den z.Z. noch relativ hohen Literpreis des biologisch schnell abbaubaren Motorenöls bestimmt (siehe auch Anlage 3 Tabelle A2).

Verzichtet man auf den Einsatz des schnell abbaubaren Motorenöls und orientiert die Motorenölwechsel nach dem tatsächlichen Ölzustand (100 % DK-Intervall ohne abbaubares Motorenöl), so vermindern sich die Mehrkosten auf 0,01...0,05 €/l.

Relativiert man diese Werte auf die Treibstoffkosten z.B. für einen Standard-schlepper mittlerer Leistung (JD 6300), so würden durch den Einsatz des schnell abbaubaren rapsölbasierten Getriebe-Hydrauliköls Mehrkosten von 0,8 % der Treibstoffkosten entstehen, d.h., diese liegen noch unter der Größenordnung der subjektiven und jahreszeitlich bedingten Schwankungen im Treibstoffverbrauch. (In der Anlage 3 werden weitere Hinweise zu Betriebskosten gegeben.)

Bild 3: Mehrkosten durch biologisch schnell abbaubare Betriebsstoffe



3. Weiterführung des Praxiseinsatzes (1997 - 2003)



3.1. Zeitraum 1997 - 1999

Nachdem im Sommer 1997 das wissenschaftlich begleitete Projekt „Flottenversuch“ beendet worden war, wurde vom Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain der Einsatz abbaubarer Betriebsstoffe auf der Basis der seit 1995 gewonnenen Erfahrungen weitergeführt. Es kamen sowohl RME als auch abbaubare Schmier- und Hydrauliköle weiterhin zum Einsatz; lediglich der Einsatz des abbaubaren Motorenöls wurde aus Kostengründen eingestellt.

Der Kreis der mit abbaubaren Betriebsmitteln betriebenen Fahrzeuge veränderte sich im Laufe des bisher achtjährigen Einsatzes durch altersbedingte Aussonderungen und Neuzugänge. Insgesamt liegen aus dieser Zeit Erfahrungen mit über 20 verschiedenen Typen von in der Forstwirtschaft eingesetzten Fahrzeugen (Traktoren, LKW, Arbeitsmaschinen u.a.) vor (Anlage 4).

Um nach Abschluss der Projektarbeit in weitestmöglichem Umfang auch im täglichen Routinebetrieb die Auswirkungen des Einsatzes abbaubarer Betriebsstoffe weiterhin zu überwachen, wurde eine „Kerngruppe“ aus 9 im Projekt betreuten Fahrzeugen und 2 neu eingeordneten gebildet und für diese Fahrzeuge auf die vollständigen Datenerfassung besondere Aufmerksamkeit gerichtet.

Die Auswertung des Einsatzes dieser 11 Fahrzeuge - zusammengefasst für den Zeitraum Sommer 1995 bis Sommer 1999 - gibt einen Überblick über mehr als 35.000 Betriebsstunden (einschl. Kleinbus) unter den schwierigen Einsatzbedingungen der Forstwirtschaft.

In den genannten vier Jahren **RME-Betrieb** wurden von diesen Fahrzeugen über 210.000 Liter RME verbraucht (Tab. 3); insgesamt wurden in diesem Zeitraum in dem Forstwirtschaftsbetrieb



jährlich rund 65.000 Liter RME eingesetzt. Die Jahresverbräuche spiegeln z.T. die auch jährlich unterschiedlichen

Einsatzbedingungen der Forsttechnik wider. Ein Trend aus dem mehrjährigen RME-Einsatz ergab sich nicht.

Tabelle 3: Einsatzstunden und RME-Verbrauch einiger Forstfahrzeuge (7/95 - 8/99)

Fahrzeug	Typ	Einsatzjahr 1995			Einsatzjahr 1996			Einsatzjahr 1997		
		Betriebsstd. (Bh)	Verbrauch (l)	Verbrauch (l/Bh)	Betriebsstd. (Bh)	Verbrauch (l)	Verbrauch (l/Bh)	Betriebsstd. (Bh)	Verbrauch (l)	Verbrauch (l/Bh)
Standardschlepper	John Deere 6300	413	3.020	7,31	901	6.799	7,55	915	6.892	7,53
	ZT 323	437	3.036	6,95	611	3.670	6,01	946	5.183	5,48
	Steyr 970 AF							685	2.629	3,84
	MTS 82	185	788	4,26	576	2.484	4,31	571	2.125	3,72
	Deutz-Fahr 3.50F	319	1.422	4,46	814	3.503	4,30	316	1.608	5,09
LKW	W 50 M	228	1.441	6,32	445	2.593	5,83	273	1.350	4,95
	W 50 DSK	364	1.972	5,42	604	3.780	6,26	519	2.951	5,69
Seilschlepper	LKT 81 T	349	1.590	4,56	786	3.925	4,99	786	3.579	4,55
Harvester	TBM 84				1.005	7.652	7,61	1.545	13.982	9,05
Forwarder	TBM 80				1.926	10.543	5,47	2.399	14.847	6,19
Kleinbus	VW T4 1)							19.528	1.834	9,39
	Summe		13.269			44.949			56.980	
Fahrzeug	Typ	Einsatzjahr 1998			Einsatzjahr 1999			Gesamtzeitraum		
		Betriebsstd. (Bh)	Verbrauch (l)	Verbrauch (l/Bh)	Betriebsstd. (Bh)	Verbrauch (l)	Verbrauch (l/Bh)	Betriebsstd. (Bh)	Verbrauch (l)	Verbrauch (l/Bh)
Standardschlepper	John Deere 6300	635	4.878	7,68	568	4.138	7,29	3.432	25.727	7,50
	ZT 323	497	2.860	5,75	629	2.953	4,69	3.120	17.702	5,67
	Steyr 970 AF	699	3.054	4,37	610	2.573	4,22	1.994	8.256	4,14
	MTS 82	515	1.961	3,81	57	170	2,98	1.904	7.528	3,95
	Deutz-Fahr 3.50F	199	824	4,14	88	198	2,25	1.736	7.555	4,35
LKW	W 50 M	218	1.147	5,26	166	675	4,07	1.330	7.206	5,42
	W 50 DSK	373	2.591	6,95	256	1.304	5,09	2.116	12.598	5,95
Seilschlepper	LKT 81 T	1.098	4.680	4,26	768	3.158	4,11	3.787	16.932	4,47
Harvester	TBM 84	1.723	15.393	8,93	1.189	9.322	7,84	5.462	46.349	8,49
Forwarder	TBM 80	2.673	16.502	6,17	1.766	11.994	6,79	8.764	53.886	6,15
Kleinbus	VW T4 1)	55.855	4.936	8,84	49.839	2.535	5,09	125.222	9.305	7,43
	Summe		58.826			39.020			213.044	

1) Angaben in km bzw. l/100 km

Als Motorenöl kamen aus den erwähnten Gründen mineralische Öle zur Anwendung. Der Ölwechsel wurde nach den vom Hersteller für DK-Betrieb vorgeschriebenen Wechselzeiten durchgeführt. Die Ölqualität wurde dabei stich-

probenartig durch Komplettanalysen überwacht. Weder aus den Analysen noch aus dem Störungsverhalten waren negative Auswirkungen durch die gewählten Wechsel im 100 %-DK-Intervall festzustellen.

RME-bedingte **Störungen** oder andere aus dem Treibstoffeinsatz abzuleitende Besonderheiten traten zusätzlich zu den während der Projektlaufzeit erwähnten nur bei 4 Fahrzeugen auf. Nach 4.800 Gesamt-Betriebsstunden (Bh) bzw. 3.100 Bh RME-Einsatz wurde am Standardschlepper John Deere 6300 bei einer Durchsicht in der Vertragswerkstatt ein Leistungsabfall der Einspritzpumpe festgestellt. Durch den Hersteller erfolgte ein kostenloser Ersatz und die weitere Freigabe für RME-Betrieb. In diesem Zusammenhang wurde nach dem Austausch die Zapfwellenleistung bei RME-Betrieb gemessen. Sie betrug bei Volllast nur etwa 90 % der Leistung bei DK-Betrieb. Der 1997 eingeordnete Neu-Schlepper Steyr 9700AF war für RME-Betrieb freigegeben. Trotzdem lösten sich die Original-Kraftstoffschläuche auf; dieser Mangel wurde durch RME-resistente Schläuche aus Betriebsbeständen behoben. Bei den ebenfalls für RME-Betrieb freigegebenen Deutz-Motoren des Harvesters TBM84 und des Forwarders TBM80 zeigten sich Auflösungserscheinungen an den Rücklaufleitungen, die in jeweils 18-Monats-Intervallen den Austausch der Originalteile erforderlich machten. An der Maschine mit den meisten Betriebsstunden, dem Forwarder.

Der Standardschlepper Belarus MTS82 wurde altersbedingt wegen Gesamtverschleiß Anfang 1999 ausgesondert. Der

Kleinbus VW T4 lief während der kalten Jahreszeit im DK-Betrieb, da die eingebaute Standheizung nicht mit RME betrieben werden konnte.

Der Einsatz der abbaubaren **Schmier- und Hydrauliköle** wurde auch in der Weiterführungsperiode zu den üblichen Wechselintervallen durchgeführt. Weder bei dem eingesetzten rapsölbasierten Getriebe-Hydrauliköl noch bei den reinen Hydraulikölen traten in dieser Zeitspanne Auffälligkeiten auf.

Die **Betriebskosten**, die durch die aktuellen Preise von RME und Ölen entstanden, blieben bis Frühjahr 1999 etwa in dem für den Flottenversuch angeführten Rahmen. Im Sommer 1999 ergab sich für den Einsatzbetrieb durch Anstieg der DK-Preise und Wechsel des RME-Lieferanten eine kostengünstigere Situation für den RME-Betrieb.



3.2. Zeitraum 1999-2003

Die altersbedingte Erneuerung des Technikbestandes führte dazu, dass ein großer Teil der am Flottenversuch beteiligten Fahrzeuge aus dem Betrieb ausgeschieden. Neue Technik wird generell nur noch mit Freigaben für umweltschonende Betriebsstoffe beschafft. Der Betrieb dieser Technik mit RME gestaltet sich zuverlässig und unkompliziert.



Im Jahre 2001 wurde der Forwarder TBM 80 nach einer Leistung von 15.783 Bh ausgesondert. Die Maschine wurde ausschließlich mit RME betrieben. In der Natur des Einsatzes lag es, dass sie bei allen Temperaturen (auch bis -20° C) im Freien abgestellt wurde. Start- bzw. Kraftstoffprobleme, besonders bei tiefen Temperaturen traten nicht auf. Der Lebenslauf der Maschine ist lückenlos erfasst worden. Damit bot sich der Gedanke an, den Motor auf Verschleiß

untersuchen zu lassen. Es handelte sich hierbei um einen flüssigkeitsgekühlten Deutz-Motor vom Typ BF4M1012E.

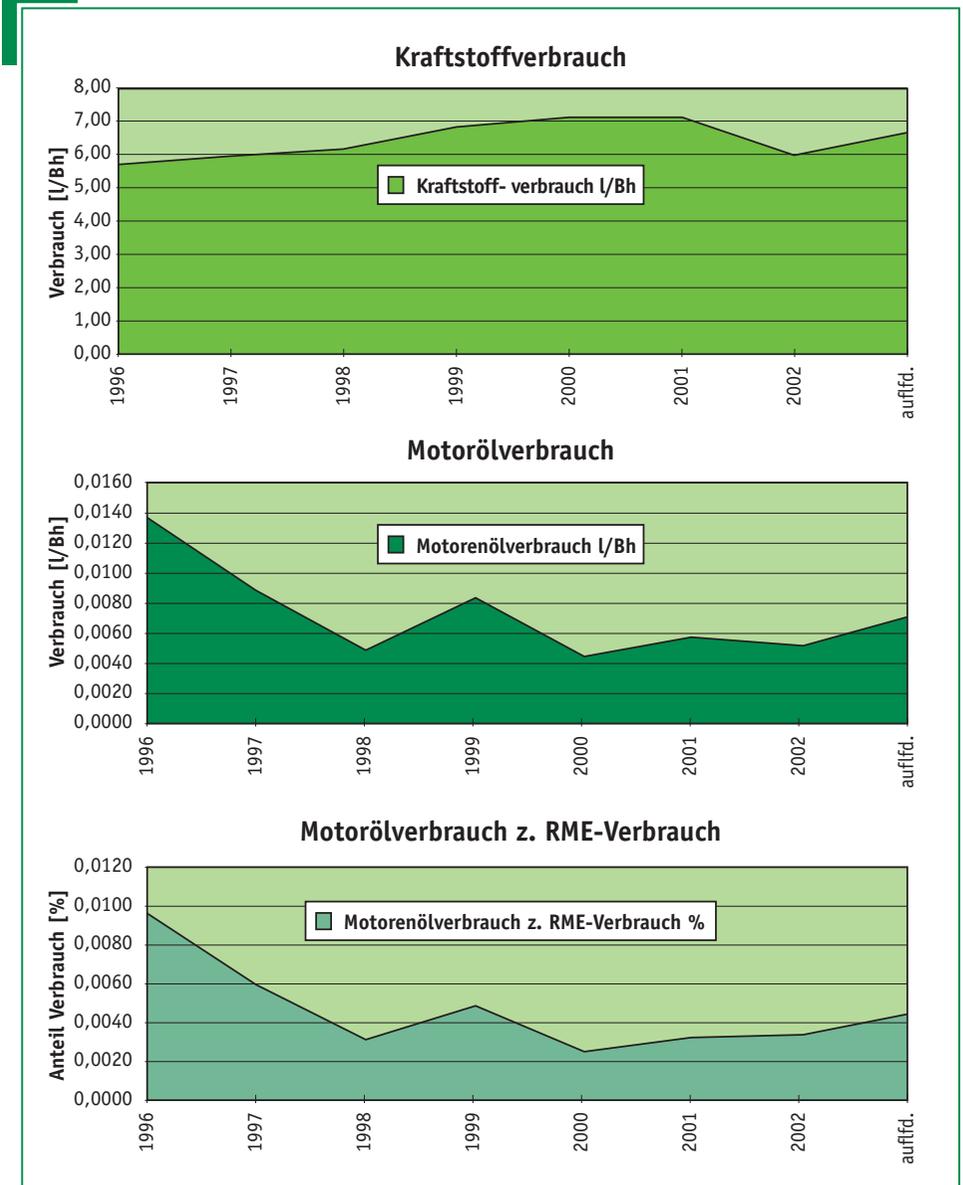
Auf die vorgeschriebene Halbierung der Motorenölwechselfristen (auf 250 Bh) wurde im Einsatzzeitraum verzichtet. Dies kann aber je nach Ölqualität erforderlich sein. Gleiches gilt auch für die Serviceintervalle für das Einspritzsystem. Unter jährlicher Ölbeprobung wurde eine durchschnittliche Ölwechselfrist von 536 Bh realisiert.

Die kalkulierten Wechselfristen für Einspritzdüsen und -pumpen wurden um ein mehrfaches überschritten.

Die Daten von Motorenöl- und Kraftstoffverbrauch (Grafik 1) ließen ebenso wie die letzten Ölanalysen auf einen guten Motorenzustand schließen. Die Deutz AG führte nach Übergabe der Einsatzdaten und des Motors Prüfstandsmessungen, eine Totaldemontage und Befundung aller Bauteile mit überraschendem Ergebnis durch.

Die Prüfstandsmessungen ergaben zunächst unbefriedigende Ergebnisse. Ursache war eine mechanische Beschädigung der LDA-Membrane, die zur faktischen Unwirksamkeit des Turboladers führte. Nach Wechsel dieser Membrane erreichte der Motor im gesamten Drehzahlbereich Leistungen wie im Neuzustand (Tab. 1).

Grafik 1: Motorenöl- und Kraftstoffverbrauch



**Tabelle 1: BF4M1012E Mnr. 0103891 15783 h RME-Betrieb im Forstschlepper
Vergleich der Motorwerte im Neuzustand und nach 15783 h**

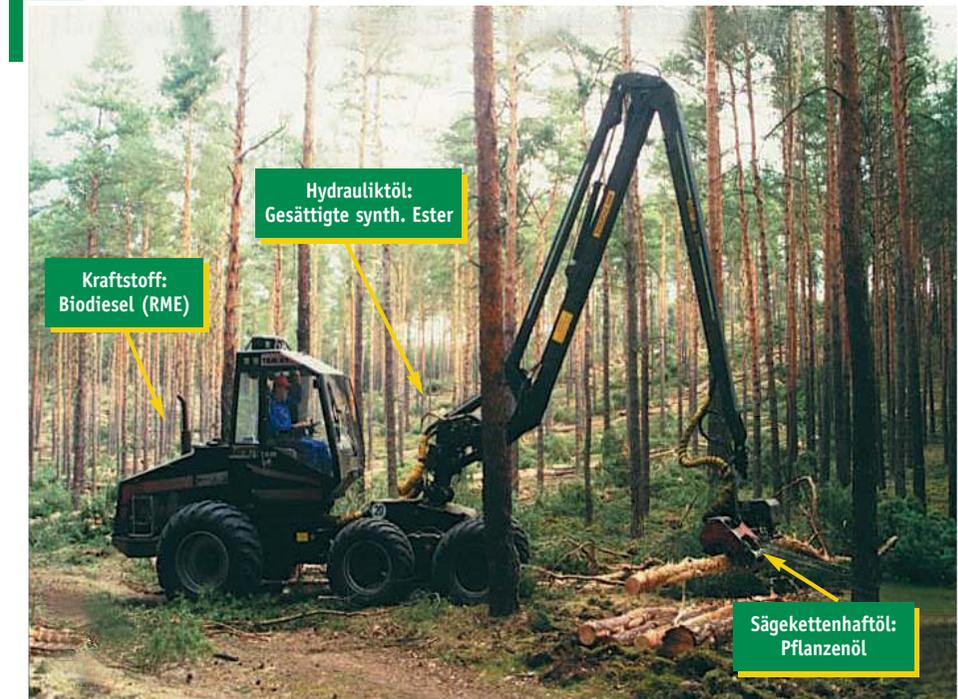
Motorzustand	n = 2500/min.			n = 1500/min.			n = 1175/min.			n = 800/min.		
	P kW	be g/kWh	RW Bosch	P kW	be g/kWh	RW Bosch	P kW	be g/kWh	RW Bosch	P kW	be g/kWh	RW Bosch
Auslieferungszustand	60,8	236,1	1,10	43,8	224,0	2,10	33,2	nicht gem.	2,50	18,4	232,5	nicht gem.
Antiefierzustand	45,4	246,9	1,60	38,6	219,9	2,50	30,7	224,5	3,30	19,4	241,6	3,20
LDA-Membrane defekt												
neue LDA-Membrane,												
gleiche Einspritzmenge wie bei Erstabnahme	60,9	235,3	2,20	44,4	221,4	2,90	33,7	228,1	3,50	18,1	237,8	3,10

Die Befundung der demontierten Baugruppen zeichnete ein überraschend gutes Bild vom Motorenzustand. Die Bauteile wurden anhand einer zehnstufigen Rating-Skala bewertet. Die Benotung der wichtigsten Verschleißteile, wie Lager, Kolben, Laufbuchsen, Kurbel- und Nockenwelle lag zwischen 8 (gut, Fehler nur vom trainierten Beurteiler bemerkbar) und 9 (sehr gut, Fehler nur vom trainierten Beurteiler bemerkbar). Keinem Bauteil musste Funktionsunfähigkeit bescheinigt werden. Als Gesamtnote wurde eine 7,9 ermittelt.



Beeindruckend stellen sich dabei besonders der gute Zustand von Gummitteilen und der geringe Verschleiß der Kolben- Buchsen- Gruppe dar. In den Laufbuchsen ist noch das Honbild der die Herstellung abschließenden Feinstbearbeitung erkennbar.

Mit ihrem dankenswerten Einsatz konnten die Deutz AG nachweisen, dass Motoren mit reinem RME-Betrieb nicht



nur normale Laufleistungen in härtestem Einsatz erreichen, sondern diese auch deutlich überschreiten können. Dass dieser Motor kein Einzelfall ist, belegen die Einsatzdaten weiterer Maschinen im Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain: Schlepper John Deere 6300 ca. 9.000 Bh, Harvester TBM 84 ca. 12.500 Bh, Transporter VW T4 (im Mischbetrieb) 235.000 km.

sowohl nach dem Ein-Tank-Prinzip (Transporter), als auch im Mischbetrieb mit mineralischem Diesel (LKW, Spezialmaschinen). Die Ausrüstung eines Schleppers auf das Zwei-Tank-Prinzip steht unmittelbar bevor.

Zur Abrundung der Erkenntnisse über den Einsatz nachwachsender Rohstoffe wird seit 1999 auch der Einsatz kaltgepressten Rapsöl getestet. Dieser erfolgt

4. Gesamtbewertung und Folgerungen

In dem zweijährigen Flottenversuch wurde ein umfassender Einsatz von Betriebsstoffen mit gegenüber Mineralölprodukten besserem biologischen Abbauverhalten an 15 Fahrzeugen eines Forstwirtschaftsbetriebes untersucht. Dabei wurden technische und betriebs-technische Daten von über 17.000 Einsatzstunden erfasst. Zum Einsatz kamen als Treibstoff Rapsölmethylester, als Motorenöl Produkte auf Mineralölbasis und ein Motorenöl mit höherer biologischer Abbaurate sowie verschiedene biologisch schnell abbaubare Getriebe- und Hydrauliköle.

In einer anschließenden bisher vierjährigen Weiterführung des Praxis-einsatzes der abbaubaren Betriebsstoffe konnten die Erfahrungen mit diesen Betriebsstoffen ausgedehnt werden, wobei fahrzeugbezogen bis zu 15.000 Betriebsstunden erreicht wurden.

Der Betrieb mit Rapsölmethylester war bei der eingesetzten Alt- und Neutechnik problemlos. Bei der Alttechnik waren einige vorbereitende Arbeiten (Schlauchleitungen, Pumpenleckleitung) erforderlich, die sich für die neueren Fahrzeuge erübrigten. Die Umstellung führte durch Auflösung von Krustenbildungen aus dem DK-Betrieb zunächst zu zusätzlichen Filterwechsel- und Abdichtungsarbeiten, die bei dem RME-Einsatz an fabrikneuen Maschinen entfielen. RME-bedingte Lackschäden

traten im Betankungsbereich auf. Einige materialbedingte Störungen an Maschinen, die von den Herstellern für RME-Betrieb freigegeben waren, wiesen darauf hin, dass offensichtlich Erkenntnisse aus Langzeiteinsätzen noch konstruktive Hinweise ergeben konnten.

Der Motorenölwechsel wurde nach Analyseergebnissen durchgeführt und ergab für den RME-Betrieb Wechselintervalle, wie sie für DK-Betrieb vorgesehen waren. Die geringe Wassergefährdung von RME und der Umstand, dass dieser Kraftstoff kein Gefahrgut ist, ermöglichte erhebliche betriebliche Vorteile bei Lagerung, Transport und Betankung der Fahrzeuge und Spezialmaschinen in der Nähe des Arbeitsortes.

Ein Vergleich der beiden eingesetzten Motorenöle ergab unter den gegebenen Einsatzbedingungen keine relevanten Unterschiede im Betriebsverhalten.

Die benutzten Getriebe-Hydrauliköle bzw. Hydraulikflüssigkeiten hatten nach der von den Herstellern vorgegebenen Wechselzeit in allen Fällen eine ausreichende Qualitätsreserve bei einer regelmäßigen Abreinigung. Trotz der robusten Einsatzbedingungen trat nur in einem Fall eine relevante Erhöhung des Wasseranteiles im Hydrauliköl auf, die aber noch nicht zu einer Verschlechterung der Gesamtqualität führ-



te. Stichproben zur Veränderung der Biotoxizität über die Betriebszeit wiesen ein geringes Ansteigen der Leucht-bakterienhemmung aus.

Zusammenfassend kann aus dem zweijährigen Einsatz biologisch schnell abbaubarer Betriebsstoffe in Maschinen der Forsttechnik gefolgert werden, dass eine weitgehend vollständige Aus-rüstung von Fahrzeugen und Arbeits-maschinen mit diesen Betriebsstoffen in ökologisch empfindlichen Gebieten aus **technischer** Sicht möglich und für den Betreiber bei Nutzung des technischen Wissensstandes relativ risikofrei ist.

Mit der etwa 1999 erfolgten Abkopp-lung des RME- Preises von dem des

mineralischen Dieselkraftstoffs haben sich auch **ökonomisch** interessante Perspektiven eröffnet. In diese Richtung wirkt auch das Förderpro-gramm des Bundes mit Förderung der Errichtung von Eigenverbrauchstank-stellen und die neuesten Beschlüsse zu Steuerbefreiung von Kraftstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen.

Der weitgehenden Nutzung stehen Vor-behalte der Fahrzeughersteller, vor allem bezüglich der Qualität des angebotenen Kraftstoffs entgegen. In einem zuverlässigen System des Qualitäts-managements, an dem gegenwärtig intensiv gearbeitet wird, liegt die Lösung dieser Probleme. Ohnehin ist der Betreiber einer Eigenverbrauchs-



tankstelle mit stabilen Lieferbeziehungen in hohem Maße abgesichert.

Der gegenüber mineralölbasiertem Motorenöl etwa dreifach höhere Preis des biologisch schnell abbaubaren Motorenöls bei etwa gleichen Betriebs-eigenschaften dürfte gegenwärtig ein entscheidender Hemmschuh für dessen Einführung sein. Die geringere Havariewahrscheinlichkeit bei Motorenöl und die dann eventuell austretenden doch relativ geringen Mengen werden Überlegungen zu einer Weiternutzung von Mineralölen unterstützen. Daher ist von den eingesetzten Betriebsstoffen unter den gegenwärtigen Bedingungen für das Motorenöl das geringste Praxisinteresse für eine breitere Nutzung zu erwarten. Für die Schmier- und Hydrauliköle steigen die Mehrkosten der biologisch schnell abbaubaren Produkte gegenüber den Mineralölprodukten mit dem Füllvolumen der Hydraulikanlagen und damit

auch mit den eventuellen Havariefolgen. Daher besteht z.B. für Spezialmaschinen in ökologisch empfindlichen Gebieten ein Interesse an einer gewissen „Risikovorsorge“. Es ist naheliegend, den Mehraufwendungen für den Einsatz biologisch schnell abbaubarer Betriebsstoffe die Kosten gegenüberzustellen, die den Betreiber in einem Havariefall mit mineralölbasierten Betriebsstoffen erwarten.

Für den Ausweis der Häufigkeit solcher Havarien sind Daten gegenwärtig nur schwer verfügbar. Die offizielle Statistik für 1992 [9] weist für die infrage kommenden Mengen ($< 0,45 \text{ m}^3$) und Gutarten insgesamt 18 Havariefälle für die Bundesrepublik aus. Aus einer Statistik der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft für die neuen Bundesländer (ohne Sachsen) [10] ergibt sich nur in diesem Wirtschaftszweig mit mehrjährigen Daten eine Wahrscheinlichkeit für Schlepper- und Maschinenumstürze von etwa 1 ‰ (68,4 Fälle/a), die ja in der Regel auch mit dem Auslaufen der Betriebsstoffe verbunden sind. Die Gegenüberstellung dieser Zahlen macht deutlich, dass eine begründete Argumentation wegen der zu erwartenden hohen Dunkelziffern aus einer Vielzahl von Quellen abgeleitet werden müsste. Auch wird hinsichtlich konkreter Aussagen zu möglichen Reduzierungen des finanziellen Entsorgungsaufwandes bei Havarien mit ab-

baubaren Betriebsstoffen gegenüber mineralischen Produkten gegenwärtig noch sehr Zurückhaltung geübt [u.a. 11].

Deshalb könnten diese bisher mehr subjektiven Tendenzen zu einer Risikovorsorge durch objektive Angaben zu bestehenden Risiken wesentlich unterstützt werden. Da bei Verzicht auf abbaubares Motorenöl jährliche Mehrkosten bei Universalschleppern im Bereich um 100 DM/a für die restlichen Betriebsstoffe zu erwarten sind, könnte bereits eine Relativierung der Mehrkosten je Betriebsstunde, bezogen auf den Treibstoffpreis, die Akzeptanz für diese Hydrauliköle unterstützen. Damit könnte deutlich gemacht werden, dass für viele Schlepper und andere Fahrzeuge die Nutzungsmehrkosten dieser Produkte in der Größenordnung der jahreszeitlich und subjektiv bedingten Unterschiede im Treibstoffverbrauch liegen und so eine „Risikovorsorge“ in ökologisch empfindlichen Gebieten mit relativ geringem Aufwand möglich ist. Der Erlass von Nutzungsgeboten für ökologisch empfindliche Gebiete [12] oder auch mögliche Prämienrabatte für Nutzung abbaubarer Betriebsstoffe beim Abschluss von entsprechenden Havarie-Versicherungen könnten für die weitere Nutzung dieser Betriebsstoffe unterstützend wirken.

Die Förderprogramme des Bundes haben sich in den letzten zwei Jahren für den

Einsatz von Hydraulikölen auf Basis nachwachsender Rohstoffe als sehr wirksam erwiesen. In der Folge sehen sich immer mehr (öffentliche) Auftraggeber in der Lage, die Verwendung dieser Öle zu fordern.

Zusammenfassend kann gefolgert werden, dass die umfassende Nutzung rapsoilbasierter Treib- und Schmierstoffe kaum durch technische, aber bisher deutlich durch ökonomische Gesichtspunkte behindert wurde. Die Preisentwicklung der Treibstoffe in den letzten Jahren dürfte dem ebenso entgegen gewirkt haben, wie die aktuellen Förderprogramme des Bundes für Hydraulikölbefüllungen und RME-Betriebs-tankstellen. Damit sind bessere Voraussetzungen für eine breitere Nutzung von umweltschonendem Treibstoff und Hydrauliköl gegeben.



Literatur

- [1] *Herold, Ch.*
Durchführung und Auswertung des Demonstrationsversuch zum Rapsöleinsatz als Treibstoff 1992; -Arbeitsbericht-. Institut für Agrartechnik, Potsdam-Bornim, 1992
- [2] *Baganz, K.*
Pilotvorhaben „Betrieb eines Bootsmotors mit Biodiesel“ (RME); -Sachbericht-. Ministerium f. Ernährung, Landw. u. Forsten, Potsdam, 1994
- [3] *Rexroth, E.*
mündliche Mitteilung zum RME-Einsatz für MTS-Schlepper in Kalkreuth. Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft, Leipzig, Mai 1995
- [4] *Neuhaus, A.-K., Dierschke, G.*
Bericht zur Biodieseleinführung durch die Hessische Erzeugergemeinschaft für die Produktion von Ölpflanzen für die industrielle Verwertung Inst. für Landtechnik, Universität Gießen, 10/1995
- [5] *Wenzel, A.*
Untersuchung von Hydraulikölen auf ihre Hemmwirkung im Leuchtbakterientest Fraunhofer Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie, Bergholz-Rehbrücke, April und August 1997
- [6] *Remmele, E. u.a.*
Hydrauliköle auf Rapsölbasis Landtechnik (52) 03/1997, S. 136 - 137
- [7] *Jördens R.*
Die gesetzlichen Regelungen für den Einsatz von Bioölen Seminar Bio-Hydrauliköle, Hamm, September 1995
- Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Bonn, o.D.
- [8] *Murr, T.*
Bio-Hydrauliköle im Überblick Seminar Bio-Hydrauliköle, Hamm, September 1995
- [9] ---
Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Bonn, o.D.
- [9] ---
Ergebnisbericht zur Statistik der Unfälle bei der Lagerung und beim Transport wassergefährdender Stoffe 1992, Beirat beim Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 05/1995
- [10] ---
Schriftliche Mitteilung vom 17.04.1997 der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft Berlin
- [11] ---
Schreiben des Ministeriums für Umwelt, Naturschutz und Raumordnung des Landes Brandenburg an die unteren Wasserbehörden vom 13.12.1995 (Geschäftszeichen: W5-1/56 671) betreffs Anforderungen an Tankstellen für Biodiesel
- [12] ---
Bericht über den Einsatz biologisch schnell abbaubarer Schmierstoffe und Hydraulikflüssigkeiten und Maßnahmen der Bundesregierung Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn 1996
- [13] ---
Dauerlaufbeurteilung BF4M1012 Deutz AG Köln Porz, 2002, unveröffentlicht

Anlage 1

Amt für Forstwirtschaft
Doberlug-Kirchhain

Biodieseleinsatz in der Forstwirtschaft

- Informationsblatt -

Welche Fahrzeuge sind RME-tauglich ?

Grundsätzlich sind alle Fahrzeuge mit Dieselmotor RME-tauglich.

Wir unterscheiden unter dem Gesichtspunkt des RME-Einsatzes vier Fahrzeugklassen, die einen unterschiedlichen Umrüstaufwand erfordern:

1. vom Hersteller für Biodiesel freigegebene Neufahrzeuge
2. vom Hersteller nicht für Biodiesel freigegebene Neufahrzeuge
3. vom Hersteller für Biodiesel freigegebene Gebrauchtfahrzeuge
4. Gebrauchtfahrzeuge mit unbekannter Biodiesel-Eignung

Fahrzeugklasse	1	2	3	4
Tankinnenbeschichtung ?		x		x
Beständige Schläuche ?		x		x
Kraftstoffpumpen RME-beständig ?		x		x
Geeignetes Starthilfe-System ?		x		x
Ablagerungen in der Kraftstoffanlage			x	x
Verschleißzustand des Motors ?			x	x

Bei welchen Fahrzeugen lohnt die Umrüstung ?

Der Betrieb für RME freigegebene Fahrzeuge unterscheidet sich nach unseren Erfahrungen nicht vom DK-Betrieb. Umrüstungen sind nicht erforderlich. Der Nutzer bleibt jedoch nicht davor bewahrt, dass im Einzelfall nicht beständige Schlauchleitungen Verwendung fanden.

Bei Gebrauchtfahrzeugen lösen sich jedoch alle Ablagerungen in Motor und Kraftstoffanlage. Das erfordert, den ersten Motorenölwechsel nach halber Wechselfrist vorzunehmen.

Weiterhin sind die Kraftstofffilter nach einer Tankfüllung zu wechseln. Die Möglichkeit, dass das Fahrzeug trotzdem mit verstopfter Kraftstoffleitung oder -filter ausfällt, ist nie ganz auszuschließen. RME zeigt schonungslos Undichtheiten der Kraftstoffanlage und fortgeschrittenen Motorenverschleiß auf. Während sich Undichtheiten problemlos beseitigen lassen, führt der Motorenverschleiß zur Schmierölverdünnung. Hier wäre zu prüfen, inwieweit Instandsetzungen lohnen, oder ob man lieber auf den RME-Einsatz verzichtet.

Nicht für den RME-Betrieb freigegebene Fahrzeuge

stellen den Betreiber vor einige Probleme. Bei Neufahrzeugen ohne Freigabe verliert man in der Regel alle Gewährleistungsansprüche. Da für viele Kraftstoff- und Einspritzpumpen

Umrüstsätze angeboten werden und Kraftstoffschläuche relativ billig umgerüstet werden können, ist rein technisch die Umstellung kein Problem. Der Betreiber, der aus Gewährleistungsgründen erst nach der Garantiezeit umrüsten möchte, hat zusätzlich die o.g. Problematik der sich lösenden Ablagerungen zu bewältigen.

Weist der Kraftstofftank eine Innenbeschichtung auf, ist vom RME-Einsatz abzuraten, da die Gefahr der Auflösung der Beschichtung besteht.

In aller Regel sollte die Einspritzpumpe nicht an die Motorschmierung angeschlossen sein bzw. von dieser getrennt werden.

Die Gebrauchtfahrzeuge ohne Freigabe vereinen alle bisher genannten Probleme. Zusätzlich ist hier auf eine gute Abdichtung der Einspritzpumpe gegenüber dem Kurbelgehäuse zu achten, da über diesen Weg RME in das Motorenöl gelangen kann (Schmierölverdünnung).

Die hier aufgeführten Probleme sollen nicht vor einer Umrüstung abschrecken. Sie sollen helfen, ein Fahrzeug daraufhin abzuchecken, ob eine Umrüstung Sinn hat oder nicht. Ein erheblicher Teil der Maßnahmen ist ohne größeren Aufwand realisierbar.

Wie rüsten wir gegenwärtig Gebrauchtfahrzeuge ohne Freigabe um ?

Wir gehen davon aus, dass eine Umrüstung als ökonomisch nicht negativ erscheint und der Kraftstofftank keine Innenbeschichtung aufweist.

- ▶ Wechsel der Kraftstoffschläuche
- ▶ Tankreinigung
- ▶ Überholung/Umrüstung von Förder- und Einspritzpumpe
- ▶ Trennung der Einspritzpumpe von der Motorschmierung, Abdichtung zum Kurbelgehäuse
- ▶ Umbau der Kaltstarthilfe
- ▶ geringfügige Vorverlegung des Einspritzzeitpunktes
- ▶ Motorenölwechsel (einschl. Ölfilter)
- ▶ nach erster Tankfüllung Reinigung/ Wechsel der Kraftstofffilter
- ▶ nach halber Motorenölwechselfrist: Motorenöl- und Filterwechsel
- ▶ einmal jährlich nach geringer Überschreitung der Ölwechselfrist: Motorenölanalyse zur Kontrolle des Verschleißzustandes

Verkürzte Ölwechselintervalle ?

Im Erprobungszeitraum wurden die vorhandenen Motortypen auf die Ölqualität während eines Wechselzyklus untersucht. Dabei wurde die Ölwechselfrist um ein Drittel überschritten. Bei allen Typen waren damit noch nicht die Grenzen der Gebrauchsfähigkeit erreicht. Das gibt uns eine ausreichende Sicherheit, die für den DK-Betrieb vorgeschriebenen Wechselfristen anzuwenden. Einschränkend sei vermerkt, dass der Verschleißzustand des Motors hier eine entscheidende Rolle spielt. Einmal jährlich wird zur Kontrolle des Motorzustandes mit einer Ölanalyse bei geringer Überschreitung der Ölwechselfrist der Ölzustand kontrolliert.

Leistungsminderung ?

Eine Leistungsminderung ist für den Fahrer unter normalen Einsatzbedingungen nicht spürbar. Lediglich bei Arbeiten an der absoluten Leistungsgrenze der Maschine ist ein Leistungsabfall spürbar.

Kraftstoffmehrverbrauch ?

Der Kraftstoffmehrverbrauch bewegt sich im Bereich der subjektiv- bzw. witterungsbedingten Schwankungen und überschritt kaum die Größenordnung von 3 %.

Kaltstartprobleme ?

Das Kaltstartverhalten bei RME-Betrieb unterscheidet sich bis auf eine Ausnahme nicht vom DK-Betrieb. Die Ausnahme ist die Verwendung von Flammglühkerzen oder ähnlichen Systemen. Hier kann es besonders bei hoher Luftfeuchte zu Kaltstartproblemen kommen. Die Behebung ist insofern möglich, als dass anstelle des RME aus einem kleinen, nachzurüstenden Behälter DK zugeführt wird.

Lackschäden ?

Da sich RME einkomponentigen Lacken gegenüber als aggressiv erweist, ist eine Benetzung möglichst zu vermeiden. Ist dies permanent nicht möglich, wird man Lackschäden in Kauf nehmen müssen.

Gefahrstoff ?

RME ist nur noch „schwach wassergefährdend“ (WGK 1 gegenüber WGK 2 bei DK).

RME ist kein Gefahrgut im Sinne der Gefahrgutverordnungen und damit problemlos im Straßenverkehr zu transportieren.

Das sind erhebliche Vorteile, die besonders beim Einsatz von Arbeitsmaschinen in freier Natur eine große Bedeutung haben.



Anlage 2

Für die Betriebskostenrechnung (Flottenversuch unter 2.3.3) zugrundegelegte Preise

Pos.	Betriebsstoff	(€/l) Preis	
		ohne Mehrwertsteuer	mit Mehrwertsteuer
1	Plantomot 5 W-40	3,55	4,12
2	Agip Profi 1540 15 W-40	1,18	1,36
3	BayWa HDC 15 W-40	1,01	1,17
4	Plantohyd 40 N	1,94	2,25
5	Planto Hytrac	2,89	3,35
6	Plantohyd Super S	3,96	4,60
7	Panolin HLP Synth 46	4,37	5,07
8	VEBA HLP	1,13	1,31
9	VEBA Logenta Schlepper 10 W-30	1,84	2,14
10	VEBA HVLP	1,46	1,69
11	RME 7/96	0,48	0,55
	9/96	0,51	0,59
	12/96	0,59	0,68
	3/97	0,59	0,68

Alle Preise für die Schmier- und Hydrauliköle beziehen sich auf das 1. Halbjahr 1997 und 205 l-Behälter. Die Positionen 1 - 3, 6, 7 und 11 sind den Belegen des Amtes für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain entnommen, die Position 4 basiert auf einer Mitteilung der BayWa Doberlug-Kirchhain.

Die Preise der Positionen 8 - 10 entsprechen den Angaben des zentralen VEBA Öl-Vertrieb für den Raum Brandenburg.

(Das Produkt 9 ist wie 5 als „Naßbremsöl“ ausgewiesen, ebenso entspricht der Einsatzbereich von Position 8 bzw. 10 etwa dem der Position 4 bzw. 6).

Anlage 3

Einsatzkosten für abbaubare Betriebsstoffe - Beispielrechnungen -

Diese Beispielrechnungen sollen es dem Praktiker erleichtern, finanzielle Vor- und Nachteile einer Umstellung von mineralischen Betriebsstoffen auf biologisch besser abbaubare für seine Betriebsbedingungen abzuschätzen. Als Beispiele wurden im Flottenversuch eingesetzte Maschinen verwendet. Generell werden für die Betriebsstoffe hier die Preisdifferenzen zwischen den jeweiligen Alternativen benutzt, um eine gewisse Unabhängigkeit von den Preisschwankungen des Mineralöl-Marktes zu erreichen. Die Berechnungen werden als Vergleichs-Rechnungen durchgeführt, d.h. es werden die Differenzkosten für die abbaubare Variante gegenüber der konventionellen (mineralischen) bestimmt.

Für die Kostenrechnung wurde von folgenden Thesen ausgegangen:

- ▶ Unter praktischen Bedingungen wird der Mehrverbrauch von RME gegenüber DK im Mittel etwa 3 % nicht überschreiten. (Im hessischen LKW-Großversuch [NEUHAUS 1995] betrug er, bezogen auf die km-Leistung, 1,7 %, die Kreiswerke Heinsberg [HOFFMANN 1999] ermittelten im Omnibus-Linienverkehr 4,6 %).

▶ Durch RME-Betrieb brauchen in der Regel die Motorenöl-Wechselintervalle nicht verkürzt zu werden. (Es wird zu Vergleichszwecken im folgenden aber auch eine Variante entsprechend den Vorgaben der Motorenhersteller mit 50 % des DK-Intervalles berechnet).

▶ Die Betriebszeiten (Wechselintervalle) für biologisch schnell abbaubare Getriebe-Hydrauliköle entsprechen denen vergleichbarer Mineralöle. Für abbaubare Hydrauliköle wurde in der Berechnung die doppelte Laufzeit gegenüber den angeführten mineralischen angesetzt. (Von Herstellern werden bis zu dreifache Laufzeiten angeführt.)

▶ Für die Schmier- und Hydrauliköle sind nur laufende Kosten berücksichtigt. (Für Ersteininsatz wird auch auf die aktuellen Förderprogramme des Bundes verwiesen.)

Preisbasis für die dargestellten Varianten ist das Jahresende 2001, Währungsbasis der Euro [EUR].

Im folgenden werden für die im Flottenversuch eingesetzten Maschinen

Kipper-LKW W 50/FI-36/ (W 50 K),
Universal-Traktor John Deere 6300 / FI-144/ (JD 6300),

Seilschlepper LKT 81 Turbo/---/
(LKT 81) und
Forwarder TBM 80/---/ (TBM 80)



Szenarien für die unterschiedlichen Betriebsstoffe berechnet.

Treibstoff

Bei der vergleichenden Berechnung des Einsatzes von RME statt DK sind der Umstellaufwand für RME, der Bezugspreis der jeweiligen Treibstoffe sowie

weitere Differenzkosten (Mehrverbrauch, Betriebstankstelle) zu berücksichtigen.

Tabelle A1 Kostenvergleich Treibstoff: rapsölbasiert - mineralölbasiert

Variante A: RME aus betrieblicher Tankstelle; DK aus öffentlicher lokaler Tankstelle

Differenz-Kosten bei RME-Betrieb [EUR/h]¹⁾

Fahrzeug	Umstellkosten [EUR]	Umstellkosten [EUR/h]	Leihgebühr [EUR/l]	RME-Bedarf [l/h]	Preisdifferenz DK-RME [EUR/l]		
					0,10	0,13	0,16
W50K	310	0,062	0,01	5,8	-0,32	- 0,50	- 0,67
JD6300	28	0,006	0,01	7,5	-0,49	- 0,72	- 0,94
LKT81	56	0,011	0,01	4,8	-0,31	- 0,45	- 0,60
TBM80	0	0,000	0,01	5,8	-0,39	- 0,56	- 0,73

¹⁾ Negative Differenzkosten des RME-Betriebs kennzeichnen finanzielle Vorteile beim RME-Einsatz einschl. Ölwechselkosten. Rechenbeispiel für TBM80: Annahme DK-Preis € 0,80/l und RME-Preis € 0,67, dann Preisdifferenz 0,13 €/l. Einsparung bei RME-Betrieb und mit betrieblicher Tankstelle 0,56 €/h.

Variante B: RME und DK aus öffentlicher lokaler Tankstelle

Differenz-Kosten bei RME-Betrieb [EUR/h]¹⁾

Fahrzeug	Umstellkosten [EUR]	Umstellkosten [EUR/h]	Leihgebühr [EUR/l]	RME-Bedarf [l/h]	Preisdifferenz DK-RME [EUR/l]		
					0,03	0,05	0,07
W50K	310	0,062	0,00	5,8	-0,02	- 0,09	- 0,21
JD6300	28	0,006	0,00	7,5	-0,04	- 0,19	- 0,34
LKT81	56	0,011	0,00	4,8	-0,02	- 0,12	- 0,21
TBM80	0	0,000	0,00	5,8	-0,04	- 0,15	- 0,27

Eine Umstellung von DK-Betrieb auf RME-Betrieb war bei drei der Beispielmaschinen erforderlich, wobei JD6300 keine Umrüstteile erforderte (TBM 80 wurde sofort mit RME betrieben). Bei allen umgestellten Maschinen wurde zu den Direktkosten 28,00 EUR für nachträgliche Kosten (Reinigung, Filterwechsel) addiert. Der Umstellaufwand wurde einheitlich auf 5.000 Betriebsstunden umgelegt.

Für die Berechnung Treibstoffkosten im RME-Betrieb wird von 2 Betankungsvarianten ausgegangen:

Variante A: RME aus betrieblicher Tankstelle; DK aus öffentlicher lokaler Tankstelle,
Variante B: RME und DK aus öffentlicher lokaler Tankstelle.

Die Leihgebühr für eine betriebliche Leih-Tankstelle im Beispielfall Flottenversuch führt dabei zu einer Kostenbelastung von 0,01 EUR/l RME. (Für Neueinrichtung und Umrüstung von Eigenverbrauchs-Tankstellen wird auch auf die aktuellen Förderprogramme des Bundes verwiesen.)

Motorenöl

Für einen Vergleich der Kosten für unterschiedlichen Motorenöleinsatz werden einheitliche „Norm“-Wechselintervalle bei den Beispielfahrzeugen benutzt und zwar

- ▶ 50 % DK-Motorenöl Wechselintervall (Motorenhersteller-Forderung für RME)
- ▶ 100 % DK-Motorenöl-Wechselintervall (DK-Betrieb bzw. Ergebnis Flottenversuch für RME).

Für die Mineralölpreise finden Mittelwerte der im Flottenversuch benutzten Öle Verwendung. Da eine Vergleichsrechnung für den RME-Betrieb gegenüber DK-Betrieb erfolgt, werden Kosten für die Durchführung des Ölwechsels bei 100 % Wechselintervall (außer Ölkosten) nicht berücksichtigt. Bei RME-Betrieb mit 50 % DK-Wechselintervall werden mehrere Kombinationsmöglichkeiten für Motorenöl-Einsatz parallel behandelt. Die Kosten für die Durchführung des Ölwechsels setzen sich aus Zusatzkosten und Ölkosten zusammen.

Bei den Zusatzkosten sind die Werkstattarbeiten (11,50 EUR Personal- und 8,50 EUR Materialkosten) und die Entsorgungskosten berücksichtigt. Da bei Entsorgung von abbaubarem Motorenöl – z.B. über Verbrennung – keine höheren Entsorgungskosten anfallen sollen als für normale Wiederaufbereitung [JÖRDENS 1995], wird mit einheitlichen Entsorgungskosten von 0,12 EUR/l gerechnet. Die in der Tabelle ausgewiesenen Kosten sind auch hier Differenzkosten zwischen den jeweiligen Varianten.

Tabelle A2: Kostenvergleich Motorenöl: abbaubar - mineralisch

Preisdifferenz abbaub.-mineral. [EUR/l] 3,00				Motorenöl					
				Variante		A	B	C	
50 % DK-Intervall¹⁾				DK-Betrieb		mineral.	abbaub.	mineral.	
				RME-Betrieb		abbaub.	abbaub.	mineral.	

				Variante A		Variante B		Variante C	
Fahrz.	Interv. [h]	Ölbed. [l]	Zusatzk. [EUR/h]	Ölkost. [EUR/h]	Diff.kost. [EUR/h]	Ölkost. [EUR/h]	Diff.kost. [EUR/h]	Ölkost. [EUR/h]	Diff.kost. [EUR/h]
W50K	125	17	0,088	0,510	0,598	0,306	0,394	0,102	0,190
JD6300	125	13	0,086	0,390	0,476	0,234	0,320	0,078	0,164
LKT81	125	13	0,086	0,390	0,476	0,234	0,320	0,078	0,164
TBM80	250	10	0,042	0,150	0,192	0,090	0,132	0,030	0,072

				Variante A	
Fahrz.	Interv. [h]	Ölbed. [l]	Zusatzk. [EUR/h]	Ölkost. [EUR/h]	Diff.kost. [EUR/h]
W50K	250	17	0,000	0,204	0,204
JD6300	250	13	0,000	0,156	0,156
LKT81	250	13	0,000	0,156	0,156
TBM80	500	10	0,000	0,060	0,060

1) Vergleichspreis: 1,50 EUR/l mineral.

Getriebe-Hydraulik-Öl

Bei den eingesetzten Fahrzeugen hat die Hydraulik des LKW-Kipper (W50K) geringe, die der Forstmaschinen LKT81 und TBM80 hohe Leistungsanforderungen. Der Universalschlepper JD6300 verfügt über einen gemeinsamen Getriebe- und Hydraulik-Ölhaushalt. Diesen Anforderungen entsprechend werden bei der vergleichenden Kostenberechnung jeweils technisch zweck-

mäßige Öle (mineralisch bzw. aus der Plantoreihe) zugeordnet, auch wenn im Flottenversuch z.T. aus betrieblichen Gründen andere Öle zugeordnet waren. Für die Entsorgung ist entsprechend JÖRDENS 1995 Kostengleichheit unterstellt worden.

Da für alle Fahrzeuge bei mineralölbasierten Hydraulikölen gleiche Wechselintervalle (1.500 h) bestanden und diese

auch nach den Versuchsergebnissen für die pflanzenölbasierte Produkte gelten können, reduziert sich der Kostenvergleich für diese Fälle auf die spezifischen Ölkosten. Für die anderen biolo-

gisch schnell abbaubaren Hydraulikflüssigkeiten wird die doppelte Standzeit (3.000 h) angesetzt und damit Durchführungskosten für den Ölwechsel wie bei Motorenöl einbezogen.

Tabelle A3: Kostenvergleich Getriebe-Hydrauliköle: abbaubar - mineralisch

Fahrzeug	Öl-Bed. [l]	min. Hydr. Öl ¹⁾		abb. Hydr. Öl ¹⁾		Preisdifferenz abb-min. [EUR/l]	Differenzkosten [EUR/h]
		Pos. ¹⁾	Interv. [h]	Pos. ¹⁾	Interv. [h]		
W50K	20	8	1.500	4	1.500	0,50	0,007
JD6300	76	9	1.500	5	1.500	1,50	0,076
LKT81	120	10	1.500	6	3.000	2,70	0,012
TBM80	120	10	1.500	6	3.000	2,70	0,012

1) Unter Pos. ist die Öllart entsprechend Anlage 2 gekennzeichnet.
 Die Öle laufen gegenwärtig z.T. unter anderen Bezeichnungen:
 Plantohyd Super S ▶ Plantosyn 3268; VEBA HVLP ▶ ARAL Vitam HF
 VEBA HLP ▶ ARAL Vitam GF; VEBA Logenta Schlepper 10W-30 ▶ ARAL Super Traktoral 10W-30

Literatur

HOFFMANN, H., GOLBS, G. 1999
 Biodiesel in Linienomnibussen.
 Kreiswerke Heinsberg, Heinsberg, 1999

JÖRDENS, R. 1995
 Die gesetzlichen Regelungen für den Einsatz von Bioölen
 Seminar Bio-Hydrauliköle, Hamm, September 1995
 Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen, Bonn, o.D.

NEUHAUS, A.-K., DIERSCHKE, G. 1995
 Bericht zur Biodieseleinführung durch die Hessische Erzeugergemeinschaft für die Produktion von Ölpflanzen für die industrielle Verwertung
 Inst. für Landtechnik, Universität Gießen, 10/1995

Anlage 4

Gesamtübersicht über bisher im Biokraftstoffbetrieb eingesetzte Fahrzeugtypen

RME-Betrieb

Gegenwärtig werden im Amt für Forstwirtschaft Doberlug-Kirchhain folgende Fahrzeugtypen durchgängig oder teilweise mit Biokraftstoffen betrieben:

Standardschlepper: John Deere 6300
 IFA ZT323
 Steyr 970 AF
 Deutz-Fahr 3.50F

Lastkraftwagen: IFA W50 DSK
 Unimog 1450

Kleintransporter: Volkswagen T4 Bus
 Volkswagen T4 synchro, Doppelkabine
 Multicar M25

Spezialschlepper: ZTS Martin LKT 81 Turbo
 ZTS Martin LKT 81

Mobilkran: Weimarwerk T 174/2

Radlader: Hanomag 33c

Harvester: TBM Annaburg TBM 81

Forwarder: TBM Annaburg TBM 84
 TBM Annaburg TBM 81-10

Betrieb mit kaltgepressten Rapsöl

Lastkraftwagen: Mercedes Benz 508 D

Kleintransporter: Volkswagen T4
 Multicar M 25
 Volkswagen Taro Kofferaufbau



Mischbetrieb mit kaltgepresstem Rapsöl/min. DK

Mobilhacker/Forwarder: Bruks 800ct/Valmet 832

Lastkraftwagen: MAN M08

Betriebserfahrungen im RME-Betrieb liegen für folgende Typen vor:

Standardschlepper: John Deere 2140 AS, John Deere 6300
 Belarus MTS 82, ZTS Martin LKT 81
 Uzina Tractorul U 445 DTC

Mobilkran: Weimarwerk T 174/2

Radlader: Hanomag 55c

Harvester: Nokka 6WD

Forwarder: TBM Annaburg TBM 80