

Methylester von Rapsöl als Kraftstoff für Schlepper im Praxiseinsatz

Von Gerhard Vellguth, Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.372:621.436:662.756.3

Pflanzenöle werden als mögliche alternative Kraftstoffe für Dieselmotoren angesehen. Bei ihrem Einsatz in den gegenwärtigen Motoren, insbesondere Motoren mit direkter Einspritzung, treten jedoch Probleme durch Ablagerungen und Schmierölveränderungen auf. Sie können durch Umesterung des Rapsöles weitgehend beseitigt werden. Der Praxiseinsatz eines serienmäßigen Schleppers mit Methylester von Rapsöl über 2000 Betriebsstunden zeigte, daß ein störungsfreier Betrieb erreicht wird, jedoch Anpassungsmaßnahmen geringen Umfangs zu empfehlen sind.

1. Einleitung

Als Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen werden vorzugsweise Alkohole, Pflanzenöle und Bio- bzw. Generatorgas untersucht [1, 2, 3]. Von diesen sind – wegen ihrer Eigenschaften in bezug auf Zündwilligkeit, Energieinhalt und Dichte – die Pflanzenöle besonders als Kraftstoff für Dieselmotoren geeignet [1, 4]. Wie Versuche in vielen Ländern gezeigt haben, ist jedoch ein Dauerbetrieb der heute in Ackerschleppern und in Nutzfahrzeugen üblichen Dieselmotoren mit direkter Einspritzung mit Pflanzenöl nicht möglich, da schon nach kurzer Zeit Ablagerungen an den Einspritzdüsen, Kolben, Kolbenringen und Ventilen sowie Veränderungen des Schmieröles auftreten, die zu Störungen und Ausfällen der Motoren führen.

Eine Möglichkeit, diese Schwierigkeiten abzubauen, wird darin gesehen, das Pflanzenöl mit kurzketigen, einwertigen Alkoholen umzuestern und somit die Eigenschaften dieses alternativen Kraftstoffs den Anforderungen der Dieselmotoren besser anzupassen.

Untersuchungen mit Methyl- oder Ethylester von Raps-, Soja- und Sonnenblumenöl [5 bis 8] zeigten übereinstimmend, daß die Bildung von Ablagerungen vermieden bzw. auf ein unschädliches Maß vermindert wird. Während es beim Betrieb mit den Ölen selbst zu einer Schmierölverdickung und zu zähen Belägen auf Motorteilen kommt, wird beim Esterbetrieb häufig eine Schmierölverdünnung festgestellt.

Bei eigenen Versuchen mit kleinen Motoren unter Laborbedingungen bei konstanter Belastung konnte die Schmierölverdünnung durch Vorverlegen des Einspritzbeginns vermieden werden. Nachdem die Laborversuche die grundsätzliche Eignung des Esterkraftstoffes erwiesen und den Rahmen zusätzlich erforderlicher Maßnahmen aufgezeigt haben, sollen mit dem Praxiseinsatz eines Schleppers mit Methylester von Rapsöl Erfahrungen über das Verhalten im weiten Spektrum der äußeren Bedingungen und der wechselnden Motorbelastungen bei landwirtschaftlichen Arbeiten gewonnen werden. Dieser Einsatz soll eine Beurteilung der allgemeinen Verwendbarkeit nach motorischen Kriterien wie Leistung und Verbrauch, Verschleiß und Zuverlässigkeit ermöglichen und dabei die Anforderungen berücksichtigen, die das umgeesterte Pflanzenöl an die Lagerungsbedingungen und Handhabung stellt.

2. Umesterung von Rapsöl zu Ethylester oder Methylester

Die Umesterung des Pflanzenöls ist die chemische Umsetzung eines Mols Triglycerid mit 3 Molen eines einwertigen Alkohols unter Mitwirkung eines Katalysators, z.B. Natrium, in 3 Mol Monoalkoholester und 1 Mol Glycerin.

Die bekannten Pflanzenöle, wie z.B. Rapsöl, bestehen zu etwa 97 % aus Triglyceriden. Mit den Molekulargewichten der Stoffe lassen sich die stöchiometrischen Massenverhältnisse berechnen:

100 kg Rapsöl + 11 kg Methanol ergeben 100 kg Methylester + 11 kg Glycerin, oder

100 kg Rapsöl + 16 kg Ethanol ergeben 105 kg Ethylester + 11 kg Glycerin.

*) Dipl.-Ing. G. Vellguth ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

Für eine beschleunigte und vollständige Umesterung empfiehlt es sich, den Prozeß bei Temperaturen um 70 °C und mit einem Überschuß an Alkohol, z.B. mit 26 kg Ethanol statt 16 kg, durchzuführen. Die wesentlichen Vorteile von Methylester bzw. Ethylester von Rapsöl bei ihrer Verwendung als Kraftstoff gegenüber Rapsöl selbst ergeben sich aus den kleineren Molekülen, auf die das bessere Brennverhalten zurückzuführen ist, und aus der geringeren kinematischen Viskosität, die mit 6,3–8,1 mm²/s im Bereich der für Dieselkraftstoff geltenden Norm (1,8–10 mm²/s) liegt. Außerdem wurde eine noch größere Zündwilligkeit als bei Pflanzenöl und bei handelsüblichem Dieselkraftstoff festgestellt.

Der Umesterungsprozeß selbst ist so einfach, daß vorgeschlagen wurde, ihn im landwirtschaftlichen Betrieb mit den Behältern und Pumpen von Pflanzenschutzgeräten durchzuführen. Hierbei muß jedoch mit Unreinheiten im Ester gerechnet werden, die das gute motorische Verhalten wieder beeinträchtigen, und mit Problemen bei der Trennung und Verwertung der anderen anfallenden Produkte wie überschüssiger Alkohol, Glycerin und Katalysator, die miteinander gemischt vorliegen.

Bessere Ergebnisse sind von halbautomatischen Anlagen, **Bild 1**, zu erwarten, die auf dem Markt angeboten werden. Sie schließen auch die Ölgewinnung aus der Saat ein. Nach Aufgabe der Saat in einen trichterförmigen Behälter a wird in der darunterliegenden Presse b das Öl abgepreßt. Der Preßkuchen gelangt in einen Behälter c, um als Viehfutter Verwendung zu finden. Das Öl wird gefiltert und in einen Reaktionsbehälter d gepumpt. Eine bestimmte Menge Alkohol und Katalysator, die bereits fertig in der richtigen Dosis gemischt vom Anlagenhersteller geliefert wurde, wird zugesetzt und durch Umpumpen mit dem Öl vermischt. Während einer Abstezeit von ca. 2 Tagen separieren sich die Stoffe. Der Ester kann nach den Angaben des Anlagenherstellers als gebrauchsfertiger Kraftstoff abgezogen werden, während der Rest an den Lieferanten zurückgegeben wird, der hieraus reines Glycerin und Katalysator gewinnt. Als maximale jährliche Durchsatzmenge für eine derartige Anlage werden 130 000 l Rapsöl angegeben.

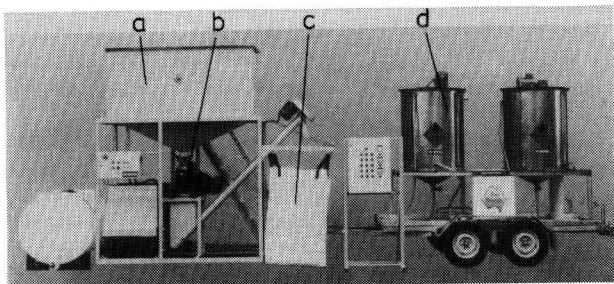


Bild 1. Halbautomatische Anlage zur Gewinnung und Umesterung von Pflanzenöl, nach [9].

- a trichterförmiger Behälter für die Ölsaart
- b Presse zum Abtrennen des Pflanzenöls
- c Behälter für abgepreßte Ölkuchen
- d Reaktionsbehälter für die Umesterung

Wesentlich größer ist mit mehr als 100 000 t/Jahr die Leistungsfähigkeit von industriell betriebenen Umesterungsanlagen. Das Schema einer solchen Anlage, **Bild 2**, zeigt, daß die eigentliche Umesterung nur einen geringen Teil der Anlage ausmacht und im wesentlichen 3 Dosierpumpen und den Reaktionsbehälter erfordert. Der größere Teil der Anlage dient zur Auftrennung des Gemisches in Produkte hoher Reinheit, zur Erhöhung der Ausbeute und zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Rückgewinnung des Katalysators, des überschüssigen Alkohols und von Resten nicht umgeesterten Öles.

Das für den Praxistest mit einem serienmäßigen Schlepper verwendete umgeesterte Rapsöl ist Methylester aus einer derartigen großindustriellen Anlage.

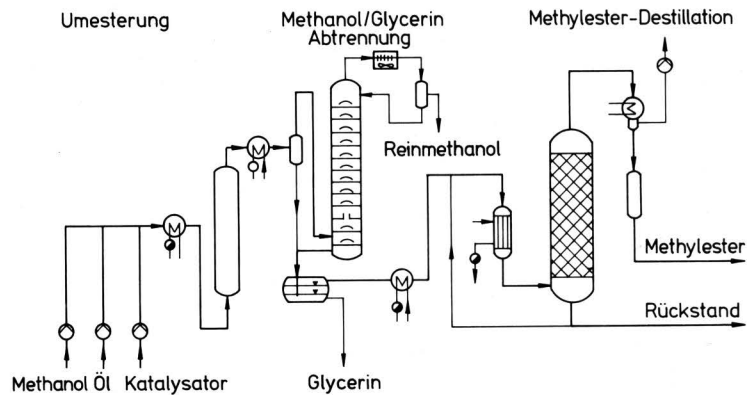


Bild 2. Schema einer industriellen Umesterungsanlage, nach Komp u. Kubersky [10].

3. Praxiseinsatz

Die Beschaffung der erforderlichen Mengen von bisher 8000 l bereitete keine Schwierigkeiten. Die Lieferung erfolgte in handelsüblichen Gebinden. Besondere Vorkehrungen während des Transports sind nicht erforderlich. Die Einordnung in eine Brandklasse wie bei Benzin und Dieselkraftstoff entfällt für Methylester von Rapsöl, da der Flammpunkt über 100 °C liegt. Der Ester gilt lediglich als "entzündlich".

Nach dem für das Verhalten bei Unfällen erstellten Sicherheitsdatenblatt des Herstellers ist ausgelaufener Methylester mit saugfähigen Materialien aufzunehmen und dann auf Deponien zu bringen. Ins Erdreich gesickerter Methylester wird für ökologisch unbedenklich gehalten. Als "Erste Hilfe" bei Verunglückten wird eine Säuberung mit Wasser empfohlen.

Die Lagerung erfolgte in den Transportfässern zuerst im Freien, später in einer ungeheizten Garage. Veränderungen des Kraftstoffes waren auch nach Lagerzeiten von einem Jahr bisher nicht festzustellen.

Zum Tanken wird eine handelsübliche, handbetriebene Faßpumpe mit Schlauch verwendet. Sie zeigte nach 2 1/2-jähriger Benutzung bisher weder Schäden noch Undichtigkeiten. Der im Vergleich mit Dieselkraftstoff geringere Dampfdruck führt zu entsprechend geringeren Dampfgehalten in der Luft. Das bedeutet eine geringere Brandgefahr und eine geringere Belästigung beim Betanken. Nach derzeitigem Kenntnisstand führt längeres Einatmen der Dämpfe zu Kopfschmerzen; kurzfristige Befeuchtung der Haut, z.B. der Hände, durch Ester ist gesundheitlich unbedenklich, da die von der Haut resorbierbaren Mengen klein sind. Eine Reinigung von vorher für Dieselkraftstoff benutzten Tankanlagen oder Kraftfahrzeugtanks vor der Betankung mit Ester ist überflüssig, da beide Stoffe nicht miteinander reagieren und als Mischung im Motor genau so gut wie einzeln verbrennen.

Der Testschlepper ist ein Fendt 306 LS Allrad, Baujahr 1982, mit 4-Zyl.-MWM-Motor, Typ D 226.4, mit direkter Einspritzung, Nennleistung 52 kW, Nenndrehzahl 2200 min⁻¹, in serienmäßiger Ausführung.

Zur Überwachung während der Erprobung wurden zusätzlich ein Betriebsstundenzähler, ein Umdrehungszähler und ein Kraftstoffverbrauchsmeßgerät, ein Außenthermometer und später ein Thermometer für die Schmieröltemperatur eingebaut. Der Schlepper wurde bis zum 1. Ölwechsel 30 Stunden mit Dieselkraftstoff im landwirtschaftlichen Einsatz eingefahren, um annähernd den Zustand wie bei gebrauchten Schleppern zu haben. Danach wurde der Motorzustand bei Erprobungsbeginn, gekennzeichnet durch die Kurve des maximalen Drehmomentes und den Kraftstoffverbrauch, auf dem Bremsstand ermittelt, **Bild 3 und 4**.

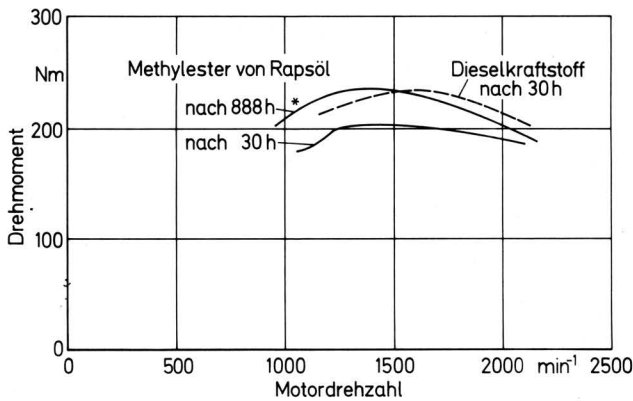


Bild 3. Maximales Drehmoment an der Zapfwelle bei Motorbetrieb mit Dieselkraftstoff bzw. Methylester; bei * Einspritzmenge erhöht.

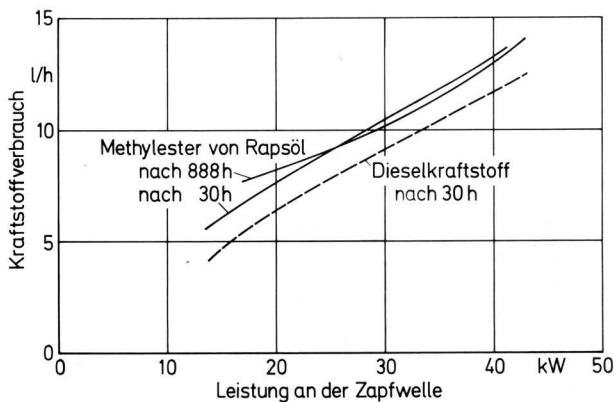


Bild 4. Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Zapfwellenleistung bei Motorbetrieb mit Dieselkraftstoff bzw. Methylester.

Der Vergleich der mit Dieselkraftstoff erhaltenen Drehmomentkurve mit der anschließend mit Methylester von Rapsöl gemessenen läßt einen Unterschied der Momente von etwa 10 % erkennen. Er ergibt sich bei unveränderter Einspritzmenge aus dem etwa 10 % geringeren volumetrischen Energieinhalt des Esters (32,6 MJ/l) gegenüber Dieselkraftstoff (35,2 MJ/l). Dementsprechend kann mit einer um 10 % erhöhten Ester-Einspritzmenge, d.h. erhöhtem volumetrischem Verbrauch, das gleiche Drehmoment bzw. die gleiche Leistung erreicht werden, wie Bild 4 bestätigt. Das bedeutet zugleich, daß sich der thermische Wirkungsgrad des Motors für beide Kraftstoffe nicht unterscheidet.

Eine Wiederholung der Messungen mit Methylester nach 888 Betriebsstunden hatte das gleiche Ergebnis. Durch Vergrößerung der Einspritzmenge wurde das maximale Drehmoment in gleicher Höhe wie bei Dieselkraftstoff erreicht, Bild 3. Der Verbrauch in Abhängigkeit von der Leistung war genauso hoch wie zu Beginn des Einsatzes mit Methylester, Bild 4, woraus der Schluß gezogen werden kann, daß sich der Motor nach dieser Einsatzzeit im gleichen, einwandfreien Zustand befindet und zwischenzeitlich kein spürbarer Verschleiß eingetreten ist.

Für den nunmehr über 2 Jahre gehenden Einsatz auf dem Versuchsgut der FAL wurden keinerlei Einschränkungen oder Auflagen für die Unterbringung, die Wartung oder den Einsatz gemacht. Es wird ein Fahrtenbuch geführt, in dem täglich die Art des Einsatzes und die mit den Meßgeräten ermittelten Daten eingetragen werden.

Das Startverhalten ist durch die sehr gute Zündwilligkeit des Esters gut. Methyl- und Ethylester von Rapsöl haben Cetanzahlen von 54 bis 55, erreichen also höhere Werte als Rapsöl und Dieselkraftstoff [11]. Erst bei Starttemperaturen unter - 6 °C müssen zusätzliche Maßnahmen ergriffen werden. Als der Schlepper bei - 8 °C nicht ansprang, genügte ein kurzer Aufenthalt in einem etwas wärmeren Raum, um ihn starten zu können.

Die Wintertauglichkeit des Kraftstoffes kann wie bei Dieselkraftstoff durch Zugabe von 10–20 % Normalbenzin oder Petroleum bis etwa - 15 °C hergestellt werden. In den vergangenen Winterperioden wurde jedoch keine Zumischung vorgenommen, um die Bestimmung der Schmierölverdünnung (s.u.) nicht zu erschweren.

Das Beschleunigungs- und Fahrverhalten wird von den Fahrern als gut beurteilt, die Geräuschemissionen nicht stärker als bei Dieselkraftstoff empfunden. Vergleichende Messungen liegen nicht vor.

Das Abgas ist beim Esterbetrieb sauberer, d.h. die Rußzahlen, gemessen mit dem BOSCH-Gerät, sind niedriger als bei Dieselkraftstoff. Der Geruch des Abgases ist charakteristisch (ähnlich heißem Frittierfett), aber nicht so unangenehm wie bei Dieselkraftstoff. Bei nach oben verlegtem Abgasrohr wurden auch in Futterhallen keine Beschwerden über Belästigungen durch das Abgas geäußert.

Die Wartung wurde wie bei allen Schleppern des Versuchsgutes routinemäßig, d.h. entsprechend der Betriebsanleitung durchgeführt. Kraftstoff- und Schmierölfilter wurden nach den vorgeschriebenen Zeitspannen gewechselt. Die Kontrolle des Schmieröls ergab jedoch hohe Gehalte an Ester, Kurve a in Bild 5, der das Schmieröl verdünnt, so daß es ratsam schien, die Ölwechselintervalle abweichend von der Wartungsanleitung des Schlepperherstellers von 200 Stunden auf 100 bis 150 Betriebsstunden abzukürzen und Abhilfemaßnahmen zu suchen.

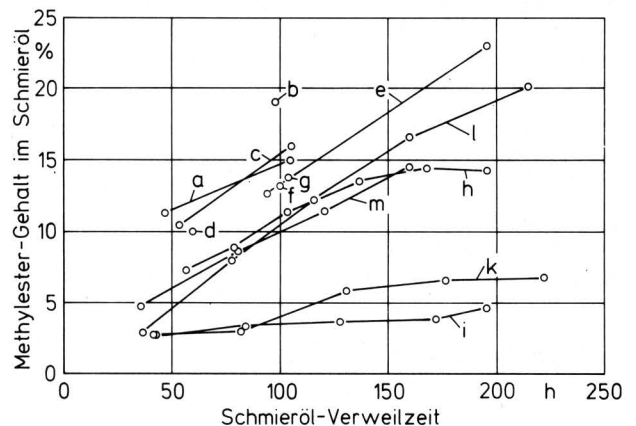


Bild 5. Gehalt an Methylester im Schmieröl in Abhängigkeit von der Schmieröl-Verweilzeit bei verschiedenen Motoreinstellungen.

| | Thermostat- Öfn.-Temp. | Spritz- versteller | Einspritz- beginn |
|---|---------------------------|-----------------------|----------------------|
| a | 75 °C | ohne | 4° früher |
| b | 75 °C | " | 4° früher |
| c | 75 °C | " | normal |
| d | 75 °C | " | 4° später |
| e | 75 °C | " | 4° früher |
| f | 75 °C | mit | normal |
| g | 75 °C | " | normal |
| h | 87 °C | mit | normal |
| i | 87 °C | " | " |
| k | 87 °C | " | " |
| l | 87 °C | " | " |
| m | 87 °C | ohne | " |

Eine Schmierölverdünnung durch Ester war auch bei den vorhergegangenen Prüfstandläufen mit dem kleinen Einzylindermotor aufgetreten und konnte dort durch Vorverlegen des Einspritzbeginns um 40° Kurbelwinkel beseitigt werden [5, 6]. Diese Maßnahme war beim Schlepper jedoch nicht wirksam. Frühe (Kurven a und e, Punkt b), normale (Kurve c) oder späte Einspritzung (Punkt d in Bild 5) ergaben keine signifikanten Unterschiede.

Auch der Einbau eines Spritzverstellers zur besseren Anpassung des Einspritzbeginns an die jeweilige Drehzahl hatte nur wenig Einfluß (Punkte f und g).

Es ist bekannt, daß auch bei Dieselmotoren bei häufigem Kaltstart und im Winterbetrieb Schmierölverdünnungen auftreten und daß Pflanzenölkraftstoffe bei höheren Motortemperaturen, z.B. bei aufgeladenen Motoren, besser verbrennen. Aus diesem Grunde wurde der serienmäßig eingebaute Kühlwasserthermostat mit einer Öffnungstemperatur von 75 °C (Kurven und Punkte a bis g in Bild 5) gegen einen anderen mit 87 °C ausgetauscht, um so die Motortemperatur anzuheben.

Das Ergebnis der Ölanalysen während des folgenden Ölwechselintervalls (Kurve h) bestätigte die Richtigkeit der Überlegungen, denn die Estergehalte waren deutlich niedriger als die früher nach gleicher Verweilzeit gefundenen. Der Endwert nach 200 Stunden mit dem 87 °C-Thermostaten entsprach etwa den Werten, die nach 100 Stunden mit dem 75 °C-Thermostaten ermittelt wurden. In den nächsten beiden Ölwechselintervallen (Kurven i und k) lagen die maximalen Estergehalte mit weniger als 5 % bzw. weniger als 7 % sogar nochmals wesentlich niedriger, so daß der Thermostatwechsel als ein erfolgreicher Weg zur Verminderung der Schmierölverdünnung anzusehen ist. Die Analyseergebnisse in den beiden nächsten Ölwechselintervallen (Kurven l und m), die zunächst im gleichen Bereich wie die Werte des Intervalls h liegen, diese aber dann z.T. überschreiten, lassen jedoch erkennen, daß der Thermostatwechsel allein keine Sicherheit gegen hohe Estergehalte bietet. Dies kann darin begründet sein, daß sich bei vielen Arbeiten die höhere Öffnungstemperatur des Thermostaten nicht auswirken kann, weil – wie die Einsatzprotokolle zeigen – zu niedrige Motortemperaturen vorliegen.

Nicht auszuschließen ist jedoch, daß die zuletzt aufgetretenen höheren Estergehalte andere von der Temperatur unabhängige Gründe haben, z.B. nicht einwandfrei arbeitende Einspritzdüsen.

Nach den bisherigen Erkenntnissen haben sich die gelegentlich sehr hohen Estergehalte des Schmieröls nicht nachteilig auf den Motor, z.B. auf den Verschleiß an Lagern oder Kolben, ausgewirkt, so daß Beschränkungen für den Einsatz des Schleppers nicht notwendig sind. Trotzdem sind weitere Untersuchungen mit dem Ziel, den Estergehalt im Schmieröl zu senken, wünschenswert.

Aus dem Schrifttum ist bekannt, daß die Schmierölverdünnung auch beim Betrieb von Motoren mit Methylester von anderen Pflanzenölen, z.B. Sojaöl, auftritt. Nach *Reglitzky, Halter u. Knaak* [12] sinkt die Viskosität des Schmieröls durch hinzutretenden Ester in den ersten 50 bis 100 Betriebsstunden und steigt danach durch Polymerisationsvorgänge wieder an, so daß schließlich die Anfangsviskosität auch überschritten werden kann. Die zulässige Ölverweilzeit wäre unter diesen Umständen davon abhängig, welcher Bereich für die Schmierölviskosität toleriert werden kann. Beim Einsatz unseres Schleppers mit Methylester von Rapsöl wurde der von *Reglitzky u.a.* beschriebene Viskositätswechsel nicht bestätigt, sondern eine stetige Verminderung der Viskosität in Abhängigkeit von der Zunahme des Estergehaltes des Schmieröls festgestellt. Auch *Pischinger, Falcon u. Siekmann* [7] stellten Schmierölverdünnungen beim Einsatz von Methylester von Sojaöl fest. Sie konnten im Versuch den Estergehalt des Schmieröls durch Einspritzdüsen mit anderem Düsenquerschnitt vermindern, halten diese Maßnahme jedoch noch für überprüfungsbedürftig.

Eine andere, umfangreiche Untersuchung über das Verhalten von Schmierölen beim Betrieb von Motoren mit Pflanzenölkraftstoffen [13] kommt auch zu keinem eindeutigen Ergebnis. Z.B. wurde in zwei Motoren mit direkter Einspritzung und ähnlicher Bauweise, jedoch von verschiedenen Herstellern unter gleichen Testbedingungen ein

stark unterschiedliches Verhalten in der Viskositätsveränderung des Schmieröls festgestellt. Im Gegensatz dazu ergab der Test von 6 verschiedenen Schmierölen unter gleichen Bedingungen in einem Motor tendenziell gleiches Verhalten bei graduellen Unterschieden.

Die ermittelten Estergehalte bei diesem Vergleich überschritten schon nach 60 bis 80 Betriebsstunden die in unserem Praxistest nach 200 Stunden erhaltenen Werte.

Auch aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchungen scheint eine Überprüfung mit Schleppern anderer Fabrikate und eine weitere Beobachtung erforderlich zu sein.

Um den Motorzustand in bezug auf Leistung, Verbrauch, Ablagerungen usw. vor der Änderung der Betriebsbedingungen, d.h. vor dem Austausch des Thermostaten, festzustellen, wurde der Schlepper auf dem Bremsstand geprüft und der Motor geöffnet. Bis zu diesem Zeitpunkt waren ausschließlich mit Methylester als Kraftstoff 888 Betriebsstunden erreicht. Es wurde im Vergleich mit dem Neuzustand die gleiche Kompression und – wie bereits beschrieben – das gleiche Drehmoment und der gleiche spezifische Kraftstoffverbrauch gemessen. Der optische Befund, **Bild 6**, war einwandfrei. Krusten waren nicht vorhanden und die Sauberkeit der Oberflächen besser, als sie gewöhnlich bei Dieselmotoren nach dieser Zeit vorzufinden ist. Die Kolbenringe waren völlig frei, Lager und Zylinder zeigten keinen außergewöhnlichen Verschleiß. Der Motor wurde ungereinigt wieder zusammengebaut und seitdem ohne irgendwelche negativen Anzeichen weitere 1100 Stunden betrieben.

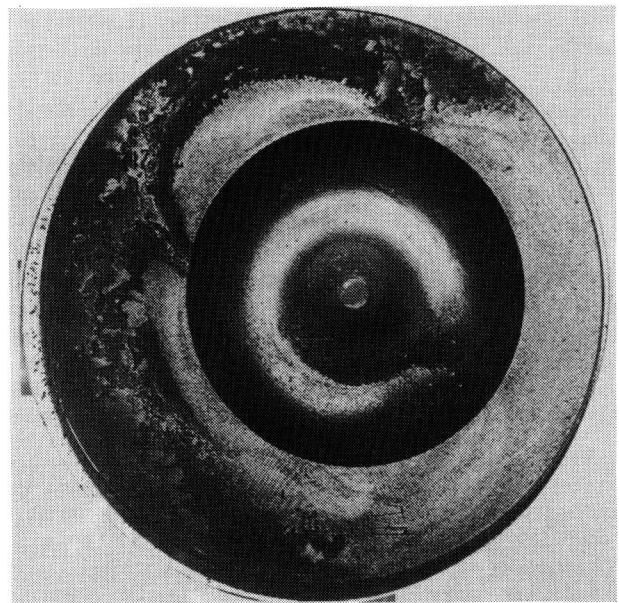


Bild 6. Kolbenoberfläche nach 888stündigem Betrieb des Schleppers mit Methylester von Rapsöl.

Insgesamt ist der Schlepper nunmehr etwa 2000 Stunden störungsfrei im Einsatz und war nur zu den üblichen Wartungsarbeiten bzw. Ölwechseln in der Werkstatt.

Es zeigte sich jedoch in dieser Zeit, daß nicht alle am Schlepper verwendeten Werkstoffe beständig gegen Methylester von Rapsöl sind. Dies betrifft insbesondere Schlauchwerkstoffe und Lacke. Betriebsstörungen wurden hierdurch nicht verursacht, jedoch mußten anlässlich von Wartungsarbeiten zwei Kraftstoffschläuche ausgewechselt werden, deren Struktur sich verändert hatte. Vergleichbares gilt für die Lacke, bei denen im allgemeinen keine Veränderungen festgestellt wurden, die jedoch an Stellen mit starker Methylester-Exposition, z.B. am Tankstutzen, nicht hinreichend beständig waren.

4. Zusammenfassung und Schlußfolgerung

Die beim Betrieb von Dieselmotoren – insbesondere von Motoren mit direkter Einspritzung – mit Rapsöl als Kraftstoff auftretenden Probleme durch Rückstände aus der Verbrennung und Schmierölveränderungen können durch Umesterung des Rapsöls zu Methyl- oder Ethylester vermieden werden.

Für den Umesterungsprozeß gibt es Anlagen mit unterschiedlich hohem apparativen Aufwand und unterschiedlicher Kapazität, von denen die großindustriellen Anlagen vor allem wegen der Reinheit des erzeugten Esters und der Nebenprodukte auch im Hinblick auf deren Verwendung vorzuziehen sind. Die Handhabung des Methyl-esters als Kraftstoff und der Einsatz eines Schleppers mit diesem Kraftstoff erwies sich über bisher 2000 Betriebsstunden in fast 3 Jahren als problemlos und ungefährlich.

Zur Anpassung des eingesetzten serienmäßigen Schleppers an die Eigenschaften des Methylesters sind wenige Maßnahmen erforderlich, wie die Erhöhung der Fördermenge der Einspritzpumpe und der Öffnungstemperatur des Kühlwasserthermostaten. Daneben ist auf Materialbeständigkeit bei Schläuchen und Lacken zu achten.

Unter diesen Bedingungen ist Methylester von Rapsöl – und das gleiche gilt nach Prüfstandversuchen auch für Ethylester – aus technischer Sicht als Kraftstoff für Dieselmotoren ohne Einschränkung geeignet.

Schrifttum

- [1] Batel, W., M. Graef, G.-J. Mejer, R. Möller u. F. Schoedder: Pflanzenöle für die Kraftstoff- und Energieversorgung. Grundl. Landtechnik Bd. 30 (1980) Nr. 2, S. 40/51.
- [2] Batel, W., M. Graef, G.-J. Mejer, F. Schoedder u. G. Vellguth: Äthanol aus nachwachsenden Rohstoffen als alternativer Kraftstoff für Fahrzeuge. Grundl. Landtechnik Bd. 31 (1981) Nr. 4, S. 125/37.
- [3] Batel, W., M. Graef, G.-J. Mejer, F. Schoedder u. G. Vellguth: Gasförmige Brenn- und Kraftstoffe aus nachwachsenden Rohstoffen – Herstellung und Verwendung. Grundl. Landtechnik Bd. 34 (1984) Nr. 5, S. 205/27.
- [4] Wörgetter, M.: Pflanzenöl als Traktortreibstoff? Die landt. Zeitschrift dlz Bd. 30 (1979) Nr. 9, S. 1252/54.
- [5] Vellguth, G.: Eignung von Pflanzenölen und Pflanzenölderivaten als Kraftstoff für Dieselmotoren. Grundl. Landtechnik Bd. 32 (1982) Nr. 5, S. 177/86.
- [6] Vellguth, G.: Performance of vegetable oils and their monoesters as fuels for diesel engines. SAE paper 831358, auch in Trans SAE Bd. 92 (1984) S. 1098/1107.
- [7] Pischinger, G.H., A.M. Falcon u. R.W. Siekmann: Soybean ester as alternative diesel fuel tested in DI-engine powered Volkswagen trucks. Vegetable Oil as Diesel Fuel, Seminar III, Peoria/Ill., Okt 1983, S. 145/52.
- [8] Hawkins, C.S., J. Fuls u. F.J.C. Hugo: Sunflower oil esters: an alternative fuel for direct injection diesel engines. SAE paper 831356.
- [9] Prospekt der Fa. Bio-Energy (Australia) Pty. Ltd., Taren Point, N.S.W. 2229.
- [10] Komp, H.-D. u. H.P. Kubersky: Technische Verfahren zur Herstellung von Fettalkoholen. In: Fettalkohole. Hrsg.: Fa. Henkel, Düsseldorf, 1982, S. 51/77.
- [11] Ermittelt durch Deutsche BP AG, Forschungsinstitut, Hamburg.
- [12] Reglitzky, A.A., H.J. Halter u. M. Knaak: Kraftstoffeinfluß auf die Motorölprüfung – mögliche Entwicklungstendenzen. Vortrag Technische Akademie Esslingen, 28.6.1983.
- [13] Blackburn, J.H., R. Pinchin, J.I.T. Nobre, B.A.L. Crichton u. H.W. Cruse: Performance of lubricating oils in vegetable oil ester-fuelled diesel engines. SAE paper 831355.

Bewertung von Luftführungssystemen in Fahrer кабинен durch Versuchspersonen

Von Jan Janssen, Braunschweig-Völkenrode*)

Mitteilung aus dem Institut für landtechnische Grundlagenforschung der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode

DK 631.372:628.8:628.863

Die thermische Belastung in Fahrer кабинен landwirtschaftlicher Fahrzeuge kann vielfach nur über eine intensive Zwangsbelüftung in erträglichen Grenzen gehalten werden. Die dafür notwendigen relativ großen Zuluftvolumenströme hinreichend niedriger Temperatur dürfen aber ihrerseits nicht zu unbehaglichen Klimazuständen führen. In diesem Zusammenhang hat daher die Luftbewegung in der Kabine und damit auch die Art der Zuluftzuführung große Bedeutung.

Eine Untersuchung verschiedener Zuluftzuführungen, bei der das Klima in der Kabine von Versuchspersonen durch subjektive Bewertung der Luftbewegung, des thermischen Empfindens und der Behaglichkeit beurteilt wurde, zeigt auf, unter welchen Bedingungen auch bei den notwendigen großen Zuluftvolumenströmen und stark verminderter Zulufttemperatur für die überwiegende Zahl von Personen subjektiv behagliche Klimazustände erreichbar sind.

*) Dipl.-Ing. J. Janssen ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für landtechnische Grundlagenforschung (Leiter: Prof. Dr.-Ing. W. Batel) der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, Braunschweig-Völkenrode.