

# Rapsöl als Alternativtreibstoff für Dieselmotoren

## Baldige Einführung von Rapsmethylester (RME) wäre technisch möglich

Ulrich WOLFENSBERGER, Edwin STADLER und Isidor SCHIESS

Eidg. Forschungsanstalt für Betriebswirtschaft und Landtechnik (FAT)  
CH-8356 Tänikon TG, Schweiz

Mit den nachwachsenden Rohstoffen verbinden sich Stichworte wie Ressourcenschonung, Nutzung freiwerdender landwirtschaftlicher Produktionsfläche, geschlossener CO<sub>2</sub>-Kreislauf, biologische Abbaubarkeit. Rapsöl als Dieseltreibstoff ist besonders aktuell, weil dieser Treibstoff unter all den Möglichkeiten am einfachsten herzustellen, am problemlosesten zu handhaben, mit den minimalsten Vorkehrungen einzusetzen ist, und somit am raschesten realisiert werden könnte.

### Der Treibstoff Biodiesel

Raffiniertes Rapsöl weist wegen seinen grossen Fettsäure-Triglyzerid-Molekülen eine zu hohe Viskosität auf, um ohne weiteres als Treibstoff in Dieselmotoren verwendet zu werden. Nur Kammermotoren mit grossen Zylindereinheiten oder der speziell konstruierte Elsbett-Motor mit duothermischem Brennverfahren sind für den Betrieb mit reinem Rapsöl geeignet.

Durch die Umesterung erhält jedoch der Rapsmethylester (RME) Eigenschaften, die dem Motor so angepasst sind, dass dieser Biodiesel rein oder in beliebiger Mischung mit Dieseltreibstoff in unveränderten Motoren verwendet werden kann.

Tabelle 1: Treibstoff-Kenndaten (nach Analysen der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA)

		Diesel	RME	Rapsöl
Dichte bei 15°C	kg/l	0.827	0.884	0.921
Viskosität bei 20°C	mm <sup>2</sup> /s	3.3	8.8	ca 100
Heizwert	MJ/kg	42.8	37.3	36.9
Cetanzahl		48.7	49.3	39.7

### Produktionsmenge

Zur Zeit beträgt die Rapsanbaufläche für Speiseöl in der Schweiz 17'000 ha. Bei Einhaltung der Fruchtfolgeregeln lässt sich diese Fläche höchstens verdoppeln. Es könnten also für eine schweizerische Biodieselproduktion die zusätzlichen 17'000 ha Raps zur Verfügung stehen. Geht man von einem Ertrag von 3000 kg pro ha aus, ergibt das eine Oelmenge von 1300 Liter, oder umgeestert 1375 Liter/ha Biodiesel. Gesamthaft könnten also gut 23 Mio Liter, entsprechend 20'000 t RME produziert werden, was ungefähr 1,8 % des Dieselölkonsums von 1990 entspricht. (Zum Vergleich: Die Landwirtschaft verbrauchte ungefähr 130 Mio l, die Verkehrsbetriebe der Stadt Zürich VBZ 4,3 Mio l).

## Resultate der Prüfstandsmessungen

Auf dem Prüfstand wurden die folgenden Motoren in unveränderter Einstellung je mit Dieseltreibstoff und mit RME getestet.

Traktor SAME Explorer 65 mit einem luftgekühlten 4-Zylinder-Saugmotor mit 3,6 Liter Hubvolumen, direkteingespritzt, Nennleistung 48 kW bei 2350 min<sup>-1</sup>.

Traktor STEYR 8055 mit einem wassergekühlten 3-Zylinder-Saugmotor mit 2,6 Liter Hubvolumen, direkteingespritzt, Nennleistung 35 kW bei 2400 min<sup>-1</sup>.

Traktor JOHN DEERE 2250 mit einem wassergekühlten 4-Zylinder-Saugmotor mit 3,9 Liter Hubvolumen, direkteingespritzt, Nennleistung 46 kW bei 2300 min<sup>-1</sup>.

Zweiachs-Niederflurbus MERCEDES-BENZ O 405 N mit einem liegenden wassergekühlten 6-Zylinder-Saugmotor mit 12 Liter Hubvolumen, direkteingespritzt, Nennleistung 177 kW bei 2200 min<sup>-1</sup> (OM 447 h-II).

Das Leistungsverhalten zeigte überall dasselbe Bild, nämlich innerhalb +/- 3 % gleiche Leistung mit beiden Treibstoffen. Die Verbrauchswerte boten auch keine Ueberraschung, entspricht doch der höhere Biodieserverbrauch von etwa 12 - 15 % seinem tieferen Energieinhalt (Heizwert). Eine ganz wesentliche Verbesserung dagegen konnte beim Schwarzrauch gemessen werden. Die Vollast-Rauchwerte sind im RME-Betrieb durchschnittlich nur etwa halb so gross wie im Dieselbetrieb. Bei den Partikeln dagegen war diese Verbesserung vorerst nicht festzustellen. Die Menge bei RME-Betrieb entsprach der bei Dieselbetrieb. Es konnte jedoch eindeutig gezeigt werden, dass die Partikelzusammensetzung beim Biodieselbetrieb gänzlich anders war, nämlich aus einem viel kleineren Anteil unlöslicher Partikel - also Russ -, dafür einem etwa fünffachen Anteil organisch löslicher Partikel bestand. Diese löslichen Kohlenwasserstoffe aber sind neben Kohlenmonoxid genau die Stoffe, die ein einfacher unregelmäßiger Oxidationskatalysator abbaut. Der Einsatz eines Oxidationskatalysators im Dieselmotor scheiterte bisher jedoch an der Tatsache, dass der im Treibstoff enthaltene Schwefel (zurzeit noch bis 0,2%) auch aufoxidiert wird und mit Wasserdampf unerwünschte Schwefelsäure bildet. Nicht so beim Biodiesel, denn dieser enthält keinen Schwefel! Damit ist der Biodiesel ein eigentlicher "Katalysatortreibstoff": Die CO- und HC-Emissionen werden durch den Katalysator dermassen reduziert, dass sie nur gerade noch 10% des zulässigen Grenzwertes erreichen. Dies wäre auch beim Dieselbetrieb der Fall, kann aber nicht ausgenützt werden, weil gleichzeitig der Partikelaustritt auf mehr als das Dreifache ansteigt. Im Biodieselbetrieb wird durch den Katalysator auch die Partikelemission halbiert. Bezüglich der NOx-Werte bleibt der Oxidationskatalysator unwirksam, dies ist um so bedauerlicher, als es davon mit Biodiesel je nach Motor zwischen 5 und 25 % mehr gibt.

## Ergebnisse der Praxisversuche

Die Traktoren JOHN DEERE und STEYR waren auf einem Landwirtschaftsbetrieb während fast drei Jahre in praktischem Einsatz. Bis März 1992 wurden sie während 2200 Stunden betrieben und verbrauchten dabei 7500 Liter Biodiesel. Es gab keine grösseren Probleme, die tägliche Arbeit wurde nie beeinträchtigt, ausser dass an den paar kältesten Wintermorgen das Starten des Motors etwas Mühe bereitete.

Bei den Verkehrsbetrieben der Stadt Zürich (VBZ) liefen vom August 1991 während eines Jahres fünf Mercedes-Busse mit Biodiesel im normalen täglichen Linieneinsatz und legten gesamthaft etwa 250'000 km mit 115'000 Liter Biodiesel zurück. Schwierigkeiten traten in unterschiedlichem Mass auf. So erreichte die befürchtete Schmierölverdünnung durch RME wie auch bei den Traktoren nie mehr als harmlose 5 %. Auch die erwarteten Lackschäden an den Bussen blieben grösstenteils aus, traten aber an und in der Betankungsanlage auf, wodurch gelöste Lackreste bis in den Motortreibstoffilter gelangten. Zweikom-

ponenten-PUR-Lack für die Aussenlackierung und Epoxylack für die Tankinnenbeschichtung erwiesen sich als biodiesel-fest.

Nachdem erst nach längerer Zeit an einem Traktor ein Treibstoffschlauch gewechselt werden musste, manifestierte sich die Unverträglichkeit von Polymerwerkstoffen bei den Bussen sehr schnell. Alle Treibstoffschläuche, bedingt wohl durch die hohe Temperatur in der Kapselung des Unterflurmotors, mussten bereits nach fünf Wochen ersetzt werden. Diese Schwierigkeit konnte mit Fluorkautschukschläuchen gelöst werden.

Sehr bald nach Versuchsbeginn mit den Bussen in Zürich häuften sich die Klagen über den Geruch der Abgase, hauptsächlich seitens des Fahr- und Werkstattpersonals. Die Lage verschärfte sich rasch, Busse mussten auf Verlangen während des Einsatzes ausgetauscht werden, z.T. beklagten sich einzelne Fahrer über Kopfschmerzen und Uebelkeit, hervorgerufen durch den Abgas-Geruch. Abhilfe war dringend gefordert und konnte gefunden werden: mit dem Oxidationskatalysator. Als Hauptverursacher des unangenehmen Oel-frite-Geruchs wird eine bestimmte Komponente von unverbrannten Kohlenwasserstoffen - das Acrolein - vermutet, die durch den Katalysator abgebaut wird. Das Ergebnis des Katalysatoreinbaus war eindeutig, auch dieses Problem konnte gelöst werden. Der Katalysator ist also für den Biodieselbetrieb von Fahrzeugen in grösseren Agglomerationen nicht nur erwünscht, sondern Bedingung.

## Kosten

Auf der Grundlage des heutigen subventionierten Rapspreises errechnete RME-Kosten können keinesfalls mit dem Diesel-Handelspreis konkurrieren. Für einen Vergleich muss der Welthandelspreis für Raps von ca. 27 Rp/kg zugrunde gelegt werden. Damit werden sich die Kosten einer industriellen Produktion nach Abzug der Nebenprodukterlöse auf etwa 90 bis 95 Rp/l RME belaufen. Wenn für biogene Treibstoffe in Anlehnung an die entsprechende EG-Regelung nur höchstens 10% der üblichen Treibstoffsteuer erhoben werden, ist Biodiesel durchaus konkurrenzfähig, insbesondere wenn in der Schweiz der für 1993 vorgeschlagene zusätzliche Grundzollzuschlag auf fossile Treibstoffe von 20 Rp/l eingeführt wird.

Auf der Erzeugerseite hätte der Bauer mit dem Weltmarktpreis von 27 Rp/kg Rapssaat nur gerade einen Erlös von knapp 800 Fr/ha Raps. Erhielte der Landwirt vom Bund die gleiche Flächenprämie für nachwachsende Rohstoffe wie für Grünbrache, käme er auf einen Ertrag von rund 4600 Fr/ha. Die Agrarkasse des Bundes würde so nicht mehr belastet als bei einer Flächenstilllegung über Grünbrache.

Eine solche industrielle Lösung bedingte aber die kurzfristige Ausnützung des gesamten zusätzlichen Rapspotential der Schweiz von 17'000 ha. Dies wird aber hauptsächlich aus politischen Gründen schwer realisierbar sein. Eine Möglichkeit, in der Schweiz dennoch Biodiesel zu erzeugen, besteht in sogenannten "Kleinanlagen", wie bereits drei in Oesterreich betrieben werden. Auf genossenschaftlicher Basis verarbeiten einige hundert Bauern ihren Raps in einer Anlage von 500 bis 1000 t/Jahr und verwerten die Produkte - Biodiesel und Rapskuchen - auf dem eigenen Landwirtschaftsbetrieb. Die damit wegfallenden Handelsmargen, Transport- und Lagerkosten könnten in etwa die höheren Betriebskosten einer Kleinanlage gegenüber einer Grossanlage decken. Voraussetzung für eine bäuerliche Rechnung dieses Modells ist ebenfalls die Flächenprämie in gleicher Höhe wie die Grünbrachepremie.

Der Erfolg einer Biodieselproduktion in der Schweiz hängt also in beiden Fällen - ob Klein- oder Grossanlage - von der Gewährung einer Flächenprämie für nachwachsende Rohstoffe in der Höhe der Grünbrachenprämie und von der Handhabung des Treibstoffzolls (resp. der Treibstoffsteuer) für biogene Treibstoffe ab.