

Rapsöl als Kraftstoff?!

Einsatz von naturbelassenem Rapsöl
als Kraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft



Rapsöl als Kraftstoff ?!

Einsatz von naturbelassenem Rapsöl als Kraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft

Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V.

Stand des „100-Traktoren-Programms“ des BMVEL

Technische Ziele, Rahmenbedingungen und wissenschaftliche Begleitforschung

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Hassel

Dipl.-Chem. S. Berndt, Dipl.-Ing. E. Flüge, Dipl.-Ing. W. Harkner

Dr. rer. nat. U. Schümann, Dipl.-Ing. V. Wichmann

Universität Rostock, Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik

Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren

Herausgeber:

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

Redaktionelle Bearbeitung: Dieter Bockey
Reinhardtstraße 18 • 10117 Berlin
info@ufop.de • www.ufop.de



Rapsöl als Kraftstoff ?!

Die Entwicklung alternativer Kraftstoffkonzepte wurde in den vergangenen Jahren vorrangig durch den Aufbau der Produktionskapazitäten und Vermarktungsstrukturen für Biodiesel bestimmt. Unabhängig hiervon hat aber auch das Interesse zugenommen, naturbelassenes Rapsöl entweder in purer Form oder als Zumischung zu Dieselmotorkraftstoff in Maschinen der Land- und Forstwirtschaft einzusetzen. Die erhebliche Zunahme von dezentralen Anlagen zur Ölsaatenverarbeitung bestätigt diese Entwicklung: 1998, waren es 79 und Ende 2003 bereits mehr als 200 Anlagen. Rapsöl ist aus industriellen Ölmühlen bundesweit in Form von loser Ware verfügbar.

Rahmenbedingungen für den Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff

Die Vermarktung und Verwendung von Rapsöl in der Land- und Forstwirtschaft als Reinkraftstoff hat praktisch nur in Deutschland und Österreich aufgrund der gegebenen mineralölsteuerrechtlichen Rahmenbedingungen eine wirtschaftliche Perspektive. In den übrigen Mitgliedstaaten sind auf Grund der vergleichsweise günstigen steuerrechtlichen Rahmenbedingungen zur Zeit keine analogen Initiativen erkennbar oder absehbar, die motortechnischen Voraussetzungen für Rapsölkraftstoff zu schaffen. Im Gegenteil mit in Kraft treten der EU-Energiesteuerrichtlinie im Oktober 2003 wurden die nationalen Ausnahmeregelungen für die Steuerbegünstigung der Dieselerwendung in der Landwirtschaft festgeschrieben; zudem machen nur Deutschland und Österreich von der Möglichkeit Gebrauch im Hinblick auf die Erfüllung der in der EU-Richtlinie zur Förderung von Biokraftstoffen vorgegebenen Mengenziele, Biokraftstoffe vollständig und ohne Mengenbegrenzung von der Mineralölsteuer zu befreien.

In Mitgliedstaaten wie Frankreich, dem Vereinigten Königreich, Spanien, und Italien eröffnet die Land- und Forstwirtschaft selbst folglich keine Absatzperspektive für Rapsöl oder auch Biodiesel als Kraftstoff. Eine Tatsache, die ebenfalls von Seiten der Schlepperhersteller als Argument angeführt wird, wenn es darum geht für einen am internationalen Maßstab gemessenen vergleichsweise kleinen Markt die motortechnischen Voraussetzungen für den Betrieb mit Rapsöl als Kraftstoff zu schaffen.



Rapsöl als Kraftstoff – der Entwicklungsstand

Im Vergleich zum Biodiesel steht die Entwicklung von Rapsöl als Kraftstoff praktisch in den Anfängen. Auf der Basis des so genannten „Qualitätsstandards für Rapsöl als Kraftstoff“ wurden Aktivitäten zur Schaffung eines Qualitätssicherungssystems für Rapsöl fortgesetzt. Im Rahmen eines von der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. geförderten Projektvorhabens ist das Technologie- und Förderzentrum für Nachwachsende Rohstoffe im Kompetenzzentrum in Straubing, Bayern, beauftragt ein Qualitätssicherungssystem und hiermit einhergehend die Untersuchungsmethoden für die Analyse der jeweiligen Kraftstoffparameter zu entwickeln. Die Ergebnisse werden u. a. diskutiert in der KTBL-Arbeitsgruppe zur Schaffung eines Qualitätsmanagementsystems für Rapsöl, an dessen Entwicklung DBV/UFOP durch die Mitwirkung in der Arbeitsgruppe beteiligt ist.

Der erhebliche Handlungs- und Nachholbedarf ist insbesondere ablesbar an den im Frühjahr 2003 vorgestellten Zwischenergebnissen des so genannten „100-Schlepper-Programms“.

Mehr als 100 Schlepper wurden in Deutschland auf den Betrieb mit Rapsöl durch die sieben beteiligten Unternehmen umgestellt. Es zeigte sich, dass sich die Umrüstmaßnahmen deutlich voneinander unterscheiden und nicht alle Umrüstkonzepte die technischen Erwartungen

erfüllten. In Abhängigkeit von dem Lastprofil wurden bei Schleppern, die hauptsächlich im Schwachlastbereich eingesetzt wurden, auch erhebliche Motorölverdünnungen mit dem Ergebnis vorgezogener Motorölwechselintervalle festgestellt.

Trotz der manchmal festzustellenden übertriebenen Euphorie zur Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff, müssen im Sinne einer sicheren Anwendung die technischen Voraussetzungen für einen dauerhaften Betrieb unter Einhaltung der abgasrechtlichen Anforderungen erfüllt werden. Vor diesem Hintergrund wurde von Seiten der Schlepperindustrie hinterfragt, ob die festgestellten Ergebnisse übertragbar sind, weil die neuesten Motorengenerationen bisher nicht Gegenstand des Prüfprogramms sind, denn es müssen auch mit Rapsöl die in Zukunft schärferen emissionsrechtlichen Anforderungen entsprechend der Abgasstufe 2 für nicht Straßen gebundene Fahrzeuge erfüllt werden. Die Verwendung von Rapsöl als Kraftstoff macht daher analog zur Verwendung von Diesel eine Typenzulassung erforderlich. Zwingend notwendig ist daher die rasche Weiterentwicklung des RK-Standards zu einer DIN-Norm. Mit der Normenentwicklung ist im September 2003 durch die Einrichtung eines Unterausschusses beim Fachausschuss für Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) im DIN begonnen worden. Allerdings ist Voraussetzung, dass die Wirtschaftskreise, analog zu der Normenentwicklung bei Biodiesel, vollständig vertreten sind, d.h. vertreten sein müssen die Rapsölhersteller, Umrüstunternehmen sowie die Schlepperindustrie. Die Normenentwicklung spiegelt nicht nur die motortechnischen Anforderungen wider, sondern ist im Ergebnis ebenfalls Grundlage gewährleistungsrechtlicher Auseinandersetzungen, sollten qualitätsbedingte Mängel des Kraftstoffes zu Motorschäden führen. Angesichts der Erfahrungen bei der Biodieselnormung – die europäische Norm DIN EN 14214 ist im November 2003 in Kraft getreten, d.h. auf nationaler Ebene durch den DIN veröffentlicht worden – ist ein über mehrere Jahre dauernder Abstimmungsprozess zu erwarten, der ein erhebliches Engagement von den beteiligten Wirtschaftskreisen abverlangt.

Handlungsbedarf

Vor diesem Hintergrund sind die im Rahmen des 100-Schlepper-Programms festgestellten erheblichen Qualitätsmängel im Rahmen der verschiedenen Kraftstoffuntersuchungen kritisch zu bewerten. An Rapsöl als Kraftstoff werden an die Einhaltung der Mindestanforderungen bzgl. der Qualität die gleichen strengen Anforderungen gestellt, wie auch an Biodiesel oder Dieselmotorkraftstoff. Angesichts der in Deutschland mit über 200 dezentralen Abpressanlagen und der hiermit verbundenen sehr heterogenen Produktionsstruktur, sollte daher grundsätzlich geprüft werden, ob durch den Zusammenschluss interessierter Abpressanlagenbetreiber in einer Region mit dem Ziel, eine zentrale Anlage für die Aufarbeitung des Rapsöls zu einem standardisierten Kraftstoff zu errichten, das Gewährleistungs- und Investitionsrisiko gemindert werden kann.

Dieses Konzept hätte verschiedene Vorteile: Zum einen ist es hierdurch möglich das erforderliche Know-How zu bündeln, ein professionelles Marketing und Verkaufsmanagement, einschließlich einer fundierten technischen Beratung (Kraftstofflagerung, motortechnische Anforderungen bei Umstellung, Umrüstkonzepte/-angebote usw.), zu entwickeln und damit die Frage eines Anlastungsrisikos im Falle eines Qualitätsmangels für den „Rapsölzulieferer“ erheblich zu minimieren, weil die Produkthaftung durch den Weiterverarbeitungsbetrieb zu regeln wäre. Über die Schaffung einer „Dachmarke“ könnte zudem die Wettbewerbskraft gebündelt und sich die Qualitätskontrolle bzw. die Einrichtung eines Qualitätssicherungssystems mit entsprechender Laboreinrichtung auf einen Standort konzentrieren. Insbesondere der labortechnische Aufwand (personell und finanziell) wird oftmals erheblich unterschätzt.



Der Abstimmungsprozess über die zukünftige Ausrichtung der Vermarktungswege und der Schaffung der erforderlichen Aufbereitung und Qualitätssicherung der Pressöle sollte daher in die Konzeptentwicklung im Falle der Fortführung des 100-Schlepper-Programms integriert werden.

Aus der Sicht der UFOP und des Deutschen Bauernverbandes macht die Entwicklung entsprechender Umrüstkonzepte nur dann Sinn, wenn im Ergebnis für die Land- und Forstwirtschaft bezahlbare Konzepte angeboten werden können. Die Nachrüstung ist zu teuer. Vielmehr muss die Schlepperindustrie bereit sein, pflanzenöltaugliche Modelle anzubieten, wobei sichergestellt sein muss, dass im Falle eines Motorschadens die Produkthaftung im Sinne des Kunden rasch geregelt wird.

Auf der Basis der im Rahmen der Zwischenbilanz des 100-Schlepper-Programms vorgestellten Ergebnisse besteht aus der Sicht von UFOP und DBV folgender Handlungsbedarf:

1. Die Entwicklung eines stufenübergreifenden Qualitätssicherungssystems muss erheblich beschleunigt werden. Gleichzeitig sollten bereits Qualitätskontrollen bei interessierten Betreibern von dezentralen Abpressanlagen mit dem Ziel durchgeführt werden, die betriebs-eigene Qualitätsproduktion und -sicherung zu verbessern.
2. Im Rahmen der Entwicklung der Prüfmethode entsprechend der Normenparameter des RK-Standes bzw. der Normenentwicklung, müssen die Rapsölhersteller in entsprechende Ringversuche bzw. die von diesen Herstellern beauftragten Labors einbezogen werden.
3. Die Normung ist mit der Einbeziehung der erforderlichen Fach- und Verkehrskreise zu beschleunigen, wobei auf Basis entsprechender Motorprüfstandsuntersuchungen die Kraftstoffqualität definiert werden muss als Voraussetzung für die Weiterentwicklung bzw. Anpassung der verfahrenstechnischen Anforderungen beim Rapsölhersteller sowie für die Entwicklung eines Referenzkraftstoffes für die Typenzulassung.

Aufgrund der steigenden emissionsrechtlichen Anforderungen müssen entsprechende aktuelle Motorengenerationen Gegenstand der Prüfung sein. Eine Verschärfung bestimmter Prüfparameter über die Anforderungen des RK-Standards hinaus ist nicht auszuschließen, so z. B. die Absenkung des maximalen Phosphatgehalts oder die Prüfung zusätzlicher Kenngrößen wie z. B. des Calciumgehaltes.

Rapsöl oder Biodiesel?

Grundsätzlich bewerten UFOP und DBV die Verwendung der Pflanzenöltechnologie als eine mögliche Option, die in enger Kooperation mit den Fach- und Verkehrskreisen im Wege des jetzt begonnen Normungsprozesses weiterentwickelt werden sollte. Von dem Normungsausschuss, dem DBV/UFOP ebenfalls angehören, werden im Hinblick auf die Festlegung des zukünftigen Forschungs- und Entwicklungsbedarf richtungsweisende Initiativen ausgehen müssen. Eine enge „Verzahnung“ zwischen dem noch laufenden „100-Schlepperprogramm“, gefördert durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, und dem Unterausschuss 632.2 beim Fachausschuss für Mineralöl- und Brennstoffnormung (FAM) des DIN, ist zwingend notwendig. Nur dann ist eine kohärente Abstimmung zwischen allen betroffenen Wirtschaftskreisen auch im Hinblick auf die notwendige Schwerpunktsetzung für die weitere finanzielle Förderung durch BMVEL bzw. FNR gegeben.

Angesichts des technischen Entwicklungsstandes ist der Einsatz von Rapsöl als Kraftstoff jedoch zur Zeit keine Alternative – die Kraftstoff- und Motoren- bzw. Umrüstkonzeptentwicklung ist noch nicht auf dem Stand einer kontinuierlichen Qualitätsproduktion bzw. der Serienreife. Hier müssen zunächst die Ergebnisse des „100-Schlepperprogramms“ abgewartet und diese sachgerecht ausgewertet werden. Falsch verstandene Euphorie ist hier fehl am Platze.

Die Wertschöpfung entsteht in der Landwirtschaft

Grundsätzlich ist vor dem Hintergrund der Entwicklung bei Biodiesel festzustellen, dass die Produktion von Rapsöl für die Herstellung von Biodiesel im Hinblick auf den Endabsatz bekanntlich auf einen Markt außerhalb der Landwirtschaft ausgerichtet ist. Mit erheblichem Auf-

wand wurde in den vergangenen Jahren ein Kundenpotential im Bereich öffentlicher Tankstellen und Großverbraucher im Transportgewerbe aufgebaut.

den sich im Vergleich zum Getreide positiv entwickelnden Erzeugerpreisen für Ölsaaten ablesbar. Dies ist vorrangig der Faktor, der die Wettbewerbsfähigkeit der Rapsanbaus in der Fruchtfolge bestimmt. Hinter dieser Entwicklung stehen über mehr als ein Jahrzehnt hinweg intensive Aktivitäten der Absatzförderung und Öffentlichkeitsarbeit, die nicht zu letzt das Ergebnis einer erfolgreichen Initiative des Berufsstandes ist. Die ausschließliche „Umlenkung“ der Biodiesel- oder auch Rapsöl-produktion in die landwirtschaftliche Verwertung würde, so die Befürchtung von UFOP und DBV, den Absatzmarkt in den bisherigen Marktbereichen gefährden. Die Änderung des Mineralölsteuergesetzes eröffnet jetzt auch die Chance, dass Biodiesel gemäß der geänderten Dieselmotorennorm, DIN EN 590, bis zu fünf Prozent herkömmlichem Diesel zugemischt werden kann. Die Mineralölindustrie hat bereits ihr Interesse bekundet und wird hier auch von der Fahrzeugindustrie unterstützt. Andererseits steht die Biodieselindustrie zur Zeit unter einem erheblichen Preisdruck, der möglicherweise durch den sich jetzt abzeichnenden Nachfragezuwachs gemildert werden könnte. Fest steht, ob als Rapsöl oder Biodiesel, der Rohstoff selbst steht für die jeweilige Kraftstoffnutzung nur „einmal“ zur Verfügung. Die Nachfrageseite wird sich auch auf jeden Fall auf steigende Preise bei Pflanzenölkraftstoffen einstellen müssen.



Abb. Biodieseltankstellen in Deutschland

Die Landwirtschaft und der Agrarhandel haben im erheblichen Umfang selbst Risikokapital in die Errichtung von Biodieselproduktionsanlagen und in die Vermarktung mit dem Ziel investiert, eine möglichst hohe Wertschöpfung zu erzielen. Der Erfolg ist heute an

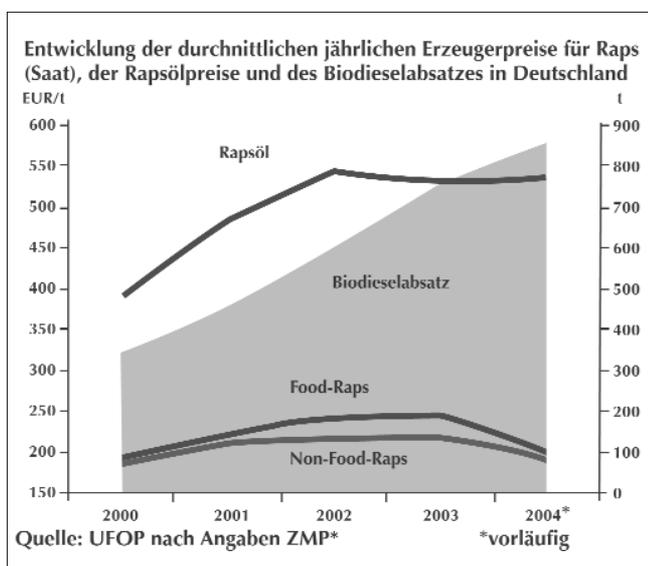


Abb. Entwicklung durchschnittlicher Erzeugerpreise

Stand des „100-Traktoren-Programms“ des BMVEL

Technische Ziele, Rahmenbedingungen und wissenschaftliche Begleitforschung

Prof. Dr.-Ing. habil. E. Hassel

Dipl.-Chem. S. Berndt, Dipl.-Ing. E. Flügge, Dipl.-Ing. W. Harkner,

Dr. rer. nat. U. Schümann, Dipl.-Ing. V. Wichmann

Universität Rostock, Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik
Lehrstuhl für Kolbenmaschinen und Verbrennungsmotoren

1. Vorwort

Erneuerbare Energien sind im Gegensatz zu fossilen Brennstoffen unerschöpflich und werden als eine Maßnahme zur Realisierung der politischen Ziele, Klimaschutz durch Reduzierung der CO₂-Belastung und Ressourcenschonung durch Substitution fossiler Kraftstoffe angesehen. In der Landwirtschaft wird mit dem Anbau von Pflanzen als nachwachsende Energieträger ein neues Absatzgebiet erschlossen.

Pflanzenöle sind nachwachsende flüssige Kraftstoffe. Öle auf Rapsbasis in Deutschland und auf Sonnenblumenbasis in Südeuropa sind in ihrem äußeren Gebrauch den fossilen Kraftstoffen ähnlich, dass heißt sie besitzen eine hohe Energiedichte, sie sind pumpbar und lagerfähig. Hervorzuheben ist die sehr gute Umweltverträglichkeit von Pflanzenölen, wodurch diese Kraftstoffe für den Einsatz in umweltsensiblen Bereichen, wie z. B. in der Land- und Forstwirtschaft prädestiniert sind.

Viele landwirtschaftliche Betriebe sind seit einigen Jahren auf der Suche nach einer wirtschaftlichen Alternative zum Dieseldieselkraftstoff, da der Zuschuss zum Agrardiesel nicht über Jahre gesichert ist und so eine erhebliche Mehrbelastung der Betriebe droht. Biodiesel stellt keine deutlich wirtschaftlichere Alternative zum Dieseldieselkraftstoff für die Landwirtschaft dar, da dessen Preis an den Preis für Dieseldieselkraftstoff angelehnt und in den letzten Jahren ständig gestiegen ist.

Damit erscheint auf den ersten Blick Rapsöl – roh als Kraftstoff für die Landwirtschaft lukrativ. Die Wirtschaftlichkeit wächst mit der Möglichkeit, das Öl aus eigenen Saaten durch Pressen in regionalen Ölmühlen zu gewinnen.

Zur Klärung der Möglichkeit der Markteinführung des Rapsöls als Kraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft finanziert das BMVEL das

Demonstrationsvorhaben „Praxiseinsatz von serienmäßigen neuen rapsöltauglichen Traktoren“. In diesem Vorhaben sollen die ganzjährige Praxistauglichkeit, die Umweltverträglichkeit und die Dauerfestigkeit der Motoren für Rapsöl unter Beweis gestellt werden. Es wurden prinzipiell keine Technologieforschungen und Motorenentwicklungen vorgesehen. Das Demonstrationsvorhaben wird wissenschaftlich begleitet, um die Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem Feldtest der Rapsöltraktoren zu erfassen, auszuwerten, zu systematisieren, zu beurteilen und einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen.

2. Rahmenbedingungen des Demonstrationsvorhabens

Die Startphase des Demonstrationsvorhabens (April 2001 bis September 2002) fiel in einen Zeitraum, in dem nahezu alle Traktorenhersteller eine neue Motorengeneration in ihre Produktion aufnahmen. Die Ursache bildete der Vollzug der Richtlinie der Europäischen Gemeinschaft 2000/25/EG vom 22.05.2000. Sie bestimmte, dass neue Traktoren ab dem Baujahr 2001 in Abhängigkeit von der Leistungsklasse verschärfte Abgasnormen zu erfüllen haben.

Ein wesentliches Grundprinzip des benannten Demonstrationsvorhabens war, dass nur neuwertige Traktoren aufgenommen wurden, die zum Zeitpunkt des Eintritts in das Programm nicht mehr als 300 Betriebsstunden absolviert hatten. So wurde erreicht, dass nahezu alle teilnehmenden Traktoren der neuen Generation (Baujahr 2001) angehören.

Andererseits führte dies dazu, dass keine der teilnehmenden umrüstenden Einrichtungen ausreichende Kenntnisse über die Funktionsfähigkeit der angepassten Traktoren sowie über die zu erwartende Lebensdauer hatte und auch nicht haben konnte. Technisch üblich ist der Lebensdauernachweis über entsprechende Dauerlaufversuche auf Prüfständen und im Fahrzeug unter unterschiedlichen äußeren Bedingungen. Verschärfend kommt hinzu, dass die Erkenntnisse, die Anfang der 90er Jahre an Rapsöltraktoren (teilweise noch mit Wirbelkammermotoren) gewonnen wurden, nicht direkt auf moderne Motoren übertragbar sind.

In das Demonstrationsvorhaben wurden 115 Traktoren offiziell aufgenommen, davon sind vier Traktorenbetreiber aus persönlichen Gründen wieder ausgeschieden.

Bild 2.1 gibt die jeweilige Anzahl an Traktoren der verschiedenen Hersteller wieder.

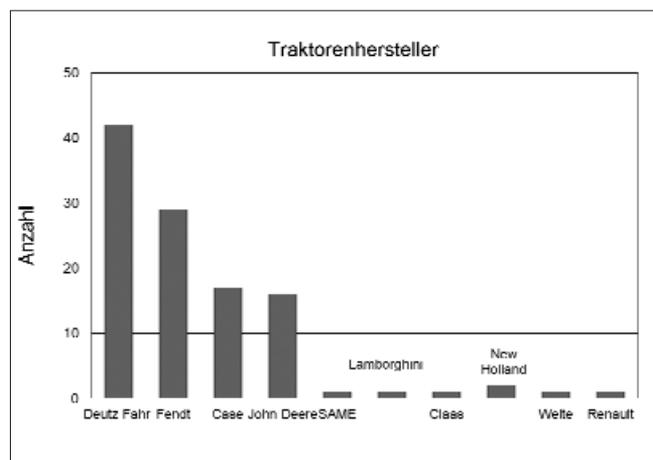


Bild 2.1 Anzahl der umgerüsteten Traktoren aufgeschlüsselt nach Herstellern

Das Säulendiagramm zeigt, dass Hersteller, wie DEUTZ-FAHR und FENDT am stärksten vertreten sind. Diese beiden Hersteller sowie auch die Firma WELTE setzen Motoren der DEUTZ AG ein, die über sogenannte Pumpe-Leitung-Düse-Einspritzsysteme verfügen. Das drittstärkste Segment bilden Traktoren der Firmen CASE und JOHN DEERE. Die Motoren dieser Anbieter sowie auch die der meisten anderen sind mit Verteiler- bzw. Reiheneinspritzpumpen ausgestattet. Ausnahmen bilden CLAAS-CATERPILLAR (Common-Rail), SAME und Lamborghini (Pumpe-Leitung-Düse-Einspritzsystem).

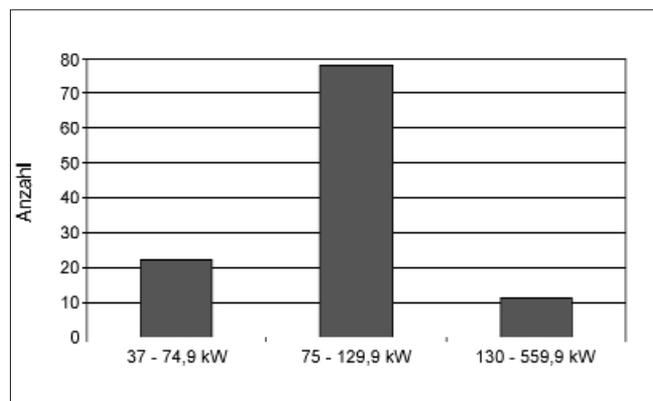


Bild 2.2 Leistungsverteilung der am Programm teilnehmenden Traktoren

In **Bild 2.2** wird die Leistungsverteilung aller 111 Traktoren veranschaulicht. Den Schwerpunkt bilden 78 Traktoren im Leistungsbe- reich zwischen 75 und 129,9 kW. Somit werden innerhalb des Demon- strationsvorhabens vorrangig die Einsatzspektren und Besonderhei- ten „mittelgroßer“ Landwirtschaften und Maschinenringe repräsen- tiert, wie sie in erster Linie auf dem Gebiet der alten Bundesländer zu finden sind.

Ingesamt beteiligen sich sieben umrüstende Einrichtungen am Pro- gramm von denen allerdings nur die Firmen VWP GbR mbH, Haus- mann und TC Bastorf überregional tätig wurden. Der Umrüster TC Bastorf wurde im Jahr 2003 von der FNR wegen unzureichender Umrüstkonzepte aus dem Demonstrationsvorhaben ausgeschlossen.

Die Umrüster haben jeweils die folgende Anzahl an Traktoren umge- rüstet:

- VWP GbR mbH: 56 Traktoren (Schwerpunkt DEUTZ-FAHR)
- Firma Hausmann: 32 Traktoren (Schwerpunkt FENDT)
- Stangl Landtechnik/NETec: 2 JOHN-DEERE-Traktoren
- TC Bastorf: 5 Traktoren verschiedener Typen
- LBAG Lüchow: 5 Traktoren (Schwerpunkt FENDT)
- Gruber KG: 10 CASE-Traktoren
- Igl-Landtechnik: 1 CASE-Traktor

Diese Aufstellung verdeutlicht, dass sich die einzelnen Umrüster auf bestimmte Traktorentypen spezialisiert haben. So sind einerseits typenspezifische Besonderheiten zumeist ungleichmäßig verteilt und andererseits kommen die verschiedenen Umrüstkonzepte an ver- schiedenen Traktorentypen zum Einsatz. Dieser Sachverhalt erschwert den direkten Vergleich der Güte der Anpassungsmaßnahmen.

3. Umrüstkonzepte

Bei den Umrüstkonzepten handelt es sich um fünf „1-Tank-Konzepte“ (nur Rapsölbetrieb) und zwei „2-Tank-Konzepte“ (Einsatz von DK in der Kaltstartphase und beim Abstellen des Fahrzeuges). Die einge- setzten Umrüstkonzepte der beteiligten Umrüster unterscheiden sich deutlich in der Tiefe der Umrüstmaßnahmen. Gemeinsamkeiten aller Umrüstkonzepte sind die Vorwärmung des Rapsöles und die Vergrö-

ßerung der Leitungsquerschnitte. Die Umrüstungen wurden durch klassische Applikationen (z.B. Einspritzmenge, Düsengeometrie) an den direkteinspritzenden Motoren durchgeführt. Veränderte Wirkprinzipien (z.B. Wechsel des Brennverfahrens) bei der Einspritzung, Gemischbildung und Verbrennung kommen nicht zum Einsatz. Jedes Umrüstkonzept ist spätestens seit August 2001 mit mindestens einem Traktor im Demonstrationsvorhaben vertreten.

4. Veränderungen des Leistungs- und Emissionsverhaltens

Um Veränderungen im Leistungs- und Emissionsverhalten der Traktoren im Rapsölbetrieb innerhalb des Vorhabens zu dokumentieren, werden alle teilnehmenden Fahrzeuge jährlich wiederkehrenden Prüfstandtests unterzogen. Als Referenz dient grundsätzlich das Leistungs- und Emissionsniveau der einzelnen Traktorenmotoren im Dieselmotorkraftstoffbetrieb unmittelbar vor der Umrüstung. Diese Untersuchungen werden direkt bei den Betreibern der Traktoren vor Ort durchgeführt. Die Messergebnisse dieser Untersuchungen unterliegen somit vielfältigen äußeren Faktoren und erzielen nicht die Genauigkeit vergleichbarer Messungen in speziellen Prüflabors.

Leistungsvermögen im Rapsölbetrieb

Bild 4.1 zeigt das Leistungsvermögen ausgewählter Traktoren des Demonstrationsvorhabens im Rapsölbetrieb bezogen auf den Dieselmotorkraftstoffbetrieb vor der Umrüstung.

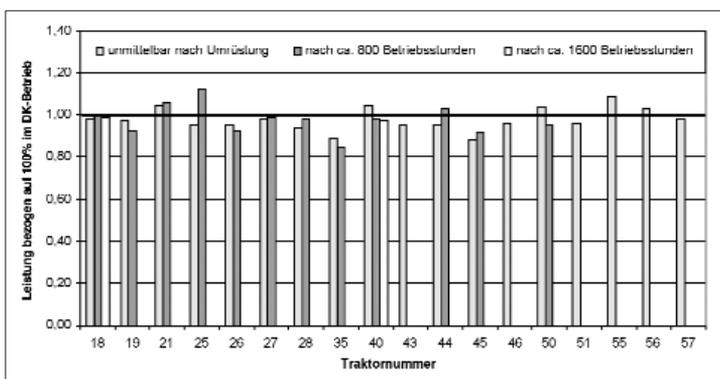


Bild 4.1 Traktorenleistung im Rapsölbetrieb bezogen auf den DK-Betrieb vor der Umrüstung

Bei einigen Traktoren kam es unmittelbar nach der Umrüstung zu einem geringfügigen Leistungsverlust. Andere wiesen im Rapsölbetrieb am Anfang etwas mehr Leistung auf. Nur bei sehr wenigen ist eine Verringerung des Leistungsvermögens um 10 Prozent und mehr festgestellt worden. Die Wiederholung der Leistungsmessung nach einjähriger Laufzeit bzw. 800 Betriebsstunden zeigt zumeist keine nachteiligen Veränderungen bezüglich des Leistungsvermögens.

Mitunter erfolgten durch die umrüstenden Einrichtungen in der Zwischenzeit gezielte Eingriffe in das Motormanagement, die zu einer Erhöhung der Motorleistung im Rapsölbetrieb führten. Es ist allerdings auch festzustellen, dass trotz fortgesetzter Bemühungen der Umrüster das Leistungsvermögen weniger Traktoren nach wie vor um mehr als 10 Prozent das Dieselniveau unterschreitet.

Bezüglich des Leistungsverhaltens der umgerüsteten Traktoren des Demonstrationsvorhabens lässt sich bislang feststellen, dass der Rapsölbetrieb zu keinen nennenswerten Veränderungen des Leistungsvermögens der rapsölbetriebenen Motoren führt.

Emissionsverhalten im Rapsölbetrieb

Um tendenzielle Aussagen zu Veränderungen im Emissionsverhalten zu erhalten, werden innerhalb der Prüfstandtests die Abgaskomponenten Stickoxide (NOx) und Kohlenmonoxide (CO) bei bestimmten Lastpunkten gemessen. **Bild 4.2** zeigt die Messergebnisse zur NOx-Emission ausgewählter Traktoren im Vollastpunkt.

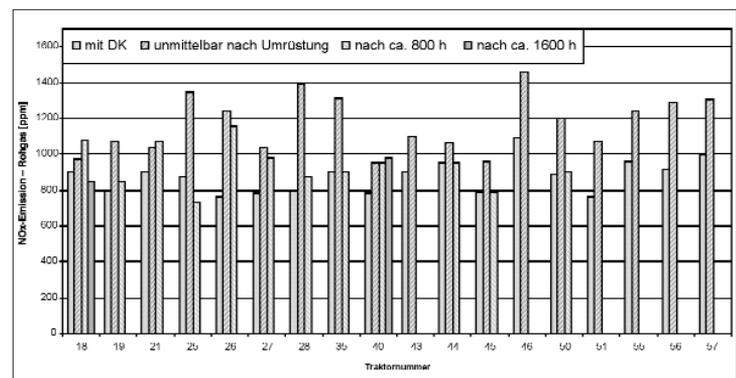


Bild 4.2 Stickoxid-Emission im Vollastpunkt der umgerüsteten Traktoren

Hier ist zu erkennen, dass der Rapsölbetrieb in den ersten Betriebsstunden nach der Umrüstung mit einer deutlichen Zunahme der NOx-Emission einherging. Das traf auf fast alle Traktoren nahezu gleichermaßen zu. Erst im weiteren Verlauf des Vorhabens gelang es einigen Umrüstern durch entsprechende Maßnahmen das Emissionsniveau dieser Abgaskomponente bei einigen Traktoren deutlich zu verringern. Die wiederholte Vermessung der Traktoren weist dementsprechend bei diesen Traktoren eine Stickoxidemission in diesem Lastpunkt auf, die der des Dieselbetriebes deutlich näher kommt, diese sogar erreicht. Wie sich das auf die Betriebssicherheit der betroffenen Traktoren auswirkt, ist allerdings noch nicht abzuschätzen, da in diesen Fällen längerfristige Erfahrungen fehlen.

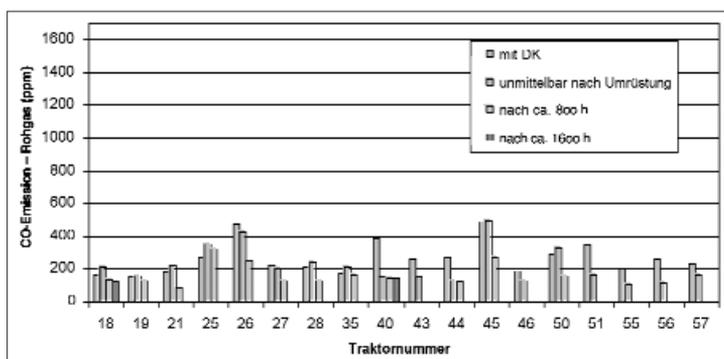


Bild 4.3 Kohlenmonoxid-Emission im Nulllastpunkt der umgerüsteten Traktoren

Demgegenüber kommt es durch den Rapsölbetrieb zumeist zu keinen signifikanten Veränderungen der CO-Emission. **Bild 4.3** zeigt die Messergebnisse zu dieser Abgaskomponente bei den ausgewählten Traktoren im Nulllastpunkt.

5. Betriebsstörungen

Ein störungsfreier Motorenbetrieb war bislang bei 30 Traktoren festzustellen. Weiterhin wurden 35 Traktoren mit geringfügigen Störungen registriert. Bei 36 Traktoren traten Störungen mit Kosten > 2.000 € und bei 10 Traktoren schwere Störungen mit Kosten > 15.000 € auf.

Bei den Störungen, die unmittelbar mit dem Rapsölbetrieb in Verbindung zu bringen sind, sind vor allem

- defekte Verteilereinspritzpumpen und Einspritzdüsen,
- Schäden an den Einspritzpumpen Bosch VP44 sowie Stanadyne,
- festgehende Auslassventile aufgrund von Ablagerungen (typische Langzeitschäden z.B. nach 2500 h) und
- verstärkter Rapsöleintrag in das Motorenschmieröl zu nennen.

Weiterhin traten folgende Probleme im Traktorenbetrieb auf:

- Minderleistungen im Rapsölbetrieb,
- Filterverstopfungen durch schlechte Rapsölqualität,
- Undichtigkeiten an Kraftstoffleitungen und
- Russablagerungen in Luft- und Abgaskanälen.

In **Bild 5.1** wurden die Anzahl und Art der häufigsten Betriebsstörungen auf die Jahre 2001 bis 2004 aufgeschlüsselt.

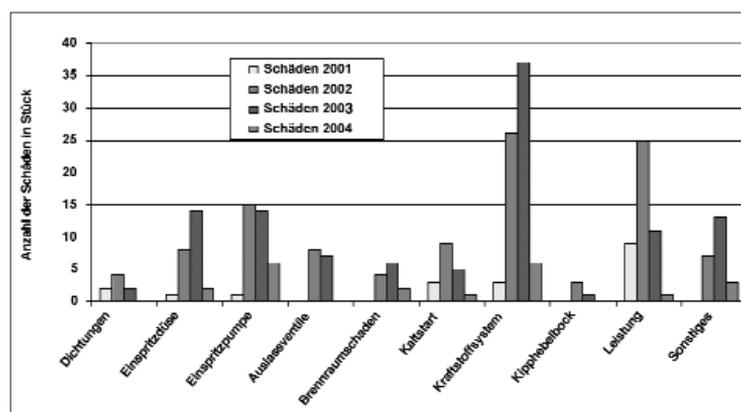


Bild 5.1 Betriebsstörungen der 111 Traktoren von 04/2001- 05/2004

Besonders kritisch sind Schäden an den Einspritzpumpen und Brennraumschäden zu sehen, da sie mit hohen Kosten verbunden sind. Bezüglich des Kaltstartverhaltens und der Leistungseinbußen im Rapsölbetrieb zeichnet sich ein positiver Trend ab. Bei der Häufigkeit und Schwere von Störungen/Schadensbildern, die auf unzureichende technologische Tiefe der jeweiligen Umrüstkonzepte deuten, zeichnen sich deutliche Unterschiede zwischen den Umrüstern ab.

6. Rapsöl in Kraftstoffqualität

Eine weitere zentrale Aufgabe der wissenschaftlichen Begleitforschung, die während des Projektes stark an Bedeutung gewonnen hat, besteht in der Kontrolle der Qualität des eingesetzten Rapsölkraftstoffes. Diesbezüglich fordert das Demonstrationsvorhaben, dass ausschließlich Rapsöl einzusetzen ist, das den Spezifikationen des „RK-Qualitätsstandard 05/2000“ entspricht. Da es für die Bewertung des Demonstrationsvorhabens von Wichtigkeit ist, mit welcher Qualität das Rapsöl in die Fahrzeugtanks gelangt, wird nach jeder Lieferung der Lagertank beprobt. Die Häufigkeit, mit der es im Zeitraum von April 2001 bis Mai 2004 bei der Analyse dieser Lagertankproben zu Abweichungen vom Standard kam, zeigt **Bild 6.1**.

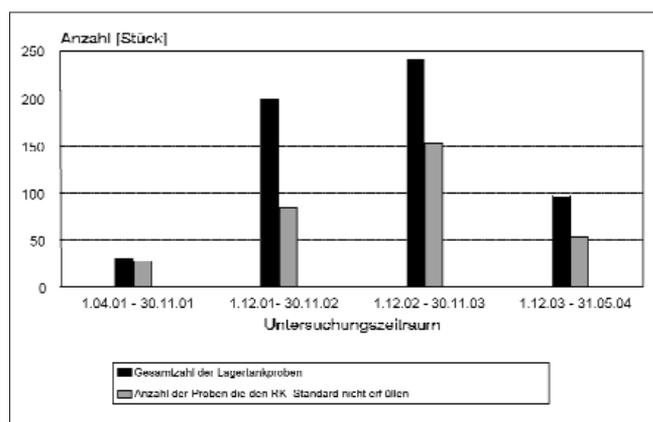


Bild 6.1 Abweichungen der Lagertankproben vom „RK-Qualitätsstandard 05/2000“

Ca. 50 Prozent der Proben und mehr erfüllten in mindestens einem Parameter nicht die Anforderungen des „RK-Qualitätsstandards 05/2000“. Die häufigsten Grenzwertüberschreitungen traten bei den Parametern Gesamtverschmutzung, Neutralisationszahl und Phosphorgehalt auf.

Um die Einhaltung des „RK-Qualitätsstandard 05/2000“ als eine wesentliche Grundlage für die Entwicklungsarbeit an Pflanzenölmotoren zu gewährleisten, muss die Lieferqualität verstärkt durch externe Qualitätskontrollen gesichert werden. Die ausgelieferten Rapsöle sollten mit ihren Parametern deutlich unter den Grenzwerten des bisherigen „RK-Qualitätsstandards 05/2000“ liegen, um weitere zeitlich bedingte Qualitätsverluste bis zum Fahrzeugtank auffangen zu kön-

nen. Die Filterung und Reinigung der Rapsöle ist zu verbessern. Ziel sollte es sein, dass Rapsöl mindestens ein Jahr lagerfähig ist, ohne die Grenzwerte des Qualitätsstandards für Rapsöl als Kraftstoff vom Mai 2000 zu verlassen.

Vollraffinate sind nach dem jetzigen Erkenntnisstand gut für den Einsatz in Motoren geeignet, da sie den „RK-Qualitätsstandard 05/2000“ einhalten und eine Lagerstabilität von mindestens ein Jahr besitzen.

7. Veränderungen der Schmierölqualität

Das Demonstrationsvorhaben ermöglicht zudem Aufschlüsse darüber, welche Veränderungen der Schmierölqualität sich aus dem Rapsölbetrieb der Motoren ergeben. Dazu erfolgte insbesondere in der Anfangsphase eine intensive Beprobung der Motorschmieröle aller teilnehmenden Traktoren.

Bei den untersuchten Schmierölproben war bei allen Umrüstkonzepten ein hoher Eintrag von Rapsöl in das Schmieröl festzustellen. Dieser Eintrag bestimmte die Ölwechselintervalle bei den Traktoren (**Bild 7.1**).

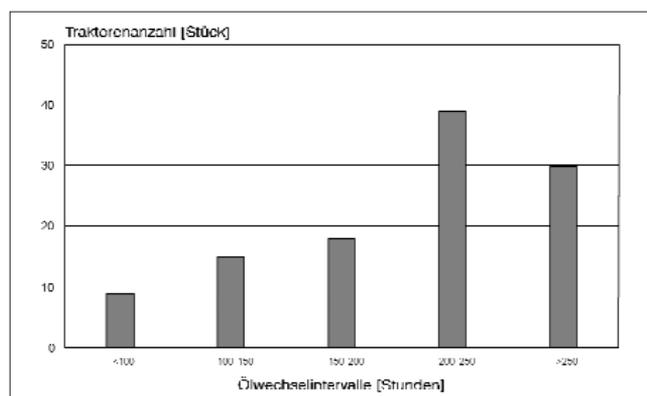


Bild 7.1 Ölwechselintervalle

Auf Grund der unzureichenden thermischen Stabilität und Oxidationsstabilität des Rapsöls können insbesondere bei sehr hohen Temperaturen im Ölsumpf und in Gegenwart katalytisch wirkender Metalle Polymerisationsreaktionen ausgelöst werden, die zu einem plötzlichen Viskositätsanstieg führen. Bei ca. einem Prozent der analysier-

ten Proben wurde in den Jahren 2001 und 2002 eine Eindickung (Polymerisation) des Schmieröles festgestellt. In den folgenden Jahren traten diesbezüglich keine Probleme mehr auf. Zur Sicherung eines störungsfreien Motorenbetriebes ist eine konsequente Schmierölüberwachung unbedingt erforderlich. Der Kraftstoffeintrag in das Motorenschmieröl sollte durch eine Reduzierung des Kaltbetriebes (Leerlauf, Teillast) auf das unbedingt notwendige Maß begrenzt werden. Weiterhin ist zu überprüfen, ob durch konstruktive Maßnahmen der Rapsöleintrag verringert werden kann. Der Einsatz besonders geeigneter Schmierölsorten sollte ebenfalls geprüft werden.

8. Zusammenfassung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine Vielzahl von Traktorentypen und Baureihen am Programm teilnehmen. Von April 2001 bis Oktober 2002 wurden 111 Traktoren innerhalb des Demonstrationsvorhabens auf Rapsölbetrieb umgestellt. Für die überwiegende Zahl der Traktoren war bis Ende Mai 2004 die Hälfte der Erprobungszeit abgeschlossen. Die durchschnittliche Laufzeit betrug hierbei 1360 h. Vorbehaltlich des Ausgangs der Langzeittests, dessen Ergebnisse erst Ende 2005 vorliegen werden, kann bisher festgestellt werden:

Die Umrüstmaßnahmen bewirken, dass die Traktoren in der Regel nach der Umrüstung die gleiche Leistung wie im DK-Betrieb haben.

Die Stickoxidemissionen im Vollastbetrieb erhöhen sich geringfügig im Betrieb mit Rapsöl.

Die Kohlenmonoxidemissionen im Teillastbetrieb verändern sich kaum im Rapsölbetrieb. Verschlechterungen über bisherige Projektlaufzeit sind nicht aufgetreten.

Die Ergebnisse des "100-Traktoren-Demonstrationsprojektes" sind vorrangig für Traktoren der Motorengeneration Stufe 1 (Abgasvorschriften COM 1) gültig.

Von den 111 Traktoren wurden bisher:

- bei 30 Traktoren keine Störungen,
- bei 35 Traktoren geringfügige Störungen,
- bei 36 Traktoren Störungen mit Kosten > 2.000 € und
- bei 10 Traktoren schwere Störungen mit Kosten > 15.000 € registriert.



Die Störungsanfälligkeit hängt wesentlich vom Ausgangstraktor und dessen Motor ab. Positive Ergebnisse wurden insbesondere bei Fendt- und Deutz-Fahr-Traktoren registriert.

16 von 24 Fendt-Traktoren der Baureihen 4XX und 7XX laufen bisher ohne Störungen und 5 Traktoren mit geringen Schäden (Motoren: BF4M 2013 C und BF6M 2013 C), das bedeutet, über 80 Prozent der Fendt-Traktoren dieser Baureihen laufen bisher problemlos. Bei den Deutz-Fahr-Traktoren der Baureihen Agrottron laufen bisher 10 von 42 ohne Störungen und 19 Traktoren mit geringen Schäden (Motoren: BF4M 1012EC, BF6M 1013EC, BF6M 1013E, BF6M 1013FC). Die Pumpe-Leitung-Düse-Systeme der Deutz-Motoren-Baureihe 1013 und 2013 zeigten sich bisher den Anforderungen des Rapsölbetriebes gewachsen. Wesentliche Erkenntnisse insbesondere zum Verschleißverhalten werden jedoch erst aus der 2. Hälfte der Erprobung erwartet.

Ein Eintrag von Rapsöl in das Motorenschmieröl ist bei allen Traktoren festzustellen. Hohe Rapsölgehalte bei hohen Betriebstemperaturen erhöhen das Risiko der Schmieröleindickung. Zu den Ursachen und Mechanismen der Schmierölpolymerisation sind weitere Grundsatzzuntersuchungen erforderlich.

In der bisherigen Projektlaufzeit erfüllten häufig mehr als die Hälfte der Lagertankproben **nicht** die Kraftstoffqualität des „RK-Qualitätsstandard 05/2000“. Die Qualität des Rapsölkraftstoffs als eine wesentliche Grundlage für die Betriebssicherheit der umgerüsteten Motoren muss deutlich verbessert werden.

Insgesamt ist festzustellen, dass keines der sechs Umrüstkonzepte (ein Konzept wurde ausgeschlossen) als voll serienreif und praxistauglich für die unterschiedlichen Traktorentypen bezeichnet werden

kann. Eine breite Markteinführung des Rapsöles als Kraftstoff ist daher zum jetzigen Zeitpunkt verfrüht. Negativ wirkt sich die Vielzahl von Motorentypen aus, für die Umrüstkonzepte bis zur Serienreife entwickelt werden müssen. Die Konzentration der personellen und finanziellen Mittel auf einen modernen in der Landwirtschaft weit verbreiteten Motor (z. B. BF 6M 2013 von DEUTZ) würde eine schnellere Markteinführung ermöglichen. Wann mit serienreifen also umfassend erprobten Technologien zur Umrüstung der modernsten Traktoren frühestens zu rechnen ist, kann nicht abgeschätzt werden, da sich die Traktorenhersteller als Technologieträger zurzeit nicht intensiv mit dieser Problematik beschäftigen.



Herausgeber:

UNION ZUR FÖRDERUNG VON
OEL- UND PROTEINPFLANZEN E. V.
Reinhardtstraße 18 • 10117 Berlin
info@ufop.de • www.ufop.de

Stand: 11/04