

Pflanzenöl – der nachwachsende Nischentreibstoff

Die Einführung alternativer Kraftstoffe auf Pflanzenölbasis wurde bisher durch den Produktionsaufbau und die Vermarktung von Rapsmethylester RME – in der Praxis Biodiesel genannt – dominiert. Parallel dazu haben indessen ökologische und agrarwirtschaftliche Gründe in den vergangenen Jahren das Interesse stark belebt, in der Land- und Forstwirtschaft auch naturbelassenes Pflanzenöl – Naturdiesel genannt – einzusetzen.

Obschon beide Alternativtreibstoffe auf dem in Europa dominierenden Rapsöl basieren, sind sie klar auseinanderzuhalten:

- Biodiesel (Rapsmethylester) ist nach der Umesterung soweit «verdünnt», dass er im unveränderten Dieselmotor einsetzbar ist.
- Der Einsatz von unverändertem Pflanzenöl (Naturdiesel) macht die einmalige Umrüstung der Kraftstoffführung erforderlich, die allerdings den Originalmotor nicht verändert.

Wie unterscheidet sich Pflanzenöl von Dieselöl?

Pflanzenöle sind Triglyceride aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerin, verbunden mit drei Fettsäuren. Für die Zähflüssigkeit ist das Glycerin verantwortlich. Bei 40 °C ist Pflanzenöl fast zehnmal dickflüssiger als Dieselöl.

Dieselmotoren sind – wie Kerosin und leichtes Heizöl – Mitteldestillate mit einer Vielzahl von Kohlenwasserstoffen im Siedebereich von 180 bis 360 °C. Die Raffination entfernt die Ölkohlenbestandteile. Diese bleiben im Rückstand der atmosphärischen Destillation, dem sogenannten Heizöl schwer. Dieselöl ist also ein bezüglich Zusammensetzung und Qualität sehr homogener und zudem streng genormter Kraftstoff.

Die elementare Zusammensetzung des hauptverwendeten Rapsöls ist 77 Massenprozent Kohlenstoff, 10 Massenprozent Wasserstoff und etwa 12,5 Massenprozent Sauerstoff, der für die Verbrennung wichtig ist.

Naturbelassene Pflanzenöle durchlaufen keinen Destillationsprozess. Sie enthalten deshalb alle Fraktionen, die sich im Brennraum des Motors zersetzen und zur Bildung von Ölkohle führen können.

Für Rapsöl im Weiteren typisch sind eine schlechte Zündwilligkeit und ein hoher Flammpunkt. So sehr diese entscheidenden Vorteile für Transport und Lagerung erwünscht sind, wirken sie bei der Verbrennung erschwerend. Sehr günstig ist indessen der vernachlässigbare Schwefelgehalt.

Welches sind die Konsequenzen?

Es sind also vor allem zwei Hauptprobleme, die der generellen Nutzung naturbelassener Pflanzenöle im modernen, direkteingespritzten Dieselmotor im Weg stehen:

- Die glycerinbedingte hohe und in Abhän-

gigkeit von der Temperatur wechselnde Viskosität. Sie erschwert die Treibstoffführung, -filtrierung und hauptsächlich die Feinstvernebelung während der Einspritzung.

- Der hohe Anteil an Fraktionen, die anlässlich der Verbrennung zur Ölkohlebildung neigen. Sie sind Ursache der gefürchteten Verkokungen an Ventilen, Einspritzdüsen, Kolbenboden und Kolbenringnuten. Großen Einfluss auf das Verkokungsrisiko nimmt der Phosphorgehalt des Pflanzenöls. Er wird deshalb im «Weihenstephaner Qualitätsstandard» auf 15 mg/kg limitiert.

Bisher sind grundsätzlich folgende drei Wege beschritten worden:

1. Die Anpassung des Treibstoffes an den Motor

- Umesterung: Das viskositäts erhöhende Glycerin wird von den Fettsäuren getrennt und durch den dünnflüssigen einwertigen Alkohol Methanol ersetzt. Es entsteht Rapsmethylester RME. Der Prozess verlangt Energie, Natron- oder Kalilauge als Katalysator und Methanol. Pro Tonne RME fallen um 110 kg mit dem Katalysator Methanol und Restölanteilen verunreinigtes Glycerin an. In Grossanlagen rentieren Aufbereitung zu Industriequalität und Verkauf, für Kleinanlagen kann die Entsorgung ein Problem sein.
- Raffination: Das Pflanzenöl wird gemeinsam mit dem mineralischen Rohöl in die kraftstofftypischen Komponenten raffiniert. Aus Gründen der Additivierung und Kältebeständigkeit beschränkt sich die Konzentration rapsölstämmiger Produkte im verkaufsfähigen Dieselmotorkraftstoff auf 1,5% im Winter und 5% im Sommer.

2. Vermischung von Pflanzenöl mit mineralischen Treibstoffen

Bekannt ist der Vorschlag von Dr. H. Jäckle, ex Empa, und U. Wolfensberger, FAT, mit 50% Rapsöl + 50% Flugpetrol Jet A-1 + 0,1% DK plus, sowie die Formulierungen aus Deutschland Tessol I, mit 80% Rapsöl + 14% Testbenzin + 6% Alkohol C₃H₈O oder C₆H₁₈O und Tessol II, mit 60% Rapsöl + 35% RME + 5% Alkohol C₈H₁₈O.

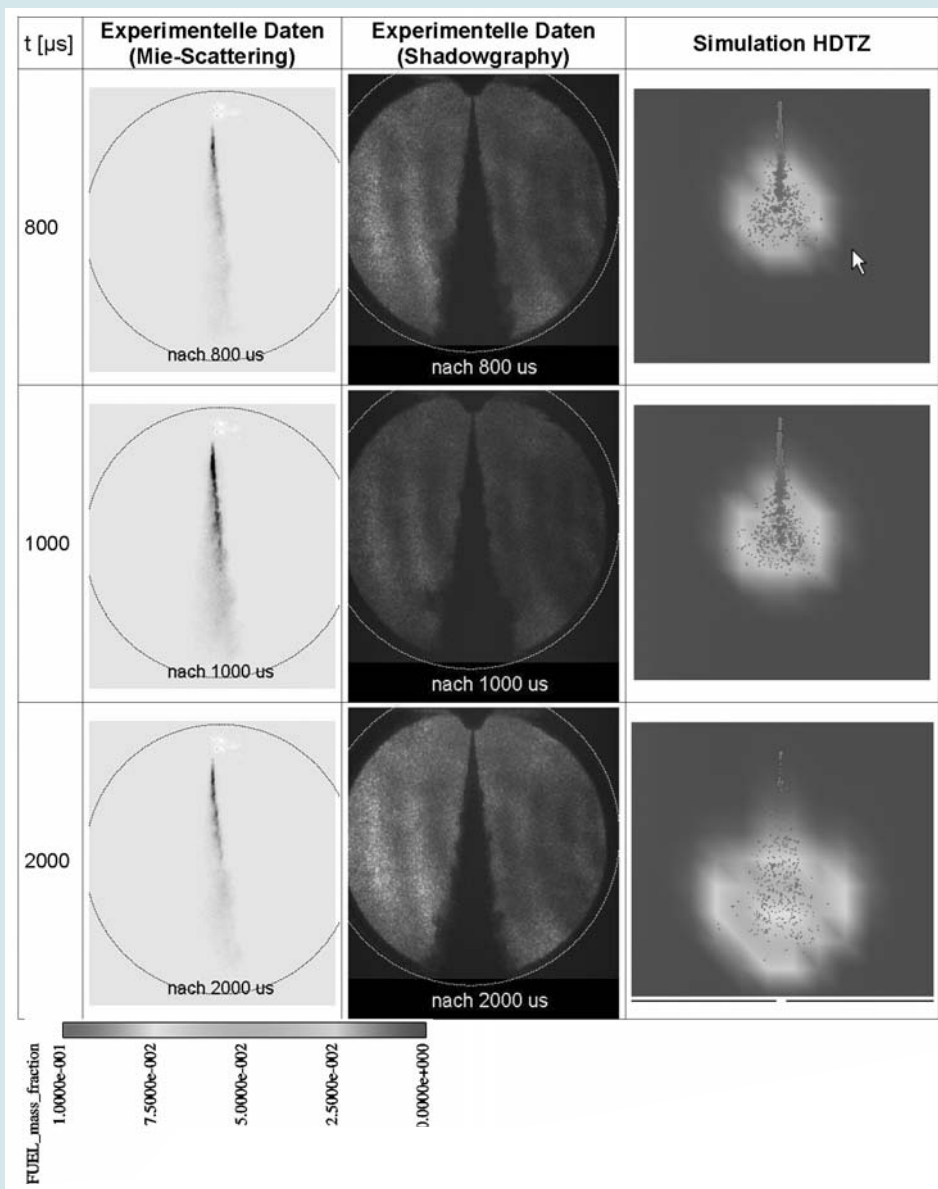


Abbildung 2: Laseroptisch erfasste und mittels Simulation berechnete Verdampfung (rechtes Drittel) des eingespritzten Pflanzenöls nach 800 bis 2000 μs. (Hoch-Druck-Temperatur-Zelle HDTZ, 150 μm Düse, 1000 bar Einspritzdruck). Tropfengrösse von Rot nach Blau abnehmend
Quelle: Yuri Wright, LVV ETH Zürich

3. Die Anpassung des Motors an den alternativen Kraftstoff

- Zweitanksystem: Der Pflanzenölbetrieb erfolgt erst nach einer Warmlaufphase mit Dieselöl. Es kommen frische oder aufbereitete Pflanzenöle mit kühlwasserbeheizten Treibstofftanks zum Einsatz. Führend in der Schweiz für Aufbereitung und Umrüstung im Sektor recycelte vegetabile Öle ist die Biodrive AG, Lenzburg. Sie rüstet vorwiegend LKW um.
- Eintanksystem nach Vorschlag von Willi Mahler, Obfelden, mit Brennraumverlagerung vom Kolben in den Zylinderkopf (verlangt Neuanfertigung der beiden Komponenten).
- Eintanksystem mit Viskositätskalibrierung des dickflüssigen Pflanzenöls durch Erwärmung der Treibstoffführung zwischen Tank und Einspritzung mittels Wärmetauscher, Filterheizung oder Beheizung der Einspritzdüsen (der Originalmotor bleibt unverändert).

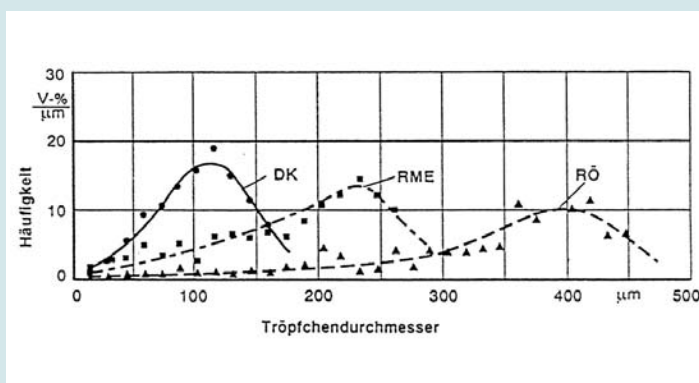
Weshalb setzen wir auf unveränderte Pflanzenöle und das Eintanksystem?

An der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft in Zollikofen haben wir uns aus folgenden Gründen für die naturbelassenen Pflanzenöle und das Eintanksystem entschieden:

- Pflanzenöle bieten mit ca. 34,5 MJ/l eine ähnliche Energiedichte wie Dieselöl mit ca. 35,7 MJ/l, einen guten Erntefaktor im Bereich von 3 und ihre lokale Gewinnung durch Kaltpressung und Filtration ist einfach.
- Ohne jegliche Gefährlichkeit bei Transport, Lagerung und Wasserkontamination sind

Abbildung 1: Tropfengrößenverteilung für Dieselkraftstoff DK, RME und Rapsöl RÖ, bei gleicher Temperatur aller Kraftstoffe und 250 bar Einspritzdruck

Quelle: Prof. H. Tschöke et al., Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg



sie eine CO₂-entlastende, nachwachsende Alternative zum Dieselöl.

- Der Preisdruck auf den Lebensmittelbereich der Agrargüter, ausgelöst durch die Agrarmarktiliberalisierung, veranlasst ein rasch wachsendes Interesse der verselbständigten Landwirtschaft an Nischenenergieprodukten wie Pflanzenöl, mit der Erwartung einer Wertstabilisierung aufgrund steigender Energieäquivalentpreise.
- Die periphere Umrüstung mit der Treibstoffvorwärmung, ohne thermodynamische Veränderung des Originalmotors, hat sich durchgesetzt. Verkokungsseitig wird diese Lösung mit Frischöl im Eintanksystem beherrscht. Abgasseitig besteht allerdings noch Entwicklungsbedarf.

Es geht hier auch in keiner Weise um eine Konkurrenz zwischen technischen Pflanzenölen und Speiseölen. In Europa hat sich das Modell erfolgreich entwickelt, auf Öko- und Stilllegungsflächen CO₂-entlastende, nachwachsende Treibstoffe zu erzeugen. Verschiedentlich wird die Dominanz von Raps kritisiert. Solange die vom europäischen Landwirt geschätzte und bewährte Ölsaatz hingegen korrekt in der Fruchtfolge erscheint, ist diese Kritik relativ und muss sich bezüglich Düngung und Pflanzenschutz an verfügbaren Alternativen orientieren.

Schliesslich arbeiten wir hier an technischen Lösungen, die auch für Entwicklungs- und Schwellenländer von Bedeutung sind. Dies gilt nicht nur für Fahrzeuge, sondern in besonderem Mass ebenfalls für Stationäraggregate zur Bereitstellung von mechanischer und elektrischer Energie. Nicht mit dem Nahrungsbedarf kollidierende Pflanzenöle sind überall auf der Welt vorhanden oder erzeugbar. Denken wir nur an die Purgiernuss in der Sahelzone oder an die enormen Babaçubestände in Brasilien, die mehrfache Fläche der Schweiz bedeckend.

Was bedeutet Motoradaptation?

Die Hauptmassnahme jeder peripheren Motoradaptation heisst Pflanzenölerwärmung und Auslegung der Treibstoffführung auf den dickflüssigeren Kraftstoff.

Das gesamte Kraftstoff- und Einspritzsystem heutiger, moderner Dieselmotoren ist auf das streng genormte Dieselöl ausgelegt. Für Pflanzenöl resultieren aus den abweichenden

physikalischen Eigenschaften Einspritzbedingungen, die nicht mehr auf die für Dieselmotoren optimierte Brennraumgeometrie abgestimmt sind. Namentlich führt die höhere Viskosität noch kalter Pflanzenöle zur Veränderung von Einspritzmenge und -druck und zu einer stark erhöhten mechanischen Belastung der Einspritzpumpe. Das Hauptproblem ist die in diesem Fall unerwünschte tiefe Brennraumdurchdringung des Kraftstoffstrahls in der Kaltstart-Warmlaufphase, weil in dieser Zeit die Zahl der Tröpfchen zu gering und ihr Durchmesser entsprechend zu gross ist. Wunschzustand ist ein Verbrennungsverlauf, der den Treibstoff noch im Flug erfasst und so dessen Wandablagerung verhindert.

Abbildung 1 zeigt die sehr ungleiche Tropfenbildung für die drei Kraftstoffe Dieselöl, RME und Rapsöl, bei gleicher Temperatur, in einem nicht modifizierten Einspritzsystem.

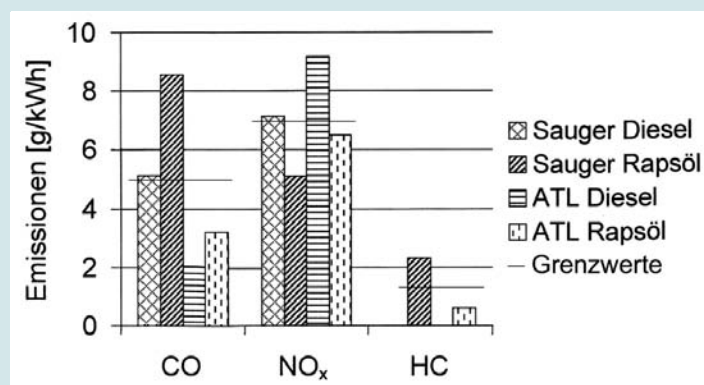
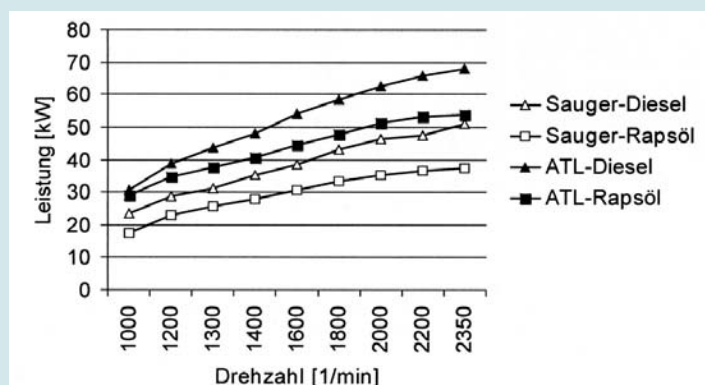
Die Konsequenz des zuwenig schnell auflösenden Kraftstoffstrahls ist eine unerwünschte Wandauftragung. Vom Pflanzenölpionier Ludwig Elsbett kennen wir die Grundgesetze der Pflanzenölverbrennung:

- Sorgfältiges Fernhalten des eingespritzten Kraftstoffes von jeglichen Wandungen und Flächen
- Erhalten der relativen Wärmedichtheit des Brennraumes

Nicht umsonst haben die indirekt einspritzenden Motoren mehrheitlich klaglos Pflanzenöl akzeptiert. Die Brennraummulden in den Aluminiumkolben heutiger Direkteinspritzer erreichen nicht mehr die gleichmässig hohen Temperaturen, wie sie für die Vorkammern in den Gussköpfen üblich waren. Dies birgt die Gefahr, dass wandangelagertes Pflanzenöl nicht vollständig abdampfen und verbrennen mag. Dadurch wird es zur Quelle von erhöhtem Russausstoss bei kaltem Motor einerseits und Ablagerungen an den Düsenbohrungen (Trompetenbildung), mit zunehmender Störung der Strahlaufbereitung und nachfolgender Verkokung der Kolbenringnuten andererseits. Im Extremfall führt dies zum Festsetzen der Kolbenringe und dem Motorschaden. Verständlich deshalb eine weitere Gesetzmässigkeit: je grösser die Zylindereinheiten, desto besser die Pflanzenöleignung.

Die Laserlicht-Aufnahmen in Abbildung 2 dokumentieren eindrücklich den zögerlichen

Abbildung 3: Resultate der Leistungs- und Abgasmessungen mit dem auf Pflanzenölbetrieb umgebauten 4-Zylinder-Same-Motor 1000.4 A(T). Der Leistungsabfall von gegen 20% im Rapsölbetrieb kann nur zum Teil mit dem geringeren Heizwert erklärt werden. Weitere Ursachen sind z. B. die Zurücknahme der Einspritzmenge im oberen Drehzahlbereich, um die Schwärzungszahl 3 nicht zu überschreiten. Die Abgaswerte zeigen die Notwendigkeit eines Turboladers. Damit werden im Rapsölbetrieb die heute gültigen Grenzwerte problemlos eingehalten.
Quelle: Beide Grafiken von Ueli Wolfensberger, Forschungsanstalt Tänikon



Übergang in die Vernebelung zu Feinsttropfen des Kraftstoffstrahls im kalten Zustand und seine tiefe Durchdringung des Brennraumes.

Ein starker Wandauftrag mit dem noch kalten Pflanzenöl kann schliesslich ebenfalls eine sukzessive Anreicherung des Motorenöls veranlassen. Motorölpolymerisation als Resultat unsachgemässer Umrüstungen hat schon einige Motorschäden verursacht.

Motoranpassung – soll sie auch emissionsseitig erfolgreich sein – ist anspruchsvoll und hat mit Basteln nichts zu tun. Eine seriöse Umrüstung kostet alleine vom Material her rasch über 1000 Franken. Generell gilt, dass die renommierten Umrüster für Eintanksysteme die Verkokung im Griff haben, bei den Emittenten NO_x und Partikelmasse hingegen noch deutlicher Forschungsbedarf besteht.

Wegen den kleinen Stückzahlen überlässt die Fahrzeugmotoren- und Fahrzeugindustrie die Entwicklung zur Pflanzenöлтаuglichkeit hingegen vollständig den Umrüstern. Im Sektor BHKW sind hingegen vielversprechende Gemeinschaftsprojekte mit Drittmittelunterstützung in Vorbereitung.

Welche Erfahrungen liegen vor?

Nach dem Vorschlag von Willi Mahler, dem Schweizer Pionier für die motorische Pflanzenölnutzung, liegt der Brennraum als weltweite Exklusivität im Zylinderkopf, unter dem zurückversetzten Einlassventil. Die Direkteinspritzung erfolgt tangential mit zwei gegenüberliegenden Düsen. Bei Bedarf werden als Starthilfe analog zwei Stabglühkerzen eingebaut. Eine kühlwassergestützte Treibstoffervärmung fällt weg. Hauptargumente des Erfinders sind die erhöhte Wärmedichtheit der im Guss-Zylinderkopf liegenden Brennräume, ein besserer Füllungsgrad, kürzere, leichtere und günstigere Kolben mit flachem Boden sowie reduzierte Bauhöhe des Motors. Das Verfahren setzt die Neuanfertigung von Zylinderkopf und Kolben voraus.

Im Anschluss an den mehrjährigen erfolgreichen Praxiseinsatz wurde das Verfahren Mahler 1999 bis 2001 in einem wissenschaftlichen Gemeinschaftsprojekt von Same Deutz-Fahr Schweiz AG, Schwarzenbach, dem Paul Scherrer Institut PSI, Villigen, der Fachhochschule Aargau, der Forschungsanstalt Tänikon und der Schweizerischen Hochschule für Landwirtschaft in Zollikofen weiterentwickelt. Hauptziel war der einwandfreie Pflanzenölbetrieb, unter Einhaltung der zukünftig geltenden Abgasvorschriften gemäss Richtlinie 2000/25/EG-Stufe 2, mit 5,0 g/kWh für CO ; 7,0 g/kWh für NO_x ; 1,3 g/kWh für HC und 0,4 g/kWh für Partikelmasse.

Kriterium für die Anpassung der Einspritzmenge war stets die Nichtüberschreitung der Schwärzungszahl 3 nach Bosch bei Nennleistung.

Das Projekt wurde mit viel Engagement vom Bundesamt für Energie mitgetragen, das mit seiner unkomplizierten und fairen Unterstützung auch für den Sektor Pflanzenölforschung generell eine starke Motivationsquelle ist.



Leistungs- und Abgasverhalten eines modernen «Mahler-Motors» sind in Abbildung 3 dargestellt. Einwandfreier Pflanzenölbetrieb, gute Abgaswerte, wenn auch noch bei beträchtlichem Leistungsabfall, dokumentieren die enorme Vorleistung von Willi Mahler, der das Verfahren zur Funktionsreife gebracht hat. Eine interessante Lösung für den Pflanzenöleinsatz im Traktormotor, allerdings nun wegen dem Entwicklungsschub in der Diesel-Einspritztechnik unter Druck.

Europaweit am aktivsten in der Pflanzenöltechnologie ist Deutschland, das grosse Unterstützung durch Bund und Länder erfährt. Sehr früh hat die seinerzeitige Bayerische Landesanstalt für Landtechnik der TU-München mit dem Aufbau eines Qualitätssicherungssystems für Rapsöl begonnen. Heute kommt kein Lieferant von technischem Pflanzenöl am sogenannten «Weihenstephaner Qualitätsstandard für Rapsöl als Kraftstoff» vorbei und es laufen Anstrengungen, diesen RK-Standard zu einer DIN-Norm weiterzuentwickeln.

Zur Markteinführung des Rapsöls als Kraftstoff in der Land- und Forstwirtschaft finanziert das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft BMVEL das sogenannte 100-Traktoren-Programm. In diesem weltweit grössten derartigen Vorhaben werden seit April 2001 über einen Zeitraum von mindestens drei Jahren Praxistauglichkeit, Dauerfestigkeit und Umweltverträglichkeit der Motoren für Rapsöl unter Beweis gestellt. Es partizipieren insgesamt 110 Traktoren neun verschiedener Marken. 89 Maschinen sind aus der Leistungsklasse 70 bis 120 kW. 88 Traktoren entfallen allein auf die beiden bekannten Umrüster für unveränderte Frischöle im Eintanksystem, Vereinigte Werkstätten für Pflanzenöltechnologie VWP, Allersberg, und Siegfried Hausmann, Wülfershausen. Das renommierteste deutsche

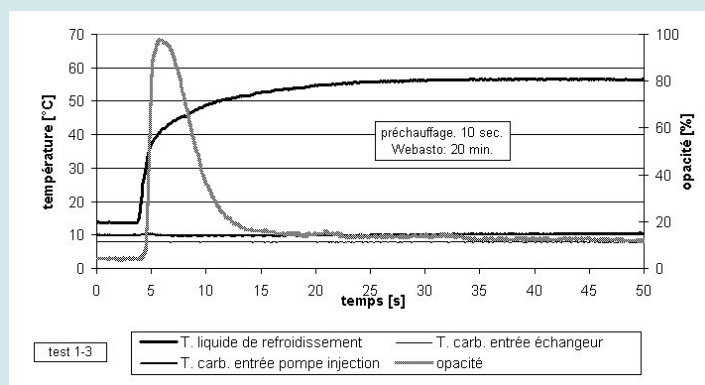
Abbildung 4: Temperatur- und Druckmessungen an Kraftstoffführung und Kühlflüssigkeit des Passat TDI des Autors. Die Messungen sind Grundlage zur Interpretation der Abgaswerte Trübung und NO_x .

Quelle: Semesterarbeit von David Brun und Emmanuel Schwab, HTA Biel, Abgasprüfstelle Nidau



**Martin Meyer, Prof. für Landtechnik
Schweizerische Hochschule
für Landwirtschaft, 3052 Zollikofen**

Abbildung 5: Prinzipdarstellung der Emissionsproblematik im Pflanzenölbetrieb. Der Kaltstart verursacht einen überhöhten Emissionsanfall und belastet die Messung bereits soweit, dass die Grenzwerte trotz der Normalisierung bei warmem Motor überschritten werden können. Hier am Beispiel der Abgastrübung gezeigt. Deutlich der Einfluss der Motor- bzw. der Kühlwassertemperatur nach 20 Minuten Standheizungsbetrieb. Bereits nach 15 Sekunden ist der Start-Trübungs-schub überwunden, obschon die Pflanzenölvorwärmung nun erst zu wirken beginnt und die Trübung bei betriebswarmem Motor und ca. 70 °C Treibstofftemperatur auf den vom Umrüststand her möglichen Optimalwert absinkt.



Unternehmen für Pflanzenöltechnik, Elsbett Technologie GmbH in Thalmässing, nimmt am 100-Traktorenprogramm nicht teil.

Die mit der wissenschaftlichen Begleitung beauftragte Universität Rostock hat im dritten Jahr des Demonstrationsvorhabens einen deutlichen Rückgang rapsölbedingter Betriebsstörungen festgestellt. Zumeist sei es möglich, ein dem Dieselbetrieb vergleichbares Leistungsvermögen einzustellen. Handlungsbedarf liege noch bei den Emissionen vor. Trotz klar positivem Trend sieht Rostock die Basis für eine breite Markteinführung noch nicht gegeben.

Die Umrüstsysteme von VWP und Elsbett stehen zeitlich gestaffelt seit dem 2. Oktober 2001 in einem VW-Passat TDI 06/2000 bei M. Meyer, SHL, im überwachten Versuchseinsatz. Das erwähnte Referenzfahrzeug hat mit den beiden Umrüstungen in bisher nahezu 50 000 Kilometern die verkokungsfreie Nutzung von unverändertem Rapsöl nachgewiesen. Sowohl dieser Passat, der den modernsten deutschen Verfahrensstand repräsentiert, wie alle anderen bisher in der Schweiz amtlich gemessenen TDI der beiden Umrüster verfehlten indessen die Grenzwerte für Partikelmasse und vor allem für NO_x. Es ist eine verständliche Tatsache, dass den Umrüstern als Kleinunternehmen in der Entwicklung Grenzen gesetzt sind, weil ihnen Einrichtungen und Mittel für diese aufwändigen Abklärungen fehlen.

Vor diesem Hintergrund erscheint es unerlässlich, ebenfalls die in der Schweiz vorhandenen Erfahrungen beizuziehen und mit konkreten, schrittweisen Abklärungen zur Entwicklung einer verlässlichen und ebenfalls abgaskonformen Umrüstung beizutragen. Zentral ist die Definition der pflanzenölspezifischen Konsequenzen für die motor- und einspritzseitigen Einstellungen, um den vorteilhaftesten Kompromiss zwischen Leistung, Motorlebensdauer und Emissionen zu erreichen. Solche Abklärungen sind nur in einem grösseren Forschungsverbund – mit den entsprechenden Spezialisten – realisierbar. Mit vom Aufwändigsten sind die Emissionsmessungen. All die interessierte und kooperative Unterstützung, wie wir sie etwa vom Team der Abgasprüfstelle der Berner Fachhochschule Biel in Nidau erfahren, können wir nicht hoch genug schätzen. Abbildung 4 zeigt den Motorraum des Pflanzenöl-Passat anlässlich der Temperatur- und Druckmessungen an der

umgerüsteten Treibstoffversorgung, im Rahmen einer Semesterarbeit an der Abgasprüfstelle Nidau.

Abbildung 5 aus der gleichen Quelle fasst noch einmal exemplarisch die Emissionsproblematik zusammen. Die ungenügende Spraybildung nach dem Kaltstart verursacht einen Peak in der Abgastrübung. Deutlich der Einfluss der Motor- bzw. der Kühlwassertemperatur nach 20 Minuten Standheizungsbetrieb. Bereits nach 15 Sekunden ist der Start-Trübungsschub überwunden, obschon die Pflanzenölvorwärmung nun erst zu wirken beginnt und die Trübung bei betriebswarmem Motor und ca. 70 °C Treibstofftemperatur auf den vom Umrüststand her möglichen Optimalwert absinkt.

Ausblick

- Der Stand der Umrüsttechnik erlaubt heute die dieselmotorische Nutzung von Pflanzenölen. Der Landwirtschaft eröffnet sich die Chance, als Schrittmacher einen rasch wachsenden Nischenmarkt nutzbringend mitzuprägen.
- Die breite Markteinführung verlangt noch grössere technische Tiefe der Umrüstkonzepte, parallel zum Handlungsbedarf bei der Qualitätssicherung des Pflanzenölkraftstoffes und der Erforschung der Wirkungen von Pflanzenölanteilen im Motorenöl.
- Als noch Zugtiere in der Landwirtschaft eingesetzt wurden, waren rund 10% der Ackerfläche für deren Futtermittelversorgung nötig. Mit dem gleichen Flächenanteil kann der Kraftstoffbedarf eines landwirtschaftlichen Betriebes abgedeckt werden. Eine Hektare Raps liefert gut 1100 Liter naturbelassenen Rapsölkraftstoff.
- Der deutsche Gesetzgeber hat 2003 Klarheit geschaffen, als er Biokraftstoffe wie Pflanzenöl erstmals bis Dezember 2008 von der Mineralsteuer befreit hat.

Schaffen wir in der Schweiz vergleichbare Rahmenbedingungen. Es lohnt sich, weiterhin mit Zähigkeit, Ausdauer und wissenschaftlichem Spürsinn an diesem Aufgabenfeld zu arbeiten!

MARTIN MEYER, PROF. FÜR LANDTECHNIK
SCHWEIZERISCHE HOCHSCHULE
FÜR LANDWIRTSCHAFT, 3052 ZOLLIKOFEN

*L'article en langue française sera publier
dans l'édition du forum no 3.*