



Univ.-Prof. Dr. techn. Dipl.-Ing.

Bernhard GERINGER

c/ o Institut für

Verbrennungskraftmaschinen
und Kraftfahrzeugbau der
Technischen Universität Wien

A-1060 Wien, Getreidemarkt 9

Tel.: ++43-1/ 58801-31500

Fax: ++43-1/ 58801-31599

bernhard.geringer@tuwien.ac.at

Http:// www.ivk.tuwien.ac.at

„Begleitende wissenschaftliche Untersuchungen zum Flottentest Pflanzenöl“

Abschlussbericht B 08009

im Auftrag von

**AGRAR PLUS GesmbH und dem
Amt der niederösterreichischen Landesregierung**

Univ.-Prof. Dr. B. Geringer

Ing. Chr. Bauer

Dipl.-Ing. R. Rosenitsch

Dieser Bericht umfasst 30 Seiten inklusive Anhang.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Projekt Struktur, Versuchsanordnung.....	3
2.1. Zeitplan	3
2.2. Fuhrpark Versuchsfahrzeuge	4
2.3. Arbeitsprogramm	5
3. Messergebnisse.....	6
3.1. Limitierte Emissionen (NO_x, HC, CO, PM – Masse) sowie Abgastrübung	7
3.2. Detaillierte Partikelanalyse.....	12
3.3. Kohlendioxid-Emissionen und Verbrauch.....	17
3.4. Leistungsmessung	18
4. Fahrtenbuchauswertung.....	21
5. Zusammenfassung	26
Anhang I: Emissionsgrenzwerte / NEFZ-2000 - neuer europäischer Fahrzyklus 	28

1. Einleitung

Zu Beginn aus gegebenem Anlass sei auf die aktuelle Diskussion „Nahrungsmittel versus Biosprit“ eingegangen. Die limitierenden Faktoren für Treibstoff-Alternativen sind neben der Erschließungs- und Herstellungskosten im Vergleich zur fossilen Energie selbstverständlich auch die Verfügbarkeit der nötigen Agrarflächen.

Um von Anfang an eine nachhaltige Entwicklung am Energiesektor gewährleisten zu können, und damit nicht der Fall eintritt, dass reiche Industrieländer durch die enorme Nachfrage nach Biokraftstoffen in den armen Ländern dieser Welt Nahrungsmittelknappheit, Hunger und Elend erzeugen, wie von mancher Seite ins Treffen geführt wird, ist die EU derzeit damit befasst, diesbezügliche Regelungen (auch als Zertifizierung des Kraftstoffes bezeichnet) auszuarbeiten, um Fehlentwicklungen frühzeitig vermeiden zu können.

Gerade der aktuelle Preisanstieg bei Nahrungsmitteln steht eher im Zusammenhang mit steigender Nahrungsmittelnachfrage und auch Spekulation an Warenbörsen mit Blick auf mögliche zukünftige Marktentwicklungen und nicht mit derzeitig ausufernder Nachfrage nach Biotreibstoffen, da der aktuelle Bedarf an echten Nahrungsmitteln für die Biotreibstoffproduktion immer noch gering ist.

Ganz im Gegenteil zur allgemeinen Wahrnehmung stehen in Europa noch immer beträchtlich große Brachflächen für den Anbau von Energiepflanzen zur Verfügung. Die Erzeugung von Agrarprodukten war in Europa bisher eher von Überschüssen geprägt. Außerdem kann global betrachtet ein Boom bei Biokraftstoffen gerade für die ärmeren Länder eine gewaltige Chance sein, lokale Ressourcen wie tropisches Klima und ausreichend verfügbare Landflächen optimal zu nutzen.

Nach dieser allgemeinen Einleitung befasst sich der weitere Bericht nun mit dem Pflanzenöl-Flottentest selbst.

Der Abschlussbericht fasst die Tätigkeiten während des gesamten Projektes nochmals zusammen und wiederholt die wesentliche Teile aller erstellten Zwischenberichte.

Im Rahmen des durch die AGRAR PLUS beauftragten Projektes

„Erforschung der technischen Machbarkeit für die Umrüstung von handelsüblichen PKW's zum Betrieb mit reinem Pflanzenöl auf der Grundlage eines breit angelegten Praxisbetriebes“

werden seit 2004 am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau (IVK) der TU-Wien unter dem Titel

„Begleitende wissenschaftliche Untersuchungen zum Flottentest Pflanzenöl“

Messungen an pflanzenölbetriebenen Fahrzeugen durchgeführt.

Bei diesem Projekte wurden in einem Flottenversuch während der Dauer von etwa 4 Jahren (ursprünglich 3 Jahre veranschlagt –100 Diesel-Personenkraftwagen projektiert) nach und nach Diesel-Personenkraftwagen in Großserienausführung und mit entsprechender Kundenverbreitung im österreichischen Nutzermarkt auf Pflanzenölbetrieb umgerüstet und im direkten Nutzerbetrieb begleitet. Die Betreuung der Flottenteilnehmer und die damit verbundenen Arbeiten im Bereich des Fahrtenbuches lagen bei der AGRAR PLUS.

Während der Flottenerprobung waren die Teilnehmer gehalten ein Fahrtenbuch zu führen, um neben der Fahrleistung und dem Verbrauchsverhalten vor allem auch die Eignung im täglichen Einsatz zu dokumentieren, sowie Kaltstart und Wintertauglichkeit zu bewerten. Kunden, die ein Fahrtenbuch abgegeben haben, wurden auch nach Ihrem subjektiven Empfinden befragt. So wurde die Zufriedenheit im Vergleich zum früheren Dieselbetrieb abgeschätzt.

Für das Messprogramm am IVK wurden in Abstimmung mit AGRAR PLUS, dem Land NÖ, dem ÖAMTC und Prof. Geringer aus der Testflotte 4 Fahrzeuge ausgewählt. Die Verfügbarkeit in Kombination von interessanten Fahrzeugen mit entsprechender km-Leistung ergab die Auswahl von Umrüstungen der WALDLAND GesmbH. Diese Fahrzeuge wurden vor sowie nach Umbau auf Pflanzenölbetrieb einer begleitenden wissenschaftlichen Untersuchung im Hinblick auf das Betriebs- und Emissionsverhalten im Pflanzenölbetrieb unterzogen. Diese Untersuchungen umfassten in keiner Weise eine Optimierung oder Weiterentwicklung der technischen Umrüstung der Fahrzeuge auf den alternativen Kraftstoff Pflanzenöl, sondern dienten ausschließlich der Istzustandsvermessung der angelieferten Erprobungsträger in der jeweiligen Kraftstoffart und zum aktuellen Fahrleistungsstand.

2. Projekt Struktur, Versuchsanordnung

2.1. Zeitplan

Die ursprüngliche Projektdauer von 36 Monaten wurde um ein Jahr verlängert, wie der Projektzeitplan in Bild 1 zeigt, insbesondere um im Flottenversuch genügend Teilnehmer über einen repräsentativen Zeitraum zur Verfügung zu haben.

	2004	2005	2006	Verlängerung	
				2007	2008
Fahrzeugauswahl Messung im Dieselbetrieb	—				
Umbau und 1. Messung nach 5 000 bis 10 000 km	—				
Messungen in regelmäßigen Abständen		—			
Abschlussmessung mit Dieseltreibstoff					—
Dokumentation vom Fahrzeugeinsatz	—				
Berichtslegung	Kurzbericht B 04044	Zwischenbericht B 05007	Zwischenbericht B 06038	Schlussbericht	

Bild 1: Projektzeitplan

- Nach Auswahl der Fahrzeuge für das Messprogramm am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Kraftfahrzeugbau der TU-Wien, erfolgte eine Basisvermessung der Abgaswerte im Ausgangszustand, das heißt für die serienmäßige Ausführung des Fahrzeuges im Dieselbetrieb. Dazu wurden im Jahre 2004 drei Fahrzeuge gewählt (Renault Espace, Skoda Octavia und VW Sharan), 2005 kam ein 4. Fahrzeug (VW Touran) hinzu.
- Nach Umbau auf Pflanzenölbetrieb durch die Firma Waldland wurden die Fahrzeuge nach einer Stabilisierungsphase von etwa 5 000 bis 20 000 km Fahrtstrecke mit Pflanzenölkraftstoff einer Erstvermessung unterzogen.
- In regelmäßigen Abständen mit durchgehendem Pflanzenölbetrieb - bzw. Pflanzenöl-Diesel-Mischbetrieb im Winter - wurden Zwischenvermessungen vorgenommen, gefolgt von einer Abschlussvermessung zum Projektende.
- Die auf Pflanzenölbetrieb durch die Firma Waldland umgebauten Fahrzeuge VW Sharan und VW Touran wurden nach einer Stabilisierungsphase von etwa

1 000 km Fahrtstrecke mit Dieselkraftstoff einer Schlussmessung mit Dieselkraftstoff unterzogen.

- Am Skoda Octavia wurde einer Begutachtung der Spuren des Pflanzenölggebrauches am geöffneten Motor vorgenommen, gefolgt von einer abschließenden Messung des Abgasverhaltens. Da speziell dieses Fahrzeug nahezu im täglichen Einsatz gewesen ist, und aus terminlichen Gründen zwischen Zerlegearbeiten und Abgasmessung einige Wochen verstreichen mussten, konnte dieses Fahrzeug nicht im üblichen Maße konditioniert werden, so wurde der Abgastest mit Pflanzenöl verunreinigtem Dieseltreibstoff gefahren.
- Drei Zwischenberichte wurden in regelmäßigen Abständen erstellt, sowie der Abschlussbericht und jeweils dem Auftraggebern präsentiert, siehe dazu ebenfalls Bild 1.

2.2. Fuhrpark Versuchsfahrzeuge

Insgesamt wurden 4 Fahrzeuge für das Messprogramm am IVK zur Verfügung gestellt (siehe Kapitel 2.1). Nähere Angaben zeigt Tabelle 1:

- Renault Grande Espace
- Skoda Octavia 4x4
- VW Sharan
- VW Touran (wurde im 2. Jahr der Messflotte zugeordnet)

Allgemein charakterisiert handelt es sich beim Skoda Octavia um ein relativ modernes EURO 3 und beim VW Touran um ein EURO 4 Fahrzeug mit jeweils Pumpe-Düse Direkteinspritzung und zwei EURO 2 Fahrzeuge einmal mit Wirbelkammermotor und einmal mit Direkteinspritzung jeweils mit Einspritzpumpe. Alle vier Fahrzeuge wurden vor dem Umbau längere Zeit mit konventionellem Dieseltreibstoff betrieben (siehe auch Kapitel 2.1).

Fahrzeugumbau

Das technische Know-how bzw. die Nutzerlizenz des Umbaues von Diesel- auf Pflanzenölbetrieb der 4 Versuchsfahrzeuge ist im Besitz der WALDLAND GesmbH. Die genaue Art der Umbauten an den Fahrzeugen sind dem prüfenden Institut der TU-Wien nicht bekannt und waren auch nicht Gegenstand der Bewertung.

Tabelle 1: Daten der zur Verfügung gestellten Fahrzeuge

	Renault Espace	VW Sharan	Skoda Octavia	VW Touran
Erstmalige Zulassung	06.04.2000 Euro 2	26.02.1999 Euro 2	01.07.2002 Euro 3	24.03.2003 Euro 4
Kilometerstand bei Messung mit Dieseltreibstoff	52 045	87 380	62 024	16 419
Kilometerstand bei Messung mit Pflanzenöl	70 248 115 172 166 274 196 933	98 207 120 106 147 488 170 828	66 700 87 449 120 600 141 226	36 508 54 106 68 568
Kilometerstand Abschlussmessung Dieseltreibstoff	Nicht vermessen	196 984	167 041 Motor zerlegt	107 031
Motorbauart	Kammerdiesel	Diesel Direkteinspritzung		
Einspritzsystem	Einspritzpumpe	Einspritzpumpe	Pumpe-Düse	Pumpe-Düse
Hubraum cm ³	2188	1896	1898	1896
Leistung kW / 1/min	83 / 4500	81 / 4150	74 / 4000	74 / 4000

2.3. Arbeitsprogramm

Das Arbeitsprogramm setzte sich, wie folgt, zusammen:

a. Regelmäßige Messungen an 4 ausgewählten Fahrzeugen:

Limitierter Abgaskomponenten (CO, HC, NO_x, PM) sowie Verbrauch - analog zur Typprüfungs-Prozedur im NEFZ (zur besseren Vergleichbarkeit wurde jeweils die EURO 3 - Prozedur verwendet) – siehe auch Kapitel 3.1.

Trübungsmessung gemäß der wiederkehrenden Begutachtung §57a

b. Ergänzende Messungen:

Partikelanzahl und Größenverteilung (1 Fahrzeug)

Leistungsmessung

c. Motoranalyse an einem Fahrzeug am Ende des Pflanzenölbetriebes

d. Fahrtenbuchauswertung für die gesamte Flotte

Ad a.: Bei der Messung der limitierten Abgaskomponenten (CO, HC, NO_x, PM) stand die relative Veränderung der Messwerte durch den eingesetzten Treibstoff im Zentrum der Analyse. Es wurde hier keine Überprüfung der Typprüfwerte an sich angestrebt. Daher wurden die Abgas- und Verbrauchsmessungen für alle Fahrzeuge nach der gleichen Messmethode durchgeführt, um die Vergleichbarkeit der Werte

relativ für alle Fahrzeuge zu erhalten. Jede dieser **Messprozeduren** enthält:

- Ölstandskontrolle
- Sichtkontrolle des Motors und der Abgasanlage auf offensichtliche Mängel
- Check des Fahrtenbuches bzw. der laufenden Aufzeichnungen auf Unregelmäßigkeiten oder besondere technische Vorkommnisse sowie erfolgte Services
- Eigentliches Messprogramm nach EURO 3 Methodik – siehe auch Anhang I
- Probennahme von Öl und Kraftstoff

Ad b: Die Messung der Partikelgrößenverteilung wurde nur am Skoda Octavia durchgeführt. Bei der Messung der Partikelgrößenverteilung nach der Methode von Prof. Reischl - Universität Wien - mit dem Transient Differential Mobility Particle Sizer (TrDMPS) ist von Bedeutung, dass sie parallel, also gleichzeitig, mit der sonstigen Abgasmessung im selben Fahrzyklus vorgenommen wird. Sie erfolgt über eine beheizte Entnahmesonde um Außen-Einflüsse sicher zu vermeiden.

Ad c: Zum Zwecke der Untersuchung wurde der Zylinderkopf abgehoben, Brennraum, Zylinder und Ventile begutachtet, um den Gesamtzustand zu bewerten.

Ad d: Alle am Pflanzenölprogramm Beteiligten waren gehalten ein Fahrtenbuch zu führen. Es sollten darinnen neben der erbrachten Kilometerleistung und dem Verbrauch auch nähere Umstände der Nutzung festgehalten werden.

3. Messergebnisse

Die Messergebnisse gründen sich auf die Auswertung von 4 Fahrzeugen, die jeweils eine andere Motortechnologie aufweisen (siehe Kap. 2.1 und Kap. 2.2). Auf Grund dieser Fahrzeugauswahl lassen sich die Ergebnisse nicht statistisch verallgemeinern. Die Messwerte stellen jedoch einen guten Hinweis darauf dar, dass das Emissionsverhalten im Einzelfall von der speziellen Motorkonstruktion und Motorauslegung abhängig ist und sehr unterschiedlich auf den Wechsel zu einem anderen Treibstoff reagieren kann.

Der Pflanzenölkraftstoff ist in seinen Eigenschaften durch die WALDLAND GesmbH spezifiziert und wird von einer Versorgungsstelle zwecks möglichst kleiner Streuungen bezogen.

3.1. Limitierte Emissionen (NO_x, HC, CO, PM – Masse) sowie Abgastrübung

Die Abgasmessung wurde für alle Fahrzeuge in einem einheitlichen Prüfzyklus vorgenommen. Für diese Entscheidung waren mehrere Gründe ausschlaggebend.

- Erstens konnte die Zusammensetzung der zu prüfenden Fahrzeugflotte zu Projektbeginn nicht festgelegt werden, sondern wurde erst im Projektverlauf ausgewählt. Die der Typisierung zugrunde liegende Messprozedur, wie EURO1, EURO 2, EURO 3 oder EURO 4, ist von der jeweils geltenden Gesetzeslage abhängig und nimmt Einfluss auf die Höhe des tatsächlich gemessenen Emissionswertes.
- Aus Vergleichbarkeitsgründen, um die Reaktion auf die geänderten Kraftstoffgegebenheiten einheitlich werten zu können, wurde eine für alle Fahrzeuge einheitliche Messprozedur gewählt.

Aus den vorgenannten Gründen ergibt sich eindeutig, dass die am IVK gewonnenen **Abgasmesswerte einer relativen Beurteilung dienen**. Die angegebenen Werte bei Dieselbetrieb sind nicht als Überprüfung oder Nachmessung der amtlichen Typprüfwerte zu verstehen. Zumal diese amtlichen Werte nicht individuell für jedes Fahrzeug sondern nur für ausgewählte Fahrzeuge jeder Baureihe ermittelt werden, ist selbst für Dieselkraftstoff eine merkliche Abweichung im Einzelfall zu erwarten. Die Ergebnisse beim Einsatz von Pflanzenöl sind damit, unabhängig von der insgesamt gewählten Messprozedur, nur als relative Verbesserung oder Verschlechterung im Vergleich zum Dieselbetrieb zu sehen. In der folgenden Tabelle 2 werden die Durchschnittswerte aus allen erfolgten Messungen aufgelistet. Die Pflanzenöl-Emissions-Werte werden aus den bisherigen Messungen bei den Kilometerständen gemäß Tabelle 1 inklusive der Wiederholungsmessungen gebildet.

Es zeigt sich beim Renault – Kammermotor für gasförmige Emissionen eine relativ gute Übereinstimmung der Messwerte bei Dieselbetrieb und Pflanzenölbetrieb. In zwei Fällen stehen bei den direkteinspritzenden Motoren unkritischen Emissionswerten bei CO und HC im Pflanzenölbetrieb, deutliche Verschlechterungen bei NO_x gegenüber. Die im Anhang angegebenen Emissionsgrenzwerte sind mit Ausnahme der EURO 3 Werte für den Skoda Octavia und der EURO 4 Werte für den VW Touran nur als Größenordnung zu verstehen. Der eine hier gemessene Skoda

Octavia würde mit Pflanzenöl die Vorgaben zur Typisierung bei NO_x nicht erfüllen, wie auch der VW Touran insgesamt die Typisierungskriterien verfehlen würde. Weitergehende Aussagen zu den anderen Fahrzeugen älterer Baureihen, ursprünglich nach alten Richtlinien zugelassen, sind nicht zu treffen.

Tabelle 2: Abgasmesswerte im NEFZ-2000 (neuer europäischer Fahrzyklus) im Vergleich und Abgastrübung gemäß § 57a. – Durchschnitt über alle Messungen

	Renault Espace		VW Sharan			Skoda Octavia			VW Touran		
	Diesel	Pflanzenöl	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schluss mess.	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schluss mess.	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schluss mess.
CO g/km	0,295	0,355	0,810	0,487	0,656	0,230	0,303	0,275	0,038	0,103	0,054
HC g/km	0,030	0,035	0,190	0,081	0,126	0,055	0,039	0,033	0,003	0,024	0,017
NO _x g/km	0,635	0,673	0,530	1,204	0,780	0,440	1,342	2,007	0,302	0,415	0,356
HC+NO _x	0,665	0,707	0,720	1,284	0,906	0,495	1,381	2,040	0,305	0,438	0,373
PM g/km	0,053	0,075	0,069	0,079	0,072	0,028	0,039	0,046	0,034	0,100	0,064
Trübung m ⁻¹	1,41	1,26	0,37	0,74	1,03	0,55	0,65	1,37	1,02	1,27	1,22

Im Hinblick auf die Umweltsituation ist jedoch deutlich erkennbar, dass die ohnehin als kritisch zu wertenden NO_x-Emissionen von Dieselmotoren durch Pflanzenöl weiter verschlechtert werden. Auch die Partikelemission mit Pflanzenöl ist als eher ungünstig zu sehen. Dies gilt besonders vor dem Hintergrund, dass es in Europa erste sektorale Fahrverbote für Dieselfahrzeuge mit höherer Emission gibt und die Frage nach der Emissionshöhe auch bei alternativen Treibstoffen zukünftig nicht mehr ausgeblendet werden wird.

In den folgenden Bildern werden die Messergebnisse im Vergleich zu Dieselbetrieb aufgeschlüsselt nach den jeweiligen Messkampagnen dargestellt. Ergänzt werden die Darstellungen noch durch eine Abschlussmessung, die beim Skoda Octavia, VW Sharan und VW Touran durchgeführt wurde. Die Abschlussmessung wurde beim VW Sharan und VW Touran nach etwa 1000 km Konditionierungsfahrt mit Dieseltreibstoff im für Pflanzenöl umgebaute Zustand vorgenommen. Beim Skoda Octavia wurde aus Termingründen ohne Konditionierungsfahrt und mit noch mit Pflanzenöl (~ 10%) verunreinigtem Dieseltreibstoff gemessen.

Bild 2 gibt entsprechend der Abfolge gemäß der 1., 2., 3. und 4. Pflanzenölmessung für die vier Fahrzeuge der Pflanzenölmessflotte bei Kohlenmonoxid die Ergebnisse wieder. Die Balken mit „D“ gekennzeichnet geben die Werte der Abschlussmessung mit Dieselkraftstoff in nicht rückgebautem Zustand an. In Bild 2 sind auch die „EURO“ Grenzwerte angegeben, um einen Referenzwerte für die Größenverhältnisse zu haben. Auf einen Blick zu sehen sind einerseits die deutliche Streuung zwischen den Emissionswerten eines Fahrzeuges und andererseits die erheblichen Unterschiede zwischen den Fahrzeugen. Der Renault pendelt gewissermaßen um den CO-Dieselwert. Erfreulich gute eher stabile Kohlenmonoxid-Abgaswerte hat der Sharan im Vergleich zum ursprünglichen Dieselbetrieb. Der zu Beginn bei CO gute Skoda wurde mit fortschreitender Versuchsdauer deutlich schlechter. Hingegen sind die Ergebnisse beim Touran tendenziell relativ schlecht und wie sich gezeigt hat, zieht sich dieses Problem durch alle Messkomponenten. Auch die Abschlussmessung mit Dieselkraftstoff aber mit Pflanzenölmehlbau zeigt beim Touran relative schlechte Ergebnisse. Dies ist sicher auch als Indiz zu werten, dass noch Potenzial zur Optimierung gegeben ist.

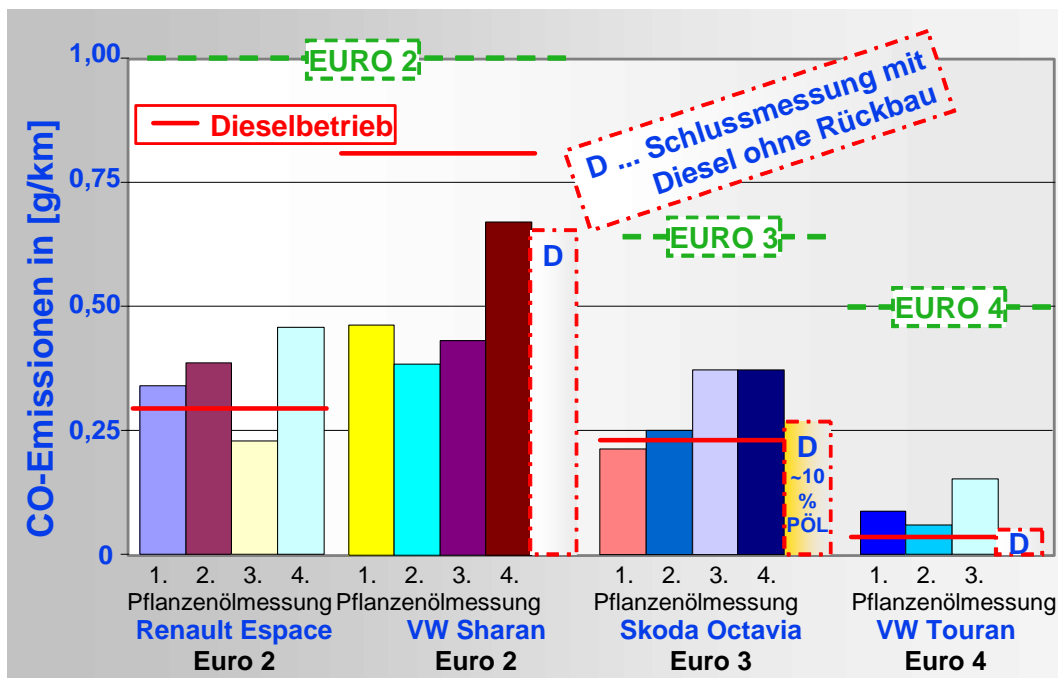


Bild 2: Ergebnis im Verhältnis zu Dieselbetrieb bei Kohlenmonoxid – CO – Emission für die PKW- Pflanzenölmessflotte nach 4 Pflanzenöl Messterminen im NEFZ.

Bei der Kohlenwasserstoff Emissionsmessung zeigt Bild 3 für die 4 Pflanzenöl Messterminen im NEFZ ein ähnlich Verhalten wie bei CO, jedoch verglichen mit

Dieselmotoren bei tendenziell besseren Relativwerten. EURO - Grenzwerte werden bei Dieselfahrzeugen nicht explizit angegeben.

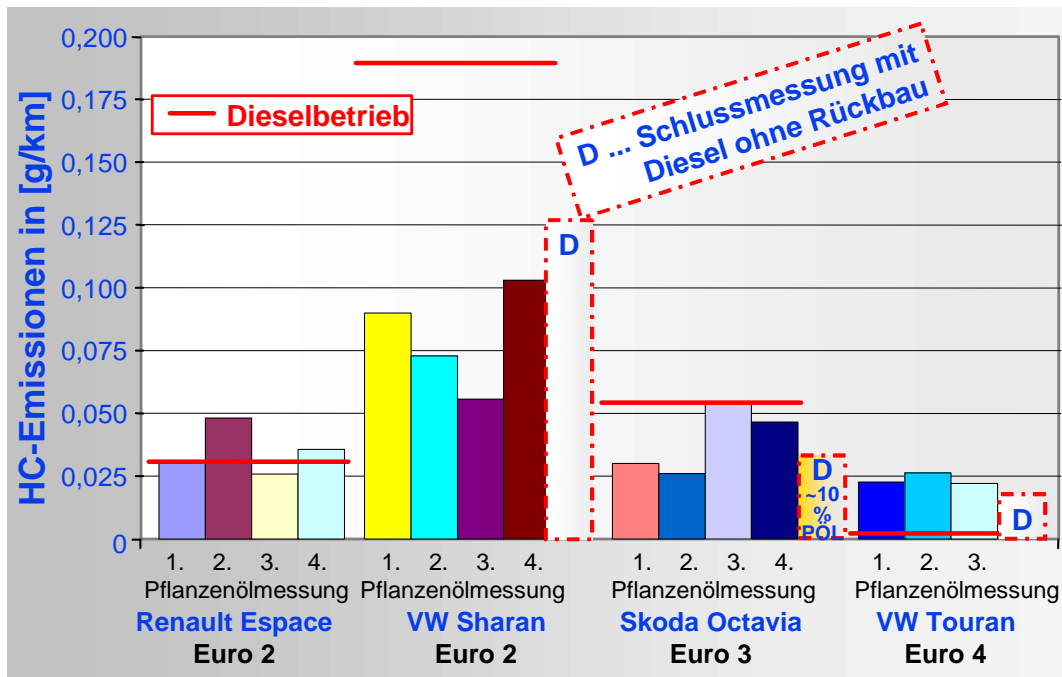


Bild 3: Ergebnis im Verhältnis zu Dieselmotoren bei Kohlenwasserstoff – HC – Emission für die PKW- Pflanzenöltestflotte nach 4 Pflanzenöl Messterminen im NEFZ.

Der Renault Espace pendelt bei den unverbrannten Kohlenwasserstoffen um den Dieselmotorenwert, Octavia und Sharan sind besser mit Pflanzenöl. Obwohl auch hier mit der Laufleistung beim Octavia die HC Werte schlechter wurden, hat selbst der schlechteste Messwert gerade den Dieselmotorenreferenzwert erreicht. Die Ausnahme ist dabei der VW Touran mit offenbar markanten Verbrennungsproblemen und dazu passenden HC-Emissionen.

Bei nahezu allen Messterminen zeichnen sich die Stickstoffdioxid – NOx – Emissionen eindeutig durch hohe und mit der Zeit weiter ansteigende Werte aus, wie **Bild 4** vermittelt. Explizite Typprüfwerte für NOx, hier als Referenzwert gezeigt, existieren nur ab Euro 3. Auffällig dabei ist der Euro 3 Skoda, der mit relativ durchschnittlichen Werten bei der 1. Messung beginnt und bei der 3. und 4. Messung die weitaus größte Steigerung aufweist. Der Sharan weist ebenfalls eine deutlich mit der Zeit steigende Tendenz zur NOx-Zunahme auf. Selbst der Touran mit seinem offensichtlich problematischen Verbrennungsablauf kann die NOx-Werte aus dem Dieselmotorenbetrieb nicht einhalten.

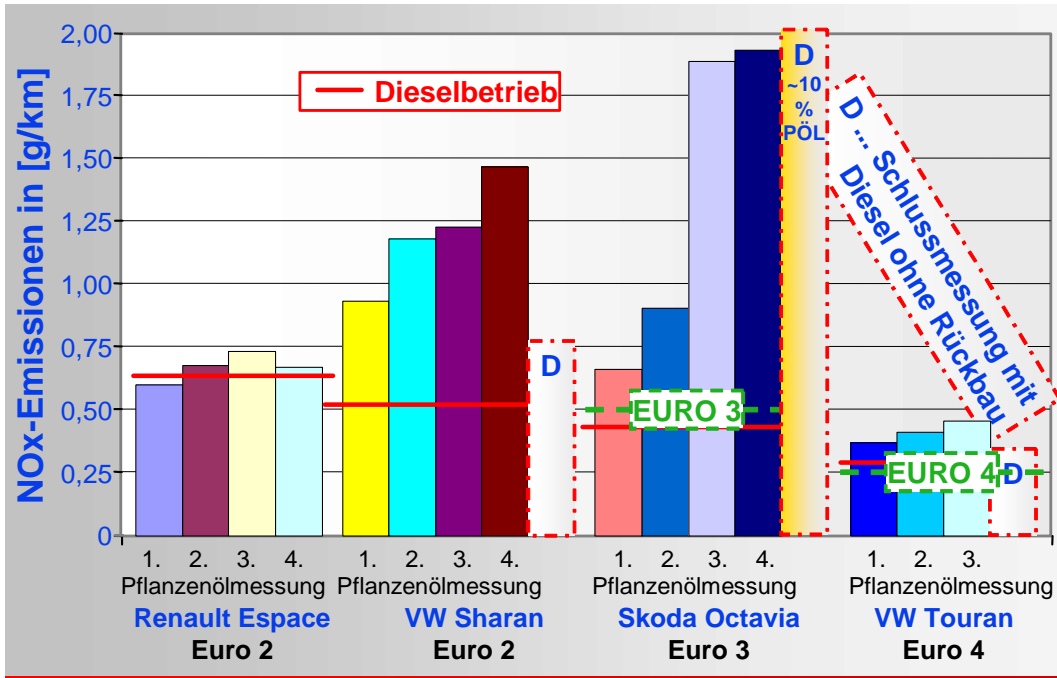


Bild 4: Ergebnis im Verhältnis zu Dieselbetrieb bei Stickstoffoxid – NOx – Emission für die PKW- Pflanzenölmessflotte nach 4 Pflanzenöl Messterminen im NEFZ.

Interessanterweise zeigt sich der Einfluss von Pflanzenöl deutlich unterschiedlich in der Partikelemission (**Bild 5**) und der Abgas-Trübung (**Bild 6**). Die extreme Abgastrübung des Motors mit Direkteinspritzung und konventioneller Einspritzpumpe (Sharan) findet sich bei der Partikelemission nicht wieder.

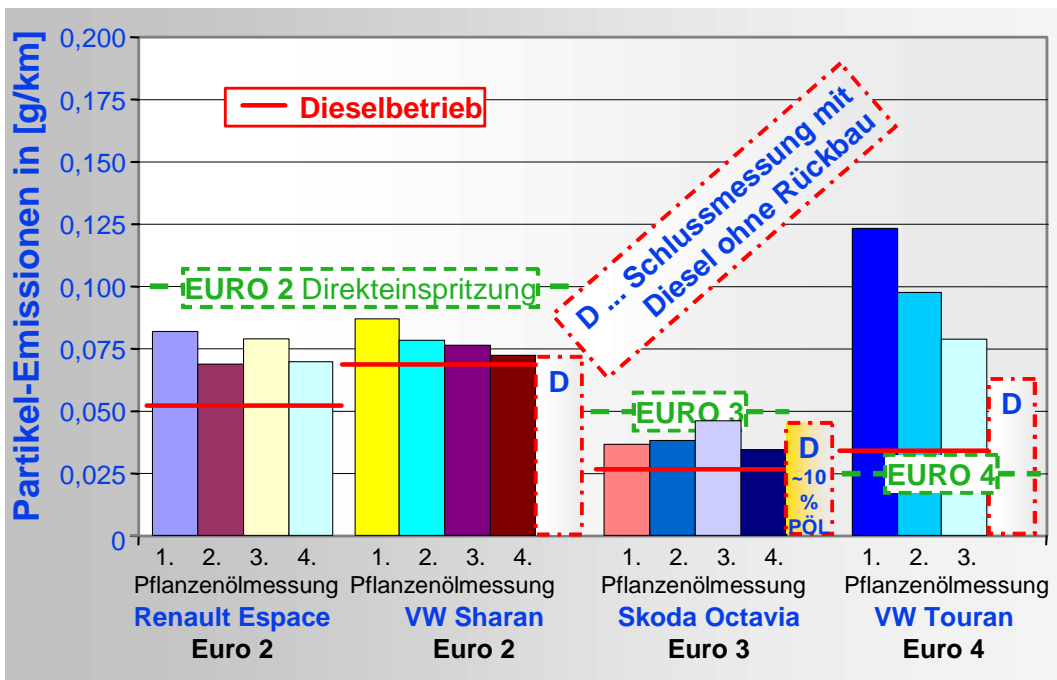


Bild 5: Ergebnis im Verhältnis zu Dieselbetrieb bei Partikel – PM – Emission für die PKW- Pflanzenölmessflotte nach 4 Pflanzenöl Messterminen im NEFZ

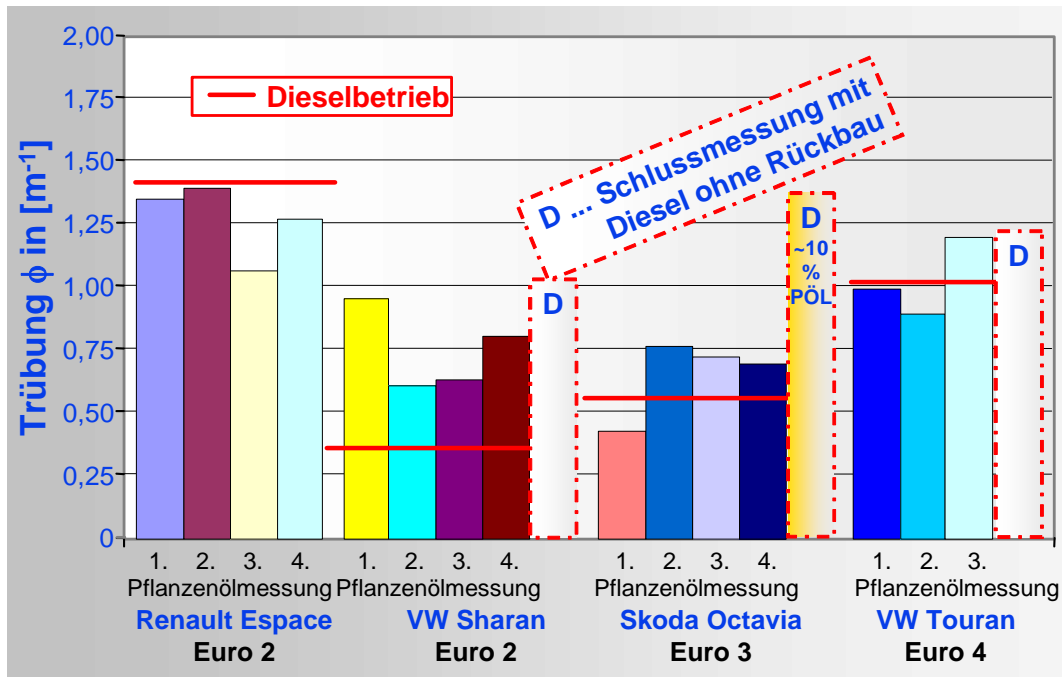


Bild 6: Ergebnis im Verhältnis zu Dieselbetrieb bei der Trübung gemäß § 57a.

Problematisch sind bei Partikel die absolut hohen Werte des VW Touran, die den Euro 4 Typprüfgrenzwert von 0,025 g/km um mehr als das Vierfache überschreiten, der Grenzwert für die Typprüfung wurde auch mit Diesel, wie auch schon bei NOx, bereits überschritten. Auch bei der Schussmessung sind die Werte nicht zufriedenstellend. Auffallend ist, dass der hohen Partikelmasse beim Touran (DI / Pumpe-Düse) niedrige Trübungswerte gegenüberstehen, wohingegen bei Skoda (DI / Pumpe-Düse) sowohl Partikelmasse als auch Trübung relativ zum Dieselbetrieb ähnliche Zunahmen erfahren.

3.2. Detaillierte Partikelanalyse

Die Partikel-Emission steigt bei allen Motoren durch Pflanzenöl über den gesamten NEFZ-2000-Fahrzyklus markant an. Betrachtet man nur die Einzelabschnitte für Stadtfahrzyklus inklusive Kaltstart („Teil 1“) sowie Überlandfahrzyklus („Teil 2“) ergibt sich ein differenzierteres Bild. Tabelle 3 zeigt ebenfalls deutliche Unterschiede zwischen den Motorkonzepten mit Kammermotor bzw. mit Direkteinspritzung.

Beim Renault Kammermotor steht einer deutlichen Verbesserung in Teil 1 (Start und Stadt) eine extreme Verschlechterung in Teil 2 (Überland) bei höherem Leistungsbedarf gegenüber.

Tabelle 3: Partikelemission aufgeschlüsselt nach Teil 1 (Start und Stadt) und Teil 2 (Überland) im NEFZ-2000 (neuer europäischer Fahrzyklus) im Vergleich – Durchschnitt über alle Messungen

	Renault Espace		VW Sharan			Skoda Octavia			VW Touran		
	Diesel	Pflanzenöl	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schlussmess.	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schlussmess.	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schlussmess.
PM Teil 1 in g	0,501	0,397	0,374	0,550	0,391	0,142	0,256	0,130	0,142	0,486	0,238
PM Teil 2 in g	0,083	0,430	0,386	0,315	0,396	0,158	0,173	0,376	0,238	0,623	0,462

Bei der Direkteinspritzung ergeben sich gewissermaßen gegenteilige Verhältnisse, wie Bild 7 für Octavia und Sharan veranschaulicht. Einer deutlich höheren Partikelemission in Teil 1 steht eine Emissionsverbesserung im Überlandteil gegenüber. Ausnahme ist auch bei Partikeln der Touran

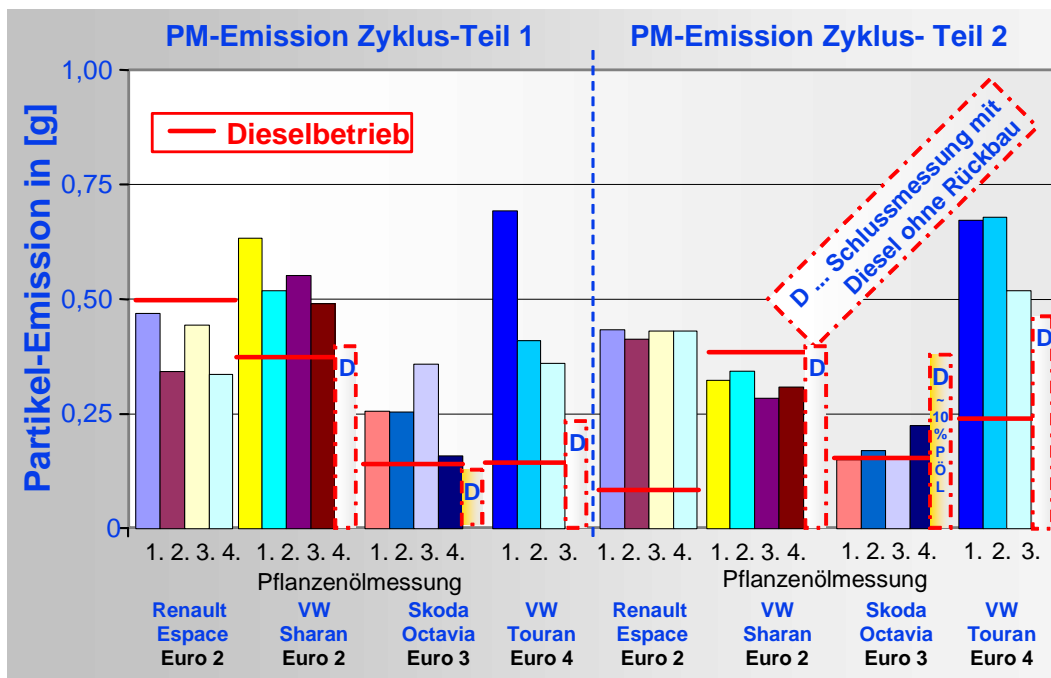


Bild 7: Ergebnis im Verhältnis zu Dieselbetrieb bei Partikeln für die PKW- Pflanzenöltestflotte nach 4 Pflanzenöl Messterminen in Teil 1 und Teil 2 des NEFZ.

Um die Unterschiede in Abhängigkeit von den Lastzyklen besser verstehen zu können, wurde gleichzeitig mit der Massenemission der Abgase beim Skoda Octavia auch die Partikelanzahl und Größenverteilung bestimmt. Die Messung der Partikelgrößenverteilung erfolgte nach der Methode von Prof. Reischl - Universität Wien - mit dem Transient Differential Mobility Particle Sizer (TrDMPS). Für Bild 8 wurde die

Partikelanzahl pro Abgas-Volumen, sowohl im Dieselbetrieb als auch mit Pflanzenöl, über einen Messzyklus gemäß dem NEFZ mit Kaltstart ermittelt.

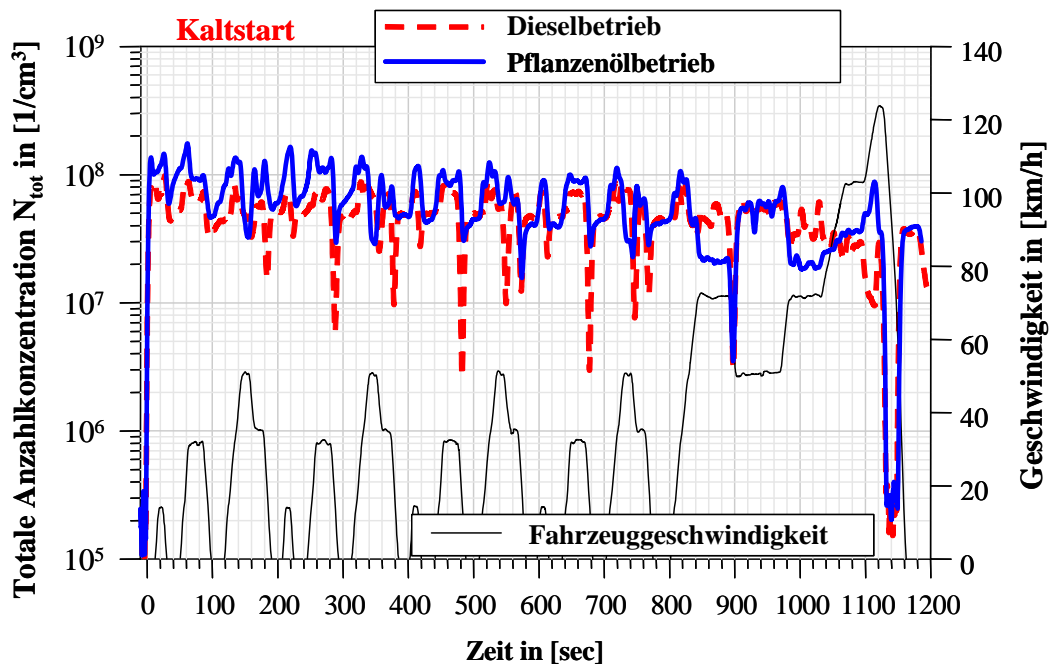


Bild 8: Totale Partikelanzahl im NEFZ – Skoda Octavia

Die Anzahlskala ist logarithmisch dargestellt. Es zeigt sich, dass über den gesamten ersten Teil die totale Partikelanzahlkonzentration im Dieselbetrieb deutlich günstiger ist. Unter der totalen Konzentration ist das Integral über alle im Messbereich liegenden Partikelgrößenklassen (also von etwa 5 nm bis 600 nm) zum jeweiligen Zeitpunkt zu verstehen. Die Verhältnisse ändern sich jedoch im Überlandteil, in dem gerade in moderaten Konstantfahrbereichen bei etwa 70 km/h der Pflanzenölbetrieb Vorteile aufweist. Diese Ergebnisse decken sich mit den gravimetrischen Messergebnissen in Bild 7.

In den folgenden Bildern werden einzelne Abschnitte im NEFZ herausgegriffen und der Einfluss des Kaltstarts (20°C Umgebungstemperatur) dem Warmstart (betriebswarmer Motor) gegenübergestellt. In **Bild 9** wird der allererste Abschnitt im Stadtfahrtteil des NEFZ verglichen. Es zeigt sich, dass der Vorteil durch Dieseltreibstoff bei Warmstart tendenziell kleiner wird. Interessanterweise zeigt sich die Anzahlkonzentration bei Pflanzenölbetrieb weniger sensibel bei Laständerungen am Motor speziell nach Warmstart.

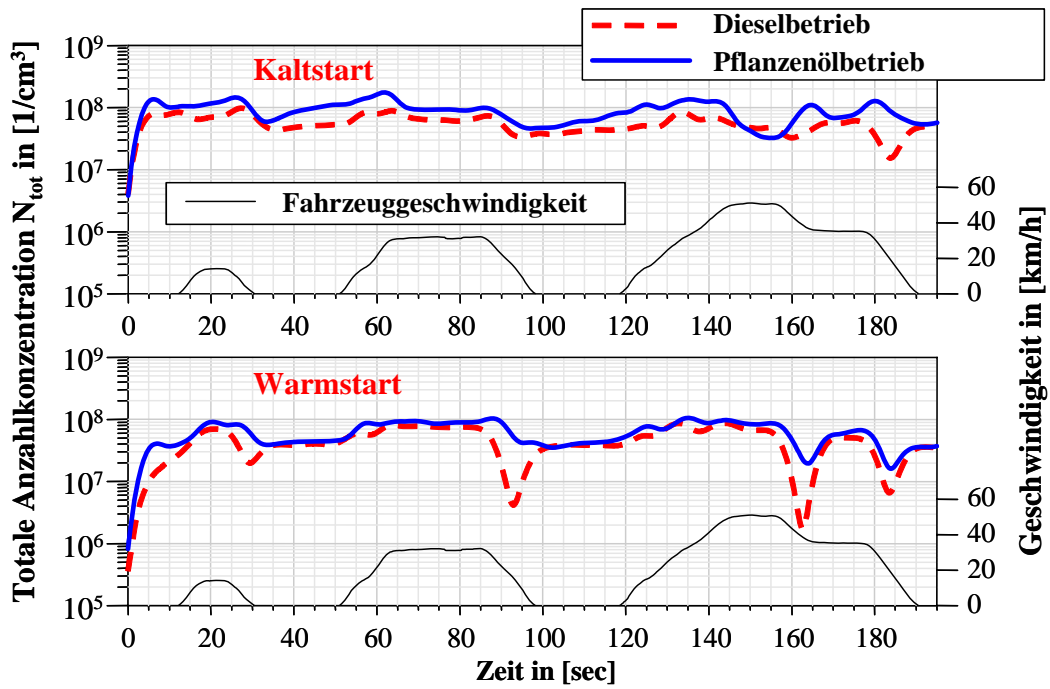


Bild 9: Gesamt-Partikelanzahl im ersten Stadt - Zyklus im NEFZ – Skoda Octavia

Im letzten Teil des NEFZ, dem Überlandteil, hingegen verschlechtert sich das Dieserverhalten besonders bei konstanter Motorlast während Konstantfahrbereichen; **Bild 10.** Nach Warmstart sind die relativen Verbesserungen durch Pflanzenölbetrieb noch stärker.

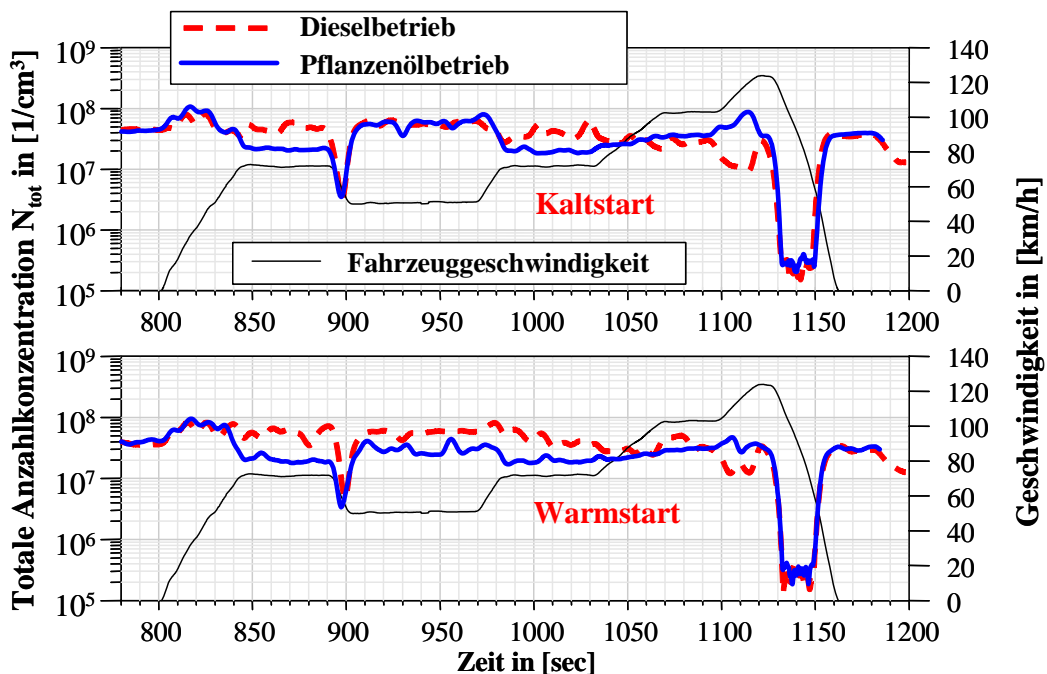


Bild 10: Gesamt-Partikelanzahl im Überlandteil im NEFZ – Skoda Octavia

Zusammenfassend zeigen **Bild 11** und **Bild 12** im Folgenden den zeitlichen Verlauf für die kumulierte totale Partikelkonzentration nach Kalt- und Warmstart.

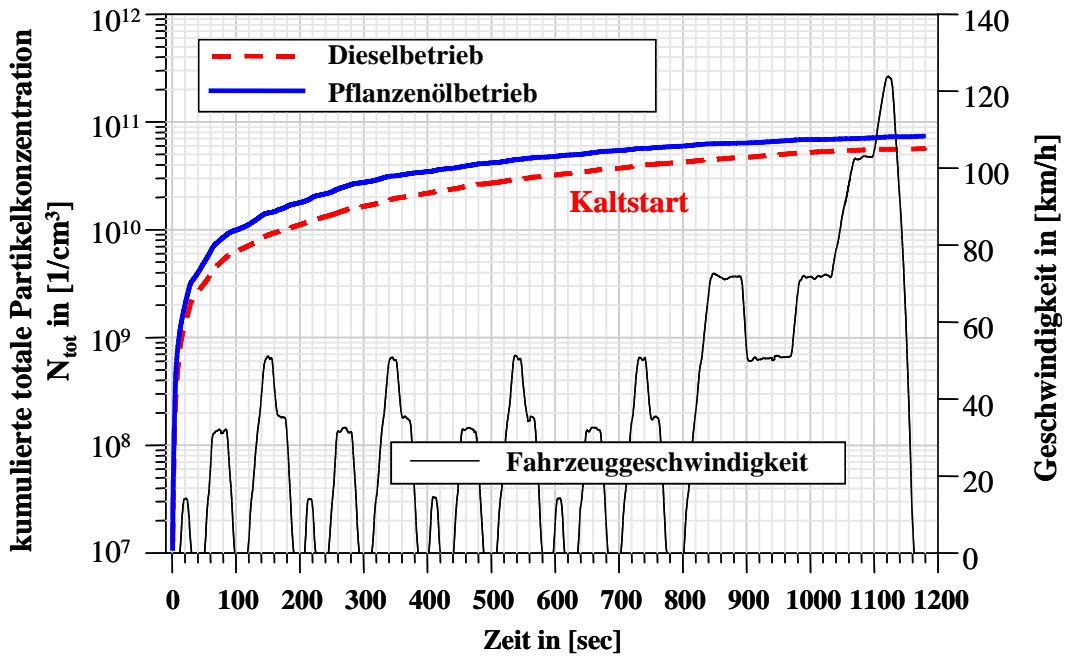


Bild 11: Zeitlicher Verlauf für kumulierte totale Partikelkonzentration nach Kaltstart – Skoda Octavia

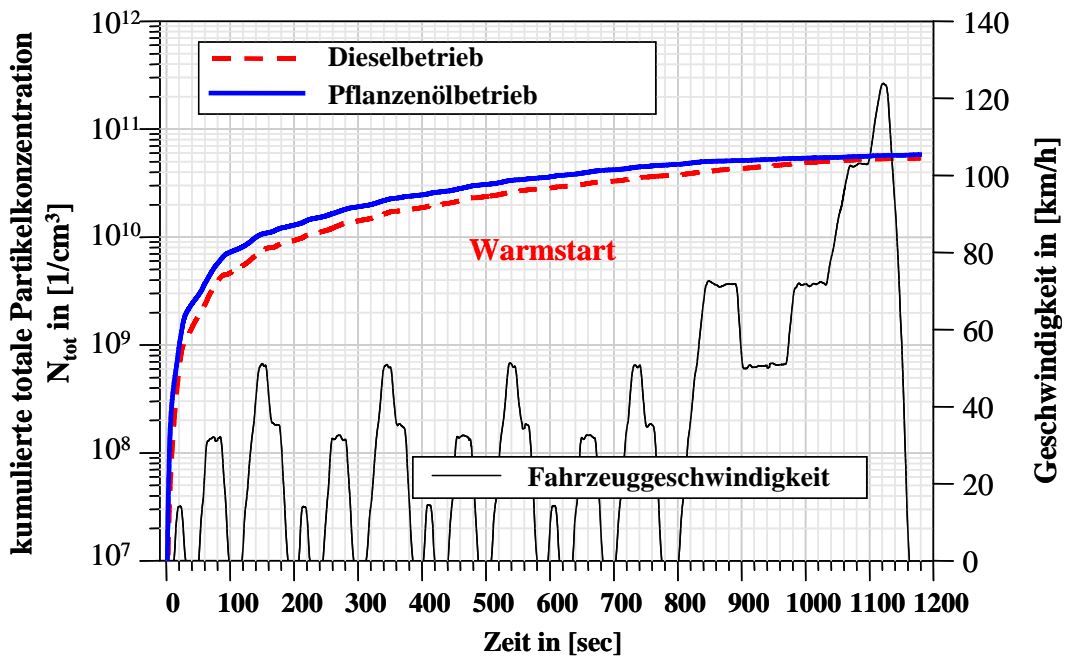


Bild 12: Zeitlicher Verlauf für kumulierte totale Partikelkonzentration nach Warmstart

Der Abgasvolumenstrom ist aufgrund des Messaufbaues nicht bekannt. Es handelt sich tatsächlich um die Partikelkonzentration - nicht die Partikelanzahl-, da nicht mit dem ohnehin unbekanntem Abgasvolumenstrom multipliziert werden kann. Unter der Annahme, dass sich der Abgasvolumenstrom zwischen den beiden Fahrzeugapplikationen nur geringfügig ändert, kann man die Konzentrationswerte direkt vergleichen.

3.3. Kohlendioxid-Emissionen und Verbrauch

Obwohl Pflanzenöl ein regenerativ erzeugter Energieträger ist, also gewissermaßen CO₂-neutral ist, werden in der Produktion und Bereitstellung nicht unerhebliche Mengen an Klimagasen freigesetzt, daher ist auch bei diesem Energieträger sparsamer Verbrauch und damit geringe CO₂-Emission von Bedeutung. Bei den Kohlendioxidemissionen bzw. dem Verbrauch ergibt sich nur beim technologisch überholten Kammer-Diesel ein mit dem Dieselbetrieb vergleichbarer Wert (Tabelle 4). Bei allen moderneren Motoren mit Direkteinspritzung zeigt sich eine Erhöhung durch Pflanzenölbetrieb. Speziell fallen hier der Motor mit Direkteinspritzung und konventioneller Einspritzpumpe sowie der Touran mit Pumpe-Düse mit deutlich über 20 % Zunahme im Pflanzenölbetrieb auf.

Tabelle 4: CO₂-Emissionen und Kraftstoffverbrauch im Vergleich – Durchschnitt über alle Messungen

	Renault Espace		VW Sharan			Skoda Octavia			VW Touran		
	Diesel	Pflanzenöl	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schluss mess.	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schluss mess.	Diesel	Pflanzenöl	Diesel Schluss mess.
CO ₂ g/km	216	212	151	178	162	176	180	169	170	203	181
l/100km	8,15	8,12	5,71	6,82	6,13	6,65	6,86	6,39	6,42	7,78	6,83

Die Umrechnung von g CO₂ /km zu Liter Kraftstoff /100 km erfolgt über den Kohlenstoffanteil des jeweiligen Treibstoffes aus der Treibstoffanalyse.

K_C ... Konzentration von Kohlenstoff im jeweiligen Treibstoff in [Massen%/100]

ρ ... Dichte in [kg/m₃] ÷ [g/l]

Der emittierte Kohlenstoff C_{Em} errechnet sich als Summe aus dem

- direkt emittierten CO₂ von der Verbrennung gemessen am Rollenprüfstand.
1 g CO₂ ÷ 0,272918965 g C_{CO2}
- mit CO gemessen am Rollenprüfstand
1 g CO ÷ 0,428808074 g C_{CO}
- mit unverbranntem HC gemessen am Rollenprüfstand
1 g HC ÷ 0,866 g C_{HC} (Erfahrungswert häufig gleich K_C gesetzt)
- Der Kohlenstoff aus dem Partikelruß wird in der Regel vernachlässigt

$$C_{Em} [g/km] = C_{CO2} + C_{CO} + C_{HC}$$

$$\text{Verbrauch ist } b[l/100km] = \frac{C_{Em} [g/km] * 100}{K_C [\text{Massen\%/100}] * \rho [g/l]}$$

3.4. Leistungsmessung

Die vergleichende Leistungsmessung an den Fahrzeugen hat im wesentlichen nur geringe Unterschiede zwischen Diesel- und Pflanzenölbetrieb gezeigt und dies zugunsten von Pflanzenöl; Tabelle 5. Selbst beim abgasmäßig problematischen Touran zeigen sich gute Leistungsdaten.

Tabelle 5: Leistungsmessung mit Pflanzenöl nach ISO 1585

	Renault Espace	VW Sharan	Skoda Octavia	VW Touran
Max. Norm-Leistung kW	83	81	74	74
Mit Pflanzenöl kW	85,5	85	75,5	76,5

3.5. Motoranalyse am Skoda Octavia

Zum Projektabschluss wurde ein Fahrzeug ausgewählt, um am „offenen“ Motor mögliche Spuren des Pflanzenölbetriebes zu dokumentieren. Dabei fiel die Wahl auf das Fahrzeug mit dem modernsten Motorkonzept, das die gesamte Projektdauer am Versuch teilgenommen hat, den Skoda Octavia.

Zum Zwecke der Untersuchung wurde der Zylinderkopf abgebaut und anschließend Brennraum, Zylinder und Ventile begutachtet um den Gesamtzustand zu bewerten. Der erste Eindruck hat einen in seiner Funktion nicht beeinträchtigten Motor mit für das Alter zu erwartenden Verschleißspuren gezeigt; Bild 13. Die Funktionalität der Bauteile war nicht eingeschränkt.

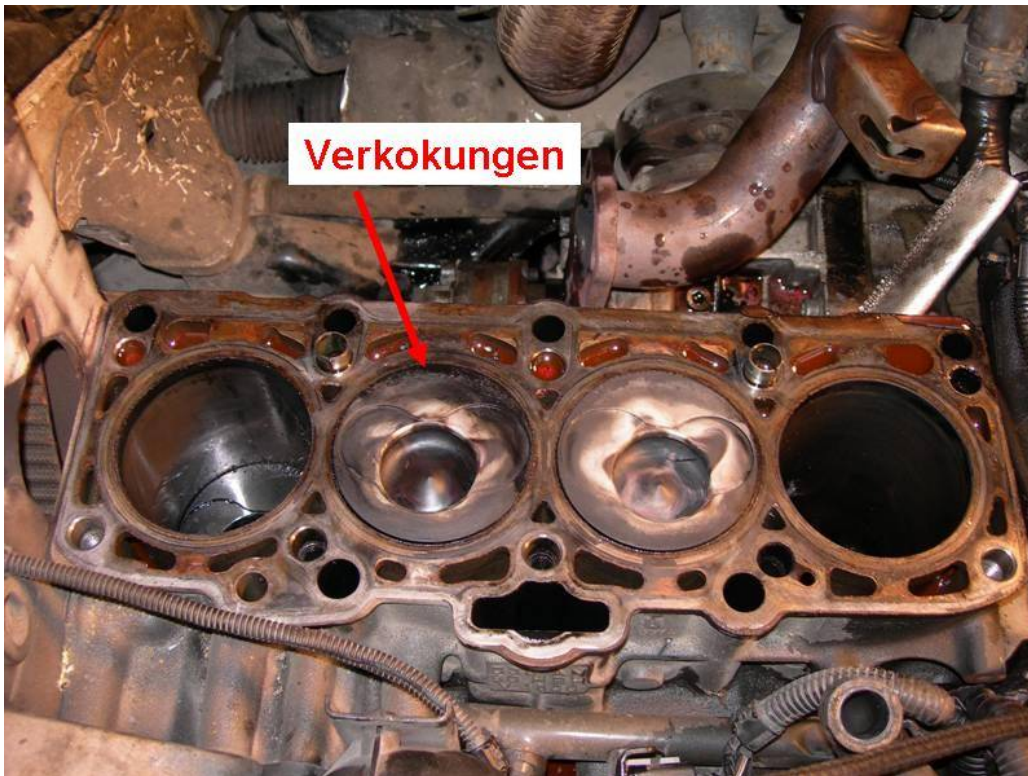


Bild 13: Skoda Octavia: nach 100 000 km Pflanzenölbetrieb - Motorblock mit eingebauten Zylindern

Doch bei genauerer Betrachtung zeigten sich doch durchaus merkbare Verkokungen, wie sie bei normalem Dieselmotor nicht üblich sind. So waren Ablagerungen an den Kolbenkanten und auch entlang der Klobenringe teilweise deutlich ausgeprägt; Bild 14. Am deutlichsten waren die Veränderungen im Auslasstrakt bzw. am Schaft des Auslassventils; Bild 15.

Auch wenn diese spröden, harten und porösen Verkokungen die eigentliche Verbrennung bei diesem Dieselmotor wohl kaum beeinträchtigt haben, so können doch abplatzende Stücke zu Folgeschäden wie speziell aus dem Auslasstrakt z.B. den Turbolader beschädigen. Auch zukünftig erhöhter Verschleiß im Bereich der Kolbenringe ist denkbar, zumal unter Berücksichtigung des zeitlichen Verlaufes des Pflanzenölexperimentes. Dieses Fahrzeug wurde nur knapp 100 000 km mit Pflanzenöltreibstoff gefahren.



Bild 14: Skoda Octavia: nach 100 000 km Pflanzenölbetrieb – ausgebauter Kolben



Bild 15: Skoda Octavia: nach 100 000 km Pflanzenölbetrieb – Zylinderkopf mit geöffnetem Ventil

4. Fahrtenbuchauswertung

Alle am Pflanzenölprogramm Beteiligten waren gehalten ein Fahrtenbuch zu führen. Es sollten neben der erbrachten Kilometerleistung und dem Verbrauch auch nähere Umstände der Nutzung festgehalten werden. So sollte versucht werden die Betankung mit reinem Pflanzenöl (sowie von Mischbetrieb mit Diesel für besseres Startverhalten und Winterbetrieb) gut nachvollziehbar zu machen, sowie reinen Dieseltreibstoff aus Gründen fehlender Pflanzenöl-Tankgelegenheit deutlich zu kennzeichnen. Ein weiterer Punkt war die Aufzeichnung von Ölwechsel, Service und Reparaturarbeiten, abgerundet durch persönliche Bemerkungen.

Für die Auswertung in diesem Bericht wurde der Fahrtenbuch-Rücklauf bis März 2008 berücksichtigt. Von 2004 bis 2008 sind insgesamt von 89 Fahrzeugen Fahrtenbücher beim Institut eingegangen. Leider hat sich ein Teil davon als mangelhaft ausgefüllt erwiesen. Insgesamt lagen 165 Fahrtenbücher vor, davon konnten 136 zur genaueren Analyse herangezogen werden. Aufgrund von Aufzeichnungsmängeln wurden also etwa 18% der eingegangenen Fahrtenbücher ausgeschieden; Bild 16.

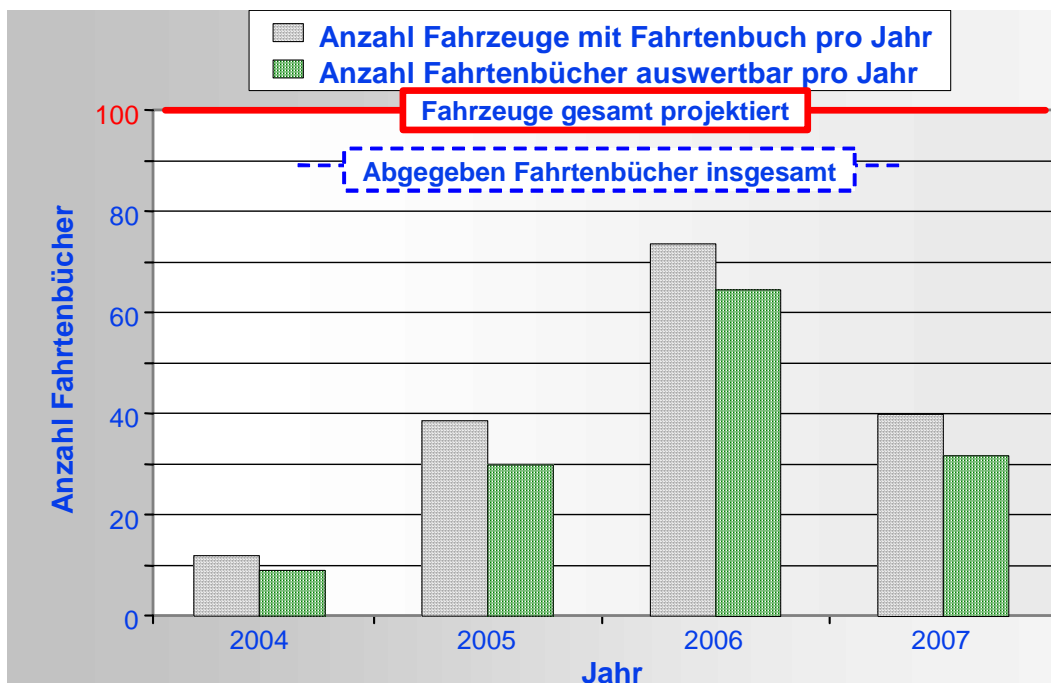


Bild 16: Selektion auswertbarer Fahrtenbücher pro Jahr

Ein weiteres Problem, das jedoch nicht von den Teilnehmern zu beeinflussen ist, stellt die Teilnahme am Programm für nur einen Teil des Jahres dar, wie es speziell

zu Beginn der Teilnahme oder bei Fahrzeugwechsel auftritt. Daher wurde ausgehend von Monaten als Berechnungsbasis in denen Fahrleistung erbracht worden ist, ein Fahrzeug-Äquivalent abgeleitet, siehe dazu Bild 17.

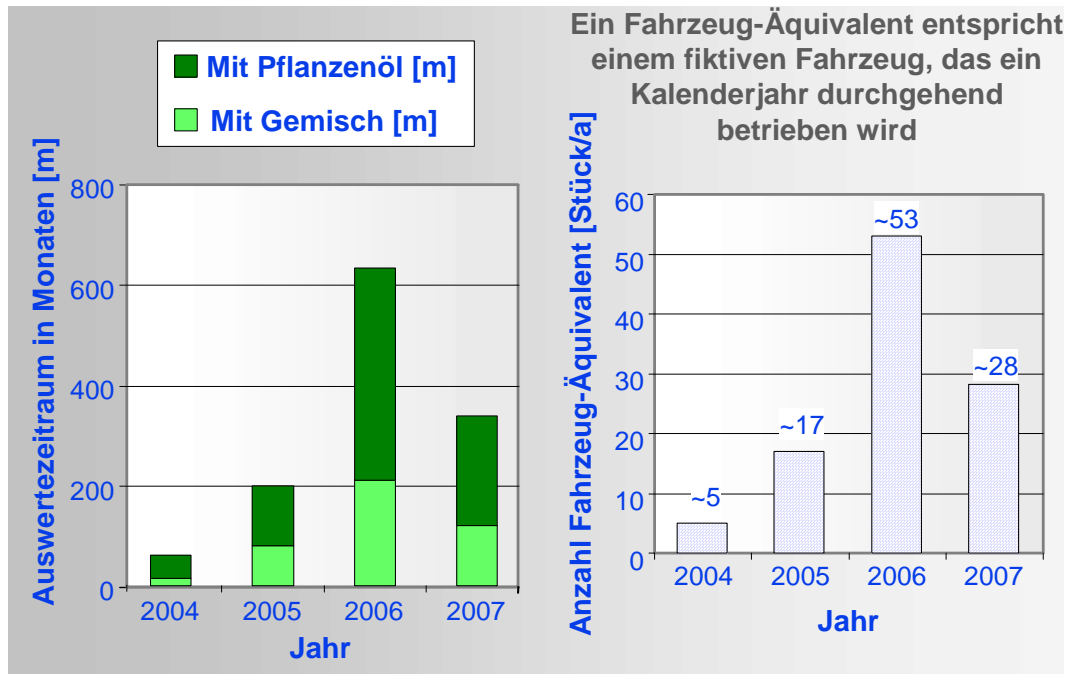


Bild 17: Effektiver Auswertzeitraum in Monaten – davon abgeleitet „Anzahl Fahrzeug-Äquivalent“

Praktisch bedeutet das etwa für die Auswertung im Jahr 2005, dass von allen Fahrzeugen der Testflotte zusammen in diesem Jahr 201 Monate Fahrleistungen erbracht worden sind. Da ein Fahrzeug-Äquivalent einem fiktiven Fahrzeug entspricht, das ein Kalenderjahr durchgehend betrieben wird, ergeben diese 201 Monate etwa 17 fiktive Fahrzeuge, die ein Jahr betrieben worden sind. Damit können die erbrachten Fahrleistungen besser verglichen werden.

Die aus dem fiktiven Fahrzeug-Äquivalent abgeleiteten durchschnittlichen Jahresfahrleistungen zeigt Bild 18. Es zeigt sich, dass die erbrachten Fahrleistungen für Fahrzeuge dieser Klassen- und Altersstruktur in etwa normal sind.

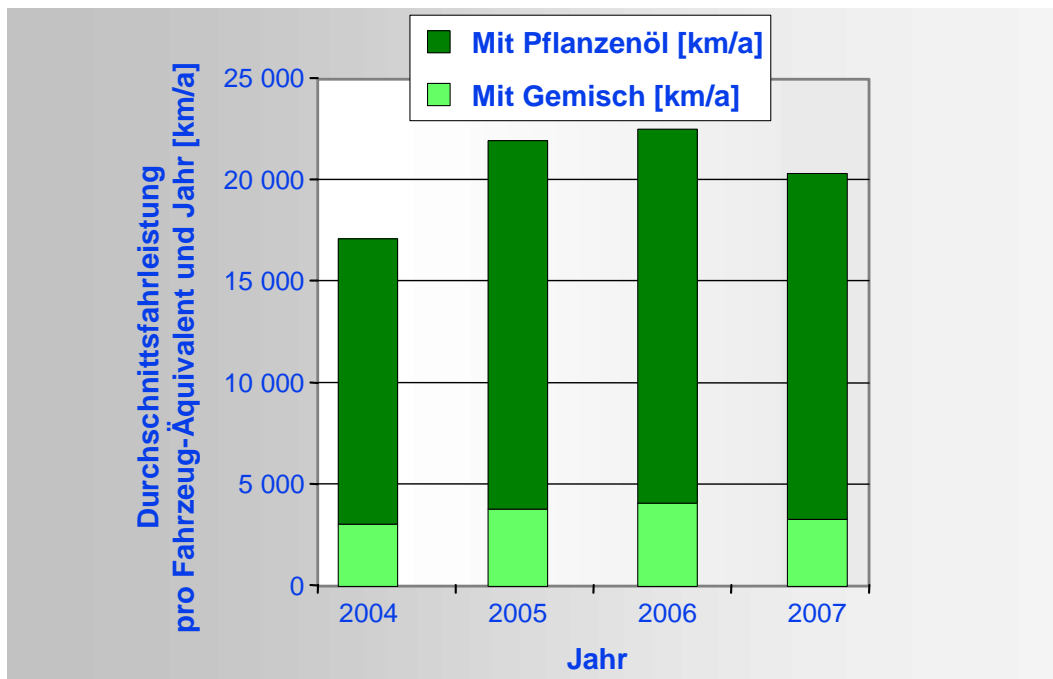


Bild 18: Jährliche Durchschnittsfahrleistung pro Fahrzeug-Äquivalent aufgeteilt nach Pflanzenöl- und Mischbetrieb

Die Zufriedenheit der Teilnehmer am Flottentest stellt ein wichtiges Kriterium dar und wird in den folgenden Bildern analysiert. Für die Zufriedenheitsbewertung wurden nur Fahrtenbücher berücksichtigt, die auch sonst für Fahrleistungs- und Verbrauchsauswertungen herangezogen wurden.

Zur Ergänzung der schriftlichen Fahrtenbucheinträge wurde auch eine persönliche telefonische Befragung durchgeführt, um einen besseren Eindruck von der subjektiven Sichtweise der Teilnehmer zu gewinnen.

Gefragt wurde nach 4 Gesichtspunkten:

- Verbrauchsverhalten mit Rapsöl - gut, neutral, schlecht
- Motorleistung mit Rapsöl - gut, neutral, schlecht
- Winterverhalten - Motorstart - gut, neutral, schlecht
- Zufriedenheit insgesamt - gut, neutral, schlecht

Das **Verbrauchsverhalten** wurde überwiegend als **unverändert** empfunden, oder als **etwas höher** eingestuft.

Die **Leistungsentfaltung** wurde überwiegend als **unverändert** empfunden, oder als **geringfügig schlechter** bezeichnet. Bei schlechter wurde oft der Zusammenhang zu Kaltstart hergestellt.

Der Winterbetrieb ist insgesamt differenzierter zu betrachten, obwohl die Aussagen insgesamt eindeutig positiv waren. Es gab häufiger Startprobleme bei kalten Temperaturen ab etwa -5° , wenn nicht entsprechend Diesel zugemischt worden ist. Die Zugaben haben zwischen 10% und 50% bei sehr großer Kälte variiert. Die meisten Nutzer haben während der kalten Jahreszeit etwa 20% Diesel beigemischt. Wenn entsprechende Maßnahmen zur Verbesserung des Kaltstarts ergriffen worden sind, dann war die Mehrheit mit dem Winterbetrieb zufrieden, wie Bild 19 zeigt.

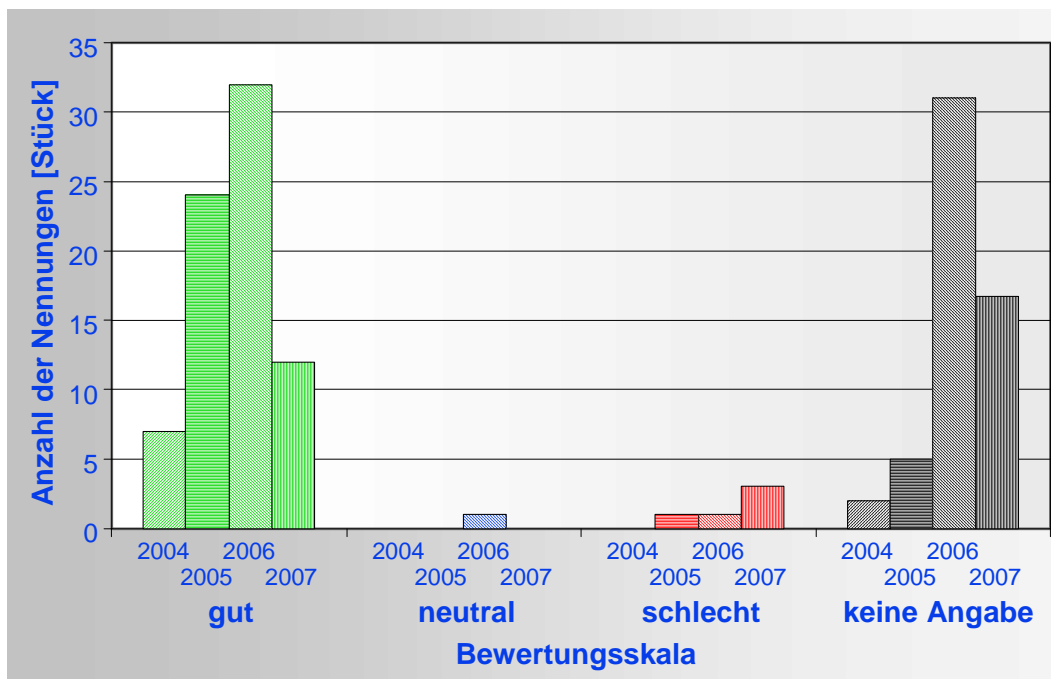


Bild 19: Zufriedenheit mit dem Pflanzenölbetrieb im Winter

Die Zufriedenheit mit dem Pflanzenölbetrieb insgesamt wurde ebenfalls von der überwiegende Mehrheit bestätigt; wie Bild 20 zusammenfasst, obgleich bei etwa einem Drittel erhöhter Servicebedarf aufgetreten ist.

Relativierend muss jedoch vermerkt werden, dass die an diesem Versuch teilnehmenden Konsumenten insgesamt eher sehr positiv dem Projekt gegenüber gestimmt waren. Daraus ist zu erklären, dass auch bei Fahrtenbucheintragungen, wie „Fahrzeug ruckelt“, „Kraftstofffilter verstopft“, ..., das Gesamtverhalten als gut eingestuft worden ist.

Schlechte Erfahrungen wurden nur in wenigen Einzelfällen gemacht und stehen tendenziell mit winterlichen Startproblemen in Zusammenhang.

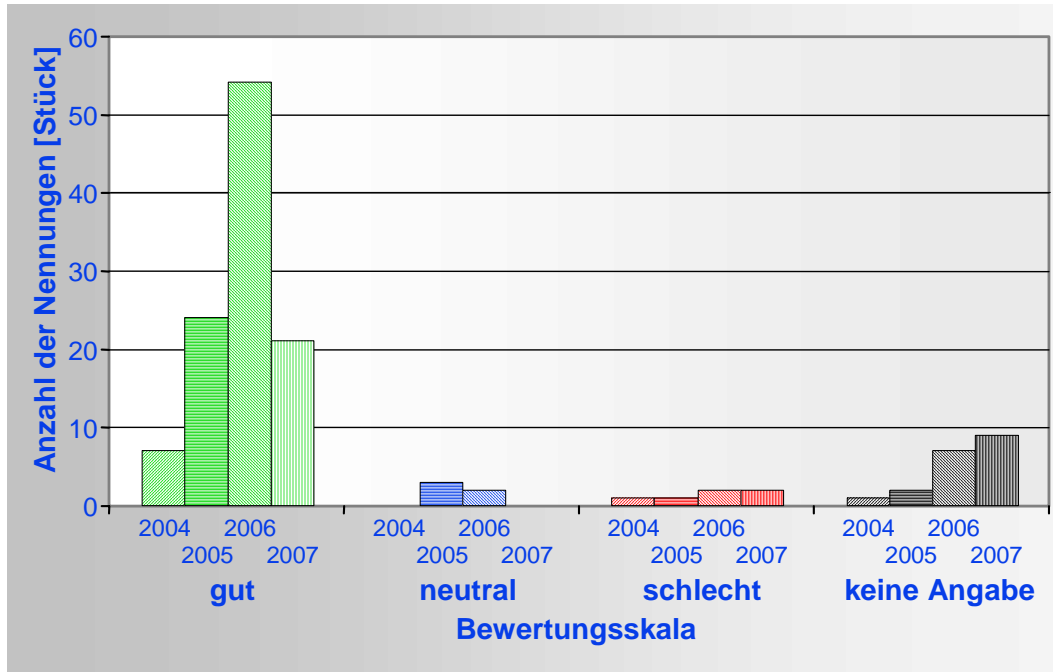


Bild 20: Zufriedenheit mit dem Pflanzenölbetrieb insgesamt

5. Zusammenfassung

Die Emissions-, Leistungs-, und Verbrauchsmessergebnisse gründen sich auf die Auswertung von 4 Fahrzeugen eines Umrüstbetriebes, die jeweils entweder unterschiedliche Motortechnologie aufweisen oder einer anderen Emissionsgesetzgebungsstufe zuzurechnen sind:

- Renault Grande Espace (Kammermotor, Einspritzpumpe) Euro 2
- Skoda Octavia 4x4 (Direkteinspritzung, Pumpe-Düse) Euro 3
- VW Sharan (Direkteinspritzung, Einspritzpumpe) Euro 2
- VW Touran (Direkteinspritzung, Pumpe-Düse) Euro 4

Auf Grund der Fahrzeugauswahl lassen sich die Ergebnisse nicht statistisch verallgemeinern. Es zeigt sich beim Renault – Kammermotor für gasförmige Emissionen und Verbrauch eine relativ gute Übereinstimmung der Messwerte bei Dieselbetrieb und Pflanzenölbetrieb. Bei den direkteinspritzenden Motoren stehen in zwei Fällen unkritischen Emissionswerten bei CO und HC im Pflanzenölbetrieb, deutliche Verschlechterungen bei NO_x gegenüber. Der eine hier gemessene Skoda Octavia würde mit Pflanzenöl die Vorgaben zur Typisierung bei NO_x nicht erfüllen. Der dritte direkteinspritzende Motor im VW Touran würde insgesamt die Typisierungskriterien verfehlen. Dieses Fahrzeug hat besonders bei Partikel eine deutliche Emissionszunahme im Vergleich zum Dieselbetrieb.

In Bild 21 wird die Bandbreite der Messwerte aus allen erfolgten Messungen für Pflanzenöl im Vergleich zu Diesel prozentuell zusammengefasst.

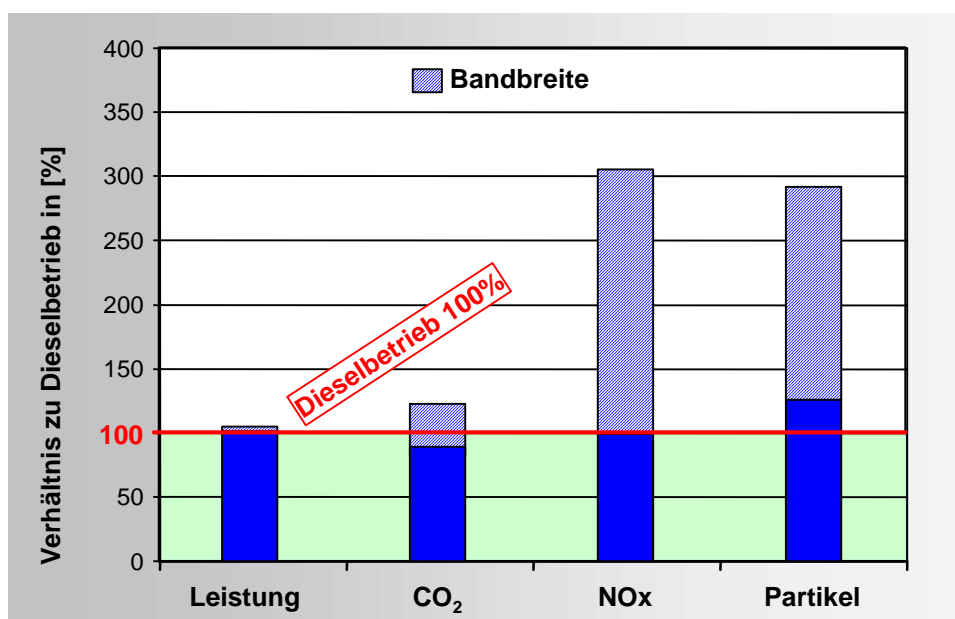


Bild 21: Ergebnisse im Vergleich zu Dieselbetrieb für die PKW- Pflanzenölflotte im NEFZ - Durchschnitt über alle Messungen

Insgesamt gilt für Emissionen und Abgastrübung:

- CO- und HC-Emissionen verändern sich durch Pflanzenölbetrieb je nach Motorkonzept von extrem mehr bis zur Hälfte weniger.
- NO_x-Emissionen können sich beginnend von minimaler Verbesserung hingegen im ungünstigsten Fall nahezu verdreifachen, also wesentlich verschlechtern.
- Partikel nehmen über dem NEFZ-2000 generell deutlich durch Pflanzenöl zu, zeigen jedoch in den einzelnen Teilzyklen abhängig vom Motorkonzept auch gegenläufiges Verhalten.
- Die Abgastrübung nach §57a hat sich ebenfalls abhängig vom Motorkonzept unterschiedlich präsentiert – von Verbesserung bis Verschlechterung.
- Die Kohlendioxidemissionen, als Indikator für den Verbrauch neigen im Durchschnitt durch Pflanzenöl zu geringfügigen Zunahmen.

Die Messwerte stellen insgesamt einen guten Hinweis darauf dar, dass das Emissionsverhalten im Einzelfall von der speziellen Motorkonstruktion und Motorauslegung abhängig ist und sehr unterschiedlich auf den Wechsel zu einem anderen Treibstoff reagieren kann.

Die vergleichende Leistungsmessung an den Fahrzeugen hat im wesentlichen nur geringe Unterschiede zwischen Diesel- und Pflanzenölbetrieb zutage gefördert und dies eher zugunsten von Pflanzenöl.

Die Zufriedenheit der Teilnehmer am Flottentest stellt ein wichtiges Kriterium zum Gelingen des Projektes dar. Gefragt wurde nach 4 Gesichtspunkten: Verbrauchsverhalten, Motorleistung, Winterverhalten – Motorstart, Zufriedenheit insgesamt

Die Zufriedenheit mit dem Pflanzenölbetrieb insgesamt wurde von der überwiegenden Mehrheit bestätigt. Schlechte Erfahrungen wurden nur in wenigen Einzelfällen gemacht und stehen immer mit winterlichen Startproblemen in Zusammenhang.

Der Winterbetrieb ist insgesamt differenzierter zu betrachten, obwohl die Aussagen generell eindeutig positiv waren. Es gab Startprobleme bei kalten Temperaturen ab etwa -5°C , wenn nicht entsprechend Diesel zugemischt worden ist. Die Zugaben haben zwischen 10% und 50%, bei sehr großer Kälte, variiert. Die meisten Teilnehmer haben während der kalten Jahreszeit etwa 20% Diesel beigemischt.

Insgesamt ist der Flottentest Pflanzenöl als gelungen zu betrachten.

Anhang I: Emissionsgrenzwerte / NEFZ-2000 - neuer europäischer Fahrzyklus

Emissionsgrenzwerte:

Tabelle 6 zeigt die Typprüfwerte für die Gesetzgebungsstufen Euro 2 bis Euro 6 gemäß 70/220/EWG in der letztgültigen Fassung. Der Prüfzyklus gemäß NEFZ-2000 wird nach Bild 22 durchfahren.

Tabelle 6: Typprüfwerte für Diesel – PKW - Fahrzeugemissionen

	EURO 2	EURO 3	EURO 4	EURO 5	EURO 6
	Typprüfwerte g/km	Typprüfwerte g/km	Typprüfwerte g/km	Typprüfwerte g/km	Typprüfwerte g/km
CO	1	0,64	0,5	0,5	0,5
HC+NO _x	0,7 (0,9) ¹⁾	0,56	0,3	0,23	0,17
NO _x	-	0,5	0,25	0,18	0,08
PM	0,08 (0,1) ¹⁾	0,05	0,025	0,005	0,005

¹⁾.. direkteinspritzender Dieselmotor

NEFZ-2000 - neuer europäischer Fahrzyklus:

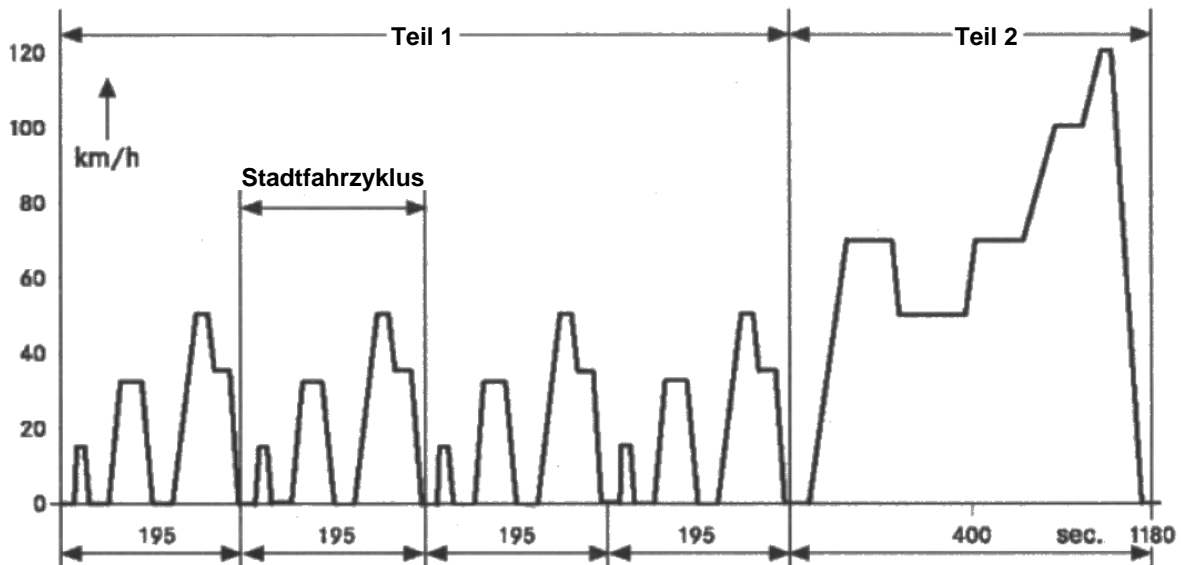


Bild 22: NEFZ-2000 neuer europäischer Fahrzyklus