

Pflanzenöl als Treibstoff im VW Lupo

Erfahrungsbericht (Phase 3)

ausgearbeitet durch
Thomas Böhni
Böhni Energie und Umwelt GmbH
Industriestr. 23, 8500, Frauenfeld

im Auftrag des
Bundesamtes für Energie

Projektnummer: 34 863
Vertrags-/Verfügungsnummer: 74641

Dank:

Unser Dank gilt dem Bundesamt für Energie vertreten durch Herrn M. Ruegsegger, der Firma Elsbett aus Thalmässing sowie der EMPA Dübendorf vertreten durch Herrn Bach und Herrn Steffen für die stets angenehme und hilfreiche Zusammenarbeit.

Impressum:

Bericht: Mai. 2000

Auftraggeber: Bundesamt für Energie

Sachbearbeitung: Böhni Energie und Umwelt GmbH

Projektleiter: Thomas Böhni

Industriestr. 23, 8500 Frauenfeld, Tel. 052 728 89 97

Inhalt:	Seite
Ausgangslage	3
Ziele	3
Kenndaten vom Fahrzeug	3
Projektbegrenzung	4
Zusammenfassung inkl. wirtschaftliche Aspekte (VW Lupo)	4
Fahr- und Funktionsverhalten (VW Lupo)	5
Verbrauchserfassung (VW Lupo)	5
Servicekosten, Störungen und Reparaturverhalten (VW Lupo)	5
Emissionsmessungen an der EMPA nach dem Fahrversuch (VW Lupo)	6
Wirtschaftliche Aspekte von Pflanzenöl im Vergleich zum "Standard-Treibstoff" Benzin	7

Anhang:

- Pflanzenölkosten pro Liter (Deutschland und Schweiz)
- Emissionsmessungen der EMPA

Erfahrungsbericht

Pflanzenöl als Treibstoff im VW Lupo

(Phase 3)

Ausgangslage

Kaltgepresstes Pflanzenöl (Rapsöl) ist einfach in der Herstellung und beinhaltet weniger "Graue-Energie" als RME, deshalb ist eine direkte Verwendung als Treibstoff wünschenswert. In Deutschland gibt es verschiedene Firmen, welche für Diesel-PKW eine Umrüstung auf reinen Pflanzenölbetrieb anbieten.

Für unser Projekt sind 3 Aspekte zentral:

1. Nach Möglichkeit soll zukünftig Schweizer - Rapsöl für Treibstoffzwecke verwendet werden. In diesem Zusammenhang sind die wirtschaftlichen / kostenrelevanten Aspekte interessant.
2. Um den Flächenbedarf pro PKW (Schonung der Rohstoffe / Umwelt) möglichst gering zuhalten, ist die effiziente Nutzung von Pflanzenöl wichtig.
3. Volle Funktionsfähigkeit von einem solchen Fahrzeug inkl. gutem Emissionsverhalten.

Damit diese 3 Aspekte am ehesten erfüllt werden, soll ein VW Lupo (neuster Stand der Technik) auf Pflanzenöl umgerüstet werden.

Die Umrüstung erfolgt durch die Firma Elsbett aus Thalmässing.

Nach der Umbauphase folgt ein Fahrversuch während 10'000 km.

Ziele

1. Erprobung des Fahr- und Funktionsverhaltens vom VW Lupo, welcher auf Pflanzenölbetrieb umgestellt wurde.
2. Verbrauchserfassung
3. Servicekosten, Störungen und Reparaturverhalten
4. Emissionsmessung: jeweils 2 Messungen (Reiner Dieselmotor / Reiner Rapsölbetrieb) bei der EMPA in Dübendorf
5. Ermittlung wirtschaftliche Aspekte von Pflanzenöl im Vergleich zum "Standard Treibstoff" Benzin

Kenndaten vom Fahrzeug

Marke: VW Lupo (Turbo-Diesel)

Jahrgang: 1999

Kilometerstand: 0 km

Fahrzeugnr.: 412.358.247

Kennzeichen: TG 143383

Motor: 1200 ccm; Direkteinspritzung, Turbolader und Ladeluftkühlung

Gewicht: 985 kg

Kurzbezeichnung im nachfolgenden Bericht: VW Lupo

Projektabgrenzung

Der Bericht ist ein reiner Erfahrungsbericht und enthält keine wissenschaftlichen Details. Der Bericht beinhaltet Aussagen zur Praxistauglichkeit vom "Pflanzenöl-PKW".

Zusammenfassung

Das Fahrverhalten eines mit Pflanzenöl betriebenen PKW (VW Lupo) kann im Vergleich mit einem Diesel-PKW als identisch bezeichnet werden. Einzig im Bereich Kaltstartverhalten muss eine Optimierung erreicht werden. Diese Optimierung soll in der Phase 4 realisiert werden. Ansonsten traten während der Versuchsphase keine wesentlichen Störungen auf. Service- und Reparaturarbeiten können vorwiegend in einer "normalen" Garage gemacht werden. Für den Umbau sind hauptsächlich VW-Teile (z.T. von verschiedenen Typen) verwendet worden.

Die Abgasmessungen konnten in Phase 3 nicht gemacht werden, da zuerst das Kaltstartverhalten optimiert werden muss. Die Abgasmessungen machen erst Sinne, wenn keine Anpassungen mehr am Motor gemacht werden müssen. Die beiliegenden Abgasmessungen stammen bereits aus Phase 4.

Der Verbrauch von 3 Liter Pflanzenöl pro 100 km konnte erreicht werden, nachdem Komponenten vom Bremssystem ersetzt wurden (Werkgarantie; Bremskraftverstärker defekt - dauernd kleine Bremswirkung).

Ein Treibstoff-Kostenvergleich pro 100 km Fahrleistung zwischen dem VW Lupo mit Pflanzenöl und einem "durchschnittlichen PKW mit 9 Liter Benzinverbrauch zeigt, dass die erhöhten Pflanzenölkosten für CH-Rapsöl keine Mehrkosten pro 100 km Fahrleistung gegenüber dem heutigen CH-Durchschnitt ergeben. Als zusätzliche Kosten fallen lediglich die Umrüstkosten auf Pflanzenölbetrieb an.

Fahr- und Funktionsverhalten (Während der Versuchsperiode)

Beim Starten und fahren während der ersten 200 m arbeitete der Motor nur mit verminderter Leistung. Dies weil die Zündung und anschliessende Verbrennung unvollständig war. Dies konnten wir belegen, da geringe Pflanzenölmengen ins Motorenöl gelangten. Damit kein Motorschaden entstehen konnte, wurde nach den ersten 5000 km (reinem Pflanzenölbetrieb) auf Mischbetrieb (20 % Diesel / 80 Pflanzenöl) umgestellt. Das Ziel in Phase 4 ist, die Kaltstartoptimierung zu realisieren, sodass anschliessend der 100 % Pflanzenölbetrieb wieder möglich ist.

Die sonstigen Fahrten können als normal bezeichnet werden im Vergleich zum reinen Dieselmotorbetrieb.

Der Startvorgang (Vorglühphase) dauert circa 5 sec. länger als im Dieselmotorbetrieb. Diese längere Phase ist nicht störend, da in dieser Zeit z.B. die Sicherheitsgurte angelegt werden und man sich auf die Abfahrt vorbereiten kann.

Auch bei längeren (1000 km / Tag) und thermisch anspruchsvollen Strecken traten keine Probleme auf.

Verbrauchserfassung

Bei einem Verbrauchsvergleich zwischen Diesel- und Pflanzenölbetrieb konnten keine wesentlichen Unterschiede festgestellt werden.

Während der Messphase wurde ein defensiver Fahrstil gemäss Werksangaben von VW "Ökofahrstil" gepflegt.

	VW Lupo (Diesel)	VW Lupo (Rapsöl)
	Verbrauch in Liter pro 100 km	Verbrauch in Liter pro 100 km
Messung EMPA	3.8	3.6
Fahrversuch von Tankfüllung zu Tankfüllung	3.1	3.1
Fahrversuch lange Autobahnstrecken > 300 km (100 - 120 km/h)	2.8	2.8

Servicekosten, Störungen und Reparaturverhalten

Servicekosten:

Die Servicekosten liegen im Bereich der "normalen" Servicekosten für einen Diesel-PKW. Eine Ausnahme bildet der verkürzte Wechselintervall für die Kraftstofffilter. Pro Service ist mit Mehrkosten von ca. 65.-- Fr. zurechnen.

Ein Mehraufwand bildet die eigene Rapsöltankstelle. Je nach Anspruch entstehen Mehrkosten für Lagerbehälter und z.T. ein Zeitmehraufwand zum Betanken vom PKW mit Rapsöl.

Störungen:

Mit Ausnahme vom schlechten Kaltstartverhalten traten keine Störungen auf.

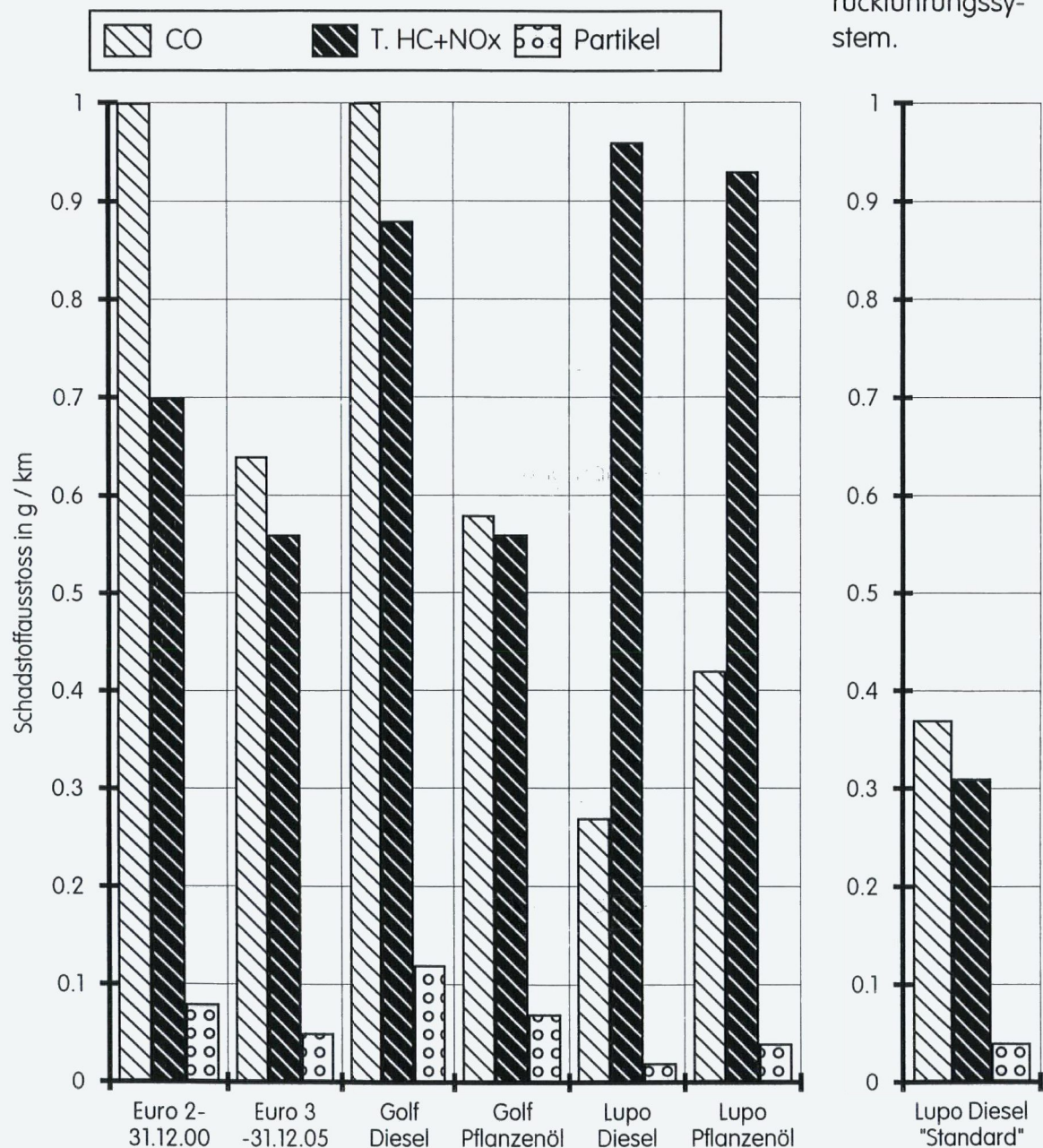
Reparaturverhalten:

Während der Versuchsphase mussten beim Fahrzeug keine Reparaturen, welche auf den Pflanzenölbetrieb zurückzuführen wären, vorgenommen werden.

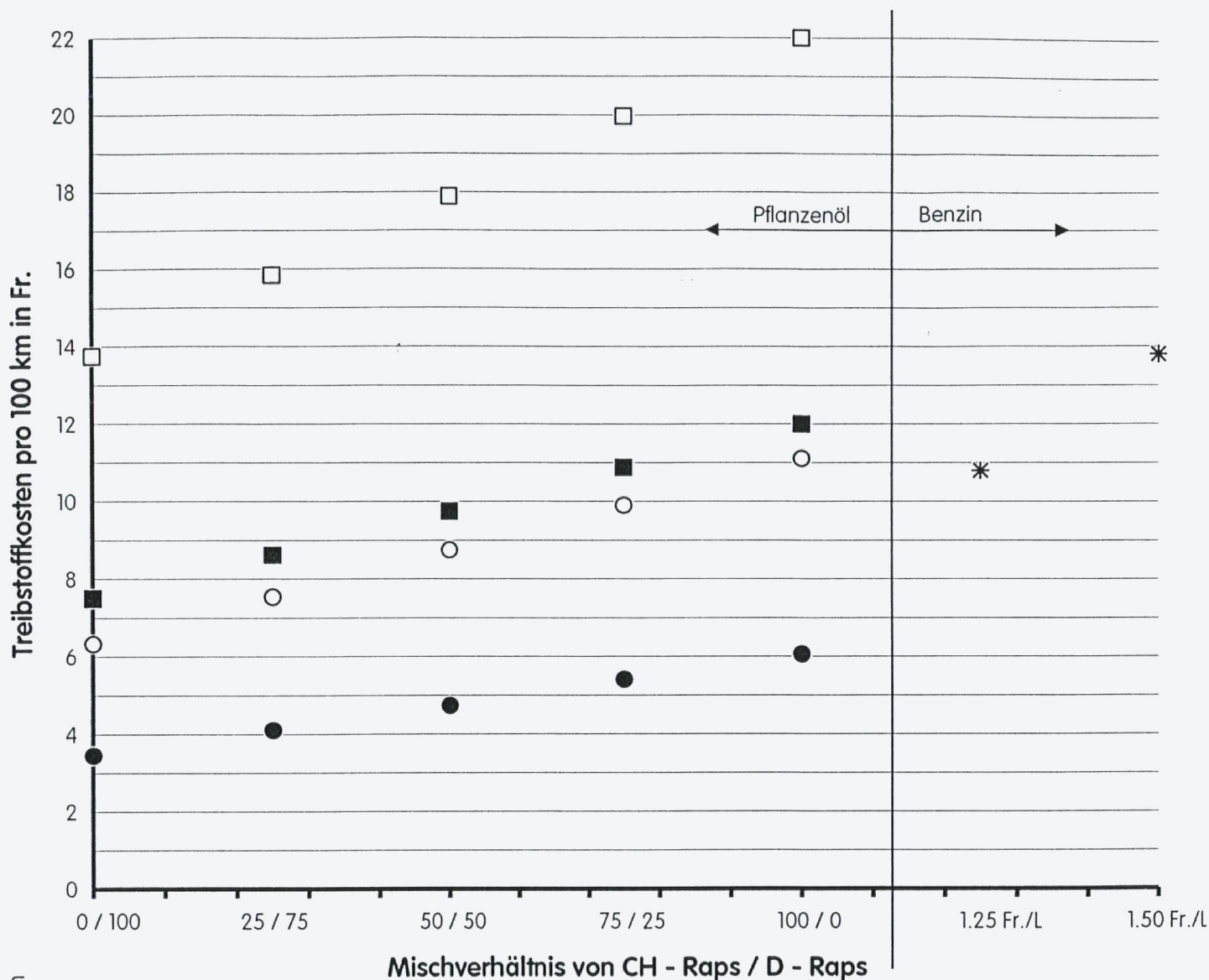
Emissionsmessungen an der EMPA nach dem Fahrversuch (VW Lupo im Vergleich zu VW Golf Jahrgang 1990 indirekt Einspritzer)

Damit die Verbrennung möglichst optimal gehalten werden kann und zusätzliche Störfaktoren ausgeschaltet werden konnten, wurde das Abgasrückführungssystem ausgeschaltet. Die erhöhten NO_x-Werte beim Lupo zeigen diesen erwarteten Effekt.

Die HC-Werte liegen beim Lupo sehr tief, dies deutet auf eine sehr gute Verbrennung hin. Dies wiederum erlaubt weitere Versuche mit zugeschaltetem Abgasrückführungssystem. Der erhöhte Partikelaustritt beim Pflanzenöl-Lupo könnte durch einen Messfehler erfolgt sein (Die EMPA hat ein ungewöhnlich grosses Partikel auf der Filterplatte gefunden, welches sich vom Messkanal gelöst haben könnte). Die neue Motorentechnik beim Lupo zeigt auch, dass keine wesentlichen Unterschiede im Pflanzenöl- resp. Dieselölbetrieb festzustellen sind. Die Grafik ganz rechts, zeigt einen "normalen VW Lupo Diesel" mit Abgasrückführungssystem.



Ermittlung wirtschaftliche Aspekte von Pflanzenöl im Vergleich zum "Standard Treibstoff" Benzin



Benzin

Pflanzenöl

- * CH- Durchschnitt Benzin: Kosten bei 9 L/100 km (1. bei Treibstoffkosten von 1.25 Fr./ L und 2. bei 1.50 Fr./L)
- Kosten bei einem Verbrauch (VW Lupo) 3L/100 km
- Kosten bei einem Verbrauch (VW Passat) 5.5L/100 km
- Zukünftig: Kosten bei einem Verbrauch (VW Lupo) 3L/100 km (ohne Direktzahlung und inkl. Strassensteuer)
- Zukünftig: Kosten bei einem Verbrauch (VW Passat) 5.5L/100 km (ohne Direktzahlung und inkl. Strassensteuer)

Bemerkung zur Grafik:

Die Grafik zeigt, dass für die Treibstoffkosten pro 100 km der spezifische Verbrauch von einem PKW entscheidend ist. Ein Vergleich zu einem durchschnittlichen schweizer Benzin-PKW (*) mit einem Verbrauch von 9 L/100 km zeigt, dass bei sparsamen Pflanzenöl-PKW's gleiche oder tiefere Kosten pro 100 km entstehen. Im Sinne einer rationellen Energienutzung und um den Flächenbedarf an Raps pro Fahrzeug zu minimieren ist der Einsatz von sparsamen PKW's für die Pflanzenölnutzung sinnvoll. Der bestehende Markt bietet diese Fahrzeuge bereits heute an.

Die Darstellung "Zukünftig" zeigt die Treibstoffkosten, wenn die Direktzahlungen für Raps wegfallen würden und für Pflanzenöl ebenfalls eine Strassensteuer bezahlt werden müsste.

Pflanzenölvergleich:

Ertrag to/ha; notwendiger Ertrag in Fr./ha; Gestehungskosten für Pflanzenöl Fr./Liter

	Raps	Raps	Sonnenblumen	Hanf	Diesel	
	Deutschland	Schweiz				
Ertrag (Menge)	40	30	32	10		kg / aren
	4000	3000	3200	1000		ka/ha
Erlös (Fr.) Stand heute 8.5.00						
Notwendiger Preis damit in der Schweiz im Vergleich zu anderen Kulturen diese Ölsaaten angebaut werden.		80	80			Fr. / 100 kg
Erlös		2400	2560			Fr. / ha
Flächenbeitrag		1500	1500	1500		Fr. / ha
Erlös Total		3900	4060			Fr. / ha
Gestehungskosten für Pflanzenöl						
Gestehungskosten für kaltgepresstes Pflanzenöl, wenn der Gesamterlös gegenüber dem Erlös für Speisezwecke gleich sein soll						
Ölausbeute		1200	1280	250		Liter/ ha
Pressrückstand (Schrot)		750	800			Fr. /ha
Gestehungskosten (Rohmat.)		1.375	1.375	6.6		Fr. / Liter
Pressaufwand		0.25	0.25	0.25		Fr. / Liter
Transportanteil		0.08	0.08	0.08		Fr. / Liter
Vermarktungsaufwand		0.17	0.17	0.17		Fr. / Liter
Verkaufspreis inkl Mwst. 7.5 %	1.15	2.02	2.02	7.63	1.375	Fr. / Liter
Verkaufspreis ohne Direktzahlung; inkl. Strassenverkehrssteuer; inkl Mwst. 7.5 %	2.50 (Preisannahme)	4.00 (ca. Preis)				Fr. / Liter
Bemerkungen	Erhöhter Dünge und Spritzaufwand für Mehrertrag	Winter: gute Stickstoffrückhaltung (geringe Auswaschgefahr) gute Fruchtfolge	Nur im Bereich bis 450 M.üm. gut anbaubar Weniger Aufwand (Spritzmittel) als bei Raps			
Sinken die Preis für andere Kulturen wird das Pflanzenöl evtl. auch günstiger.						
Raps benötigt im normalen IP Anbau einen erhöhten Spritzmittelbedarf im Vergleich zu anderen Kulturen (Weizen,Mais,etc.) hat aber den Vorteil, dass im Winter die Stickstoffrückhaltung						
wesentlich besser ist.						

Fotos: VW Lupo



Bild links:

Nachhaltige Mobilität
Eine Chance für schweizer Rapsöl

Bild unten:

VW Lupo mit einem Verbrauch von 3.6 Liter
kaltgepresstem Pflanzenöl pro 100km

Der original Motor wurde beibehalten, es
wurden lediglich Anpassungen beim
Kraftstoffsystem und den Startkomponen-
ten vorgenommen.



Fotos: VW Lupo



Bild links:

VW Lupo TDI:
Baujahr 1999

Erster vollwertiger
PKW mit 3 Liter
Kraftstoffver-
brauch pro 100km

Bild unten:

VW Lupo TDI: Ansicht von Hinten





EMPA
CH-8600 Dübendorf

Verbrennungsmotoren/Feuerungen
Abgasprüfstelle Motorfahrzeuge



Abgasmessung nach 70/220-98/69/EG (Euro 3 PW)

Testart:	Versuch	Auftrags-Nr.:	---
Marke:	VW	Treibstoff-Id:	---
Modell:	Lupo	Analyse-Nr.:	---
Fahrgestell-Nr.:	WVWZZZ6EZYW000982	Dichte (20 °C):	916.4 kg/m ³
Typgenehmigung:	1VC720 X	Test-Nr.:	
Motor / Motortyp:	Pflanzenoel		

Prüfstand:	1-Rollenprüfstand	Versuch Nr.	1 (Pflanzenoel)
Schwungmasse:	910 kg	Datum:	23. Aug 00
Einstellung Fa(80km/h):	158 N / 3.52 kW	km-Stand (Tacho):	17488 km

Fahrzyklus		ECE	EUDC
Luftdruck	mbar	969.3	969.3
Raum-Temperatur	°C	21.3	22.4
Raum-Taupunkt	°C	13.7	13.6
Abs. Feuchte	g/kg	10.18	10.11
Korrekturfaktor kH		0.9829	0.9808
CVS-Volumen (0 °C)	m ³	105.77	54.23
Wegstrecke	km	3.975	6.894
Verdünnungsfaktor DF		44.1830	23.9771

		Verd. Abgas	Verd. Luft	Verd. Abgas	Verd. Luft
Konzentration CO	ppmV	26.200	0.000	16.300	0.000
Konzentration T.HC	ppmV C1	7.640	3.800	5.630	3.000
Konzentration CH ₄	ppmV	---	---	---	---
Konzentration NO _x	ppmV	24.500	0.290	41.900	0.220
Konzentration CO ₂	Vol-%	0.308	0.043	0.570	0.043

Emission CO	g/km	0.871	0.160
Emission T.CH	g/km	0.065	0.013
Emission NMHC	g/km	---	---
Emission NO _x	g/km	1.298	0.659
Emission T.HC+NO _x	g/km	1.363	0.673
Emission CO ₂	g/km	139.00	81.70
Verbrauch (93/116/EWG)	l/100 km	4.8	2.8

		Resultat	D.F.	Endergebnis	Grenzwert	%-GW
CO	g/km	0.420	1.0	0.42	0.64	65.7%
T.HC	g/km	0.032		0.03		
NMHC	g/km	---		---		
NO _x	g/km	0.893		0.89	0.50	178.6%
T.HC+NO _x	g/km	0.925	1.0	0.93	0.56	165.2%
CO ₂	g/km	102.65				
Verbrauch (93/116/EWG)	l/100 km	3.6				

Bemerkungen:

Datum / Visum: 23.08.00



EMPA
CH-8600 Dübendorf

Verbrennungsmotoren/Feuerungen
Abgasprüfstelle Motorfahrzeuge



Abgasmessung nach 70/220-98/69/EG (Euro 3 PW)

Testart:	Versuch	Auftrags-Nr.:	---
Marke:	VW	Treibstoff-Id:	--
Modell:	Lupo	Analyse-Nr.:	---
Fahrgestell-Nr.:	WVWZZZ6EZYW000982	Dichte (20 °C):	916.4 kg/m3
Typengenehmigung:	1VC720 X	Test-Nr.:	
Motor / Motortyp:	Pflanzenoel		

Prüfstand:	1-Rollenprüfstand	Versuch Nr.	1 (Pflanzenoel)
Schwungmasse:	910 kg	Datum:	23. Aug 00
Einstellung Fa(80km/h):	158 N / 3.52 kW	km-Stand (Tacho):	17488 km

Fahrzyklus		ECE	EUDC
Luftdruck	mbar	969.3	969.3
Raum-Temperatur	°C	21.3	22.4
Raum-Taupunkt	°C	13.7	13.6
Abs. Feuchte	g/kg	10.18	10.11
CVS-Volumen (0 °C)	m3	105.77	54.23
Wegstrecke	km	3.975	6.894
Korr. Teilvolumen	Ndm3	335.39	145.19
Filter I	leer	mg	57.568
	belegt	mg	58.552
	Masse	mg	0.984
Filter II	leer	mg	57.986
	belegt	mg	57.999
	Masse	mg	0.013
Filterverhältnis		98.7%	96.8%
Partikelmasse	mg/Test	311.302	157.669
	g/km	0.0783	0.0229

		<u>Resultat</u>	<u>D.F.</u>	<u>Endergebnis</u>	<u>Grenzwert</u>	<u>%-GW</u>
Partikel	g/km	0.0431	1.0	0.04	0.05	86.3%

Bemerkungen:

Datum / Visum: 23.08.00

Ver: EMPA.24.01

VW_Lupo(Vergleich_Pflanzenoel-Diesel).xls



EMPA
CH-8600 Dübendorf

Verbrennungsmotoren/Feuerungen
Abgasprüfstelle Motorfahrzeuge



Abgasmessung nach 70/220-98/69/EG (Euro 3 PW)

Testart:	Versuch	Auftrags-Nr.:	—
Marke:	VW	Treibstoff-Id:	CEC-RF-73-T-90
Modell:	Lupo	Analyse-Nr.:	46'977 (Haltermann)
Fahrgestell-Nr.:	WVWZZZ6EZYW000982	Dichte (20 °C):	838.0 kg/m ³
Typengenehmigung:	1VC720 X	Test-Nr.:	
Motor / Motortyp:	Diesel /		

Prüfstand:	1-Rollenprüfstand	Versuch Nr.	1 (Diesel)
Schwungmasse:	910 kg	Datum:	24. Aug 00
Einstellung Fa(80km/h):	158 N / 3.52 kW	km-Stand (Tacho):	17673 km

Fahrzyklus		ECE	EUDC
Luftdruck	mbar	972.1	972.1
Raum-Temperatur	°C	21.5	21.9
Raum-Taupunkt	°C	13.6	13.7
Abs. Feuchte	g/kg	10.08	10.15
Korrekturfaktor kH		0.9798	0.9819
CVS-Volumen (0 °C)	m ³	106.00	54.32
Wegstrecke	km	3.958	6.912
Verdünnungsfaktor DF		45.6621	23.3688

		Verd. Abgas	Verd. Luft	Verd. Abgas	Verd. Luft
Konzentration CO	ppmV	13.000	0.000	18.100	0.000
Konzentration T.HC	ppmV C1	3.800	3.720	3.480	3.160
Konzentration CH ₄	ppmV	---	---	---	---
Konzentration NO _x	ppmV	29.000	0.150	39.300	0.120
Konzentration CO ₂	Vol-%	0.299	0.049	0.585	0.048

Emission CO	g/km	0.435	0.178
Emission T.CH	g/km	0.003	0.002
Emission NMHC	g/km	---	---
Emission NO _x	g/km	1.552	0.620
Emission T.HC+NO _x	g/km	1.555	0.622
Emission CO ₂	g/km	132.06	83.20
Verbrauch (93/116/EWG)	l/100 km	5.0	3.1

		Resultat	D.F.	Endergebnis	Grenzwert	%-GW
CO	g/km	0.272	1.0	0.27	0.64	42.4%
T.HC	g/km	0.002		0.00		
NMHC	g/km	---		---		
NO _x	g/km	0.959		0.96	0.50	191.9%
T.HC+NO _x	g/km	0.962	1.0	0.96	0.56	171.7%
CO ₂	g/km	100.99				
Verbrauch (93/116/EWG)	l/100 km	3.8				

Bemerkungen:

Datum / Visum: 24.08.00



EMPA
CH-8600 Dübendorf

Verbrennungsmotoren/Feuerungen
Abgasprüfstelle Motorfahrzeuge



Abgasmessung nach 70/220-98/69/EG (Euro 3 PW)

Testart:	Versuch	Auftrags-Nr.:	-----
Marke:	VW	Treibstoff-Id:	CEC-RF-73-T-90
Modell:	Lupo	Analyse-Nr.:	46'977 (Haltermann)
Fahrgestell-Nr.:	WVWZZZ6EZYW000982	Dichte (20 °C):	838.0 kg/m3
Typengenehmigung:	1VC720 X	Test-Nr.:	
Motor / Motortyp:	Diesel /		

Prüfstand:	1-Rollenprüfstand	Versuch Nr.	1 (Diesel)
Schwungmasse:	910 kg	Datum:	24. Aug 00
Einstellung Fa(80km/h):	158 N / 3.52 kW	km-Stand (Tacho):	17673 km

Fahrzyklus		ECE	EUDC
Luftdruck	mbar	972.1	972.1
Raum-Temperatur	°C	21.5	21.9
Raum-Taupunkt	°C	13.6	13.7
Abs. Feuchte	g/kg	10.08	10.15
CVS-Volumen (0 °C)	m3	106.00	54.32
Wegstrecke	km	3.9580	6.9120
Korr. Teilvolumen	Ndm3	321.37	166.16
Filter I leer	mg	66.476	64.113
belegt	mg	66.769	64.643
Masse	mg	0.293	0.530
Filter II leer	mg	62.886	63.423
belegt	mg	62.896	63.432
Masse	mg	0.010	0.009
Filterverhältnis		96.7%	98.3%
Partikelmasse	mg/Test	96.935	173.794
	g/km	0.0245	0.0251

		Resultat	D.F.	Endergebnis	Grenzwert	%-GW
Partikel	g/km	0.0249	1	0.02	0.05	49.8%

Bemerkungen:

Datum / Visum: 24.08.00