
**P+D - Programm
Biomasse**

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-/Förderungsnummer: 74641

Mai 2000

Schlussbericht

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
Projektabgrenzung	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 zu halten, 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 Dieselbetrieb / 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 Motorenschaden 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 Dieselbetrieb.

Der Startvorgang (Vorglühphase) dauert circa 5 sec. länger als im Dieselbetrieb. 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 anspruchvollen 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.

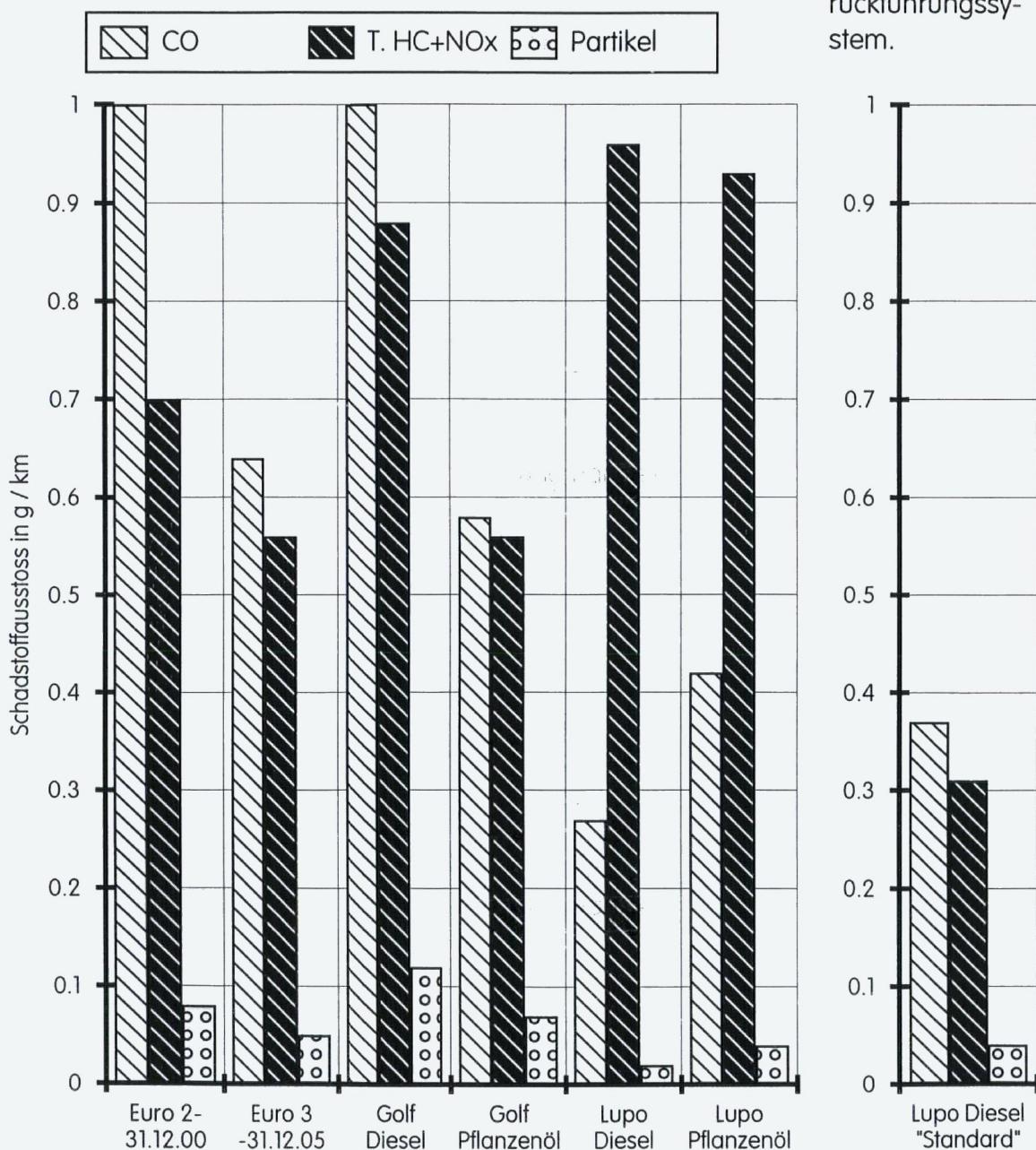
Reparaturverhalten:

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

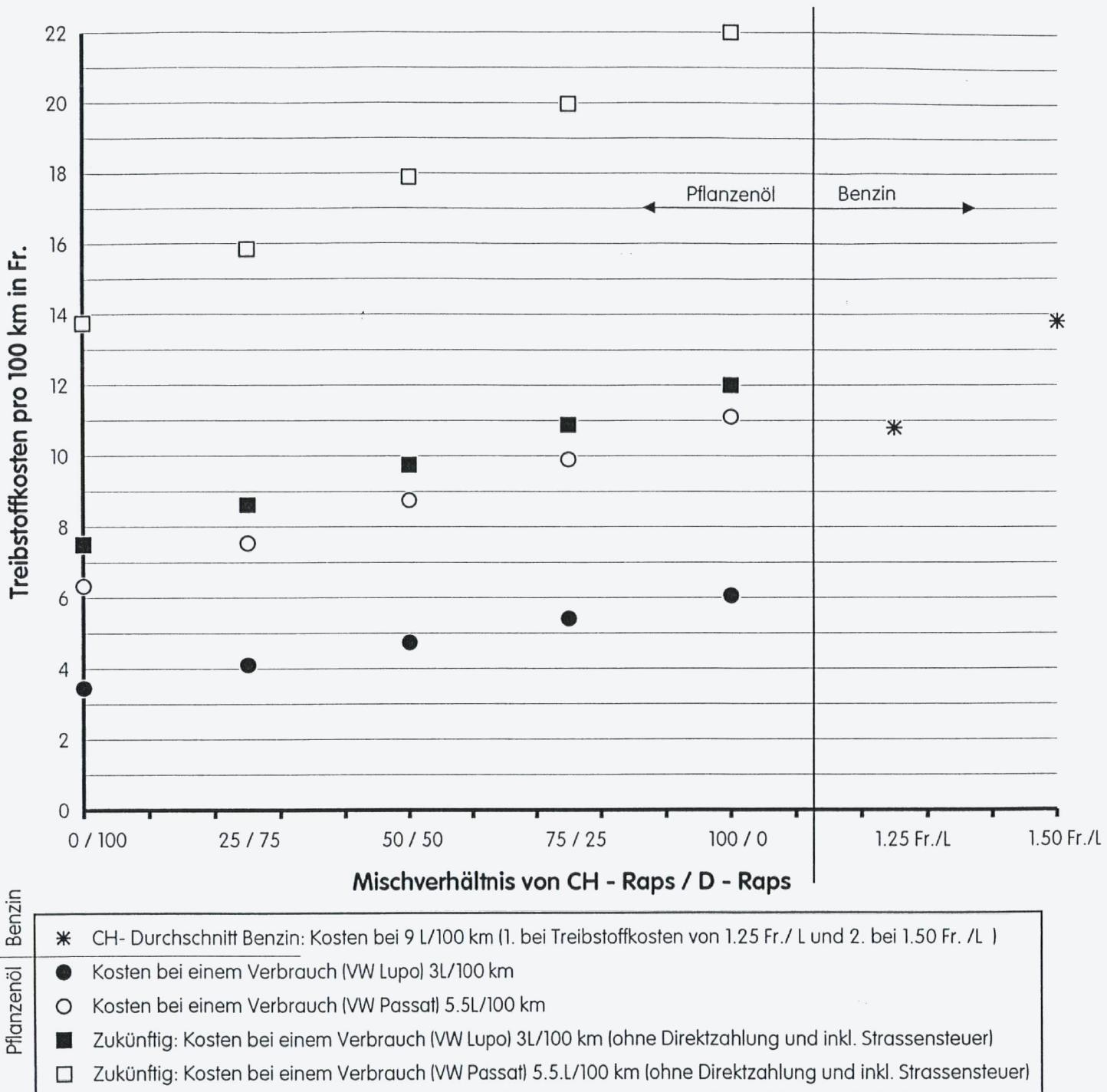
Emissionsmessungen an der EMPA nach dem Fahrversuch (VW Lupo im Vergleich zu VW Golf Jahrgang 1990 indirekt Einspritzer)

Damit die Verbrennung möglichst optimal gehalten werden kann und zusätzliche Störfaktoren ausgeschaltet werden konnten, wurde das Abgasrückführungssystem ausgeschaltet. Die erhöhten NOx-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 Partikelausstoss 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. Dieselbetrieb 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



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 rationalen 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 Speizezwecke 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 Startkomponenten 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





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

Testart: Versuch Auftrags-Nr.: —

Marke: VW Treibstoff-Id: —
 Modell: Lupo Analyse-Nr.: —
 Fahrgestell-Nr.: WWVZZZ6EZYW000982 Dichte (20 °C): 916.4 kg/m³
 Typengenehmigung: 1VC720 X
 Motor / Motortyp: Pflanzenöl Test-Nr.:

Prüfstand:	1-Rollenprüfstand	Versuch Nr.	1 (Pflanzenöl)
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)	m³	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 NOx	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 NOx	g/km	1.298	0.659
Emission T.HC+NOx	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
T.HC	g/km	0.032	0.03		
NMHC	g/km	---	---		
NOx	g/km	0.893	0.89	0.50	178.6%
T.HC+NOx	g/km	0.925	1.0	0.93	0.56
CO ₂	g/km	102.65			
Verbrauch (93/116/EWG)	l/100 km	3.6			

Bemerkungen:

Datum / Visum: 23.08.00



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

Testart: Versuch Auftrags-Nr.: —

Marke: VW Treibstoff-Id: —

Modell: Lupo Analyse-Nr.: —

Fahrgestell-Nr.: WVVZZZ6EZYW000982 Dichte (20 °C): 916.4 kg/m³

Typengenehmigung: 1VC720 X

Motor / Motortyp: Pflanzenoel Test-Nr.: —

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)	m ³	105.77	54.23
Wegstrecke	km	3.975	6.894
Korr. Teilverhältnis	Ndm3	335.39	145.19
Filter I leer	mg	57.568	58.734
belegt	mg	58.552	59.155
Masse	mg	0.984	0.421
Filter II leer	mg	57.986	59.502
belegt	mg	57.999	59.516
Masse	mg	0.013	0.014
Filterverhältnis		98.7%	96.8%
Partikelmasse	mg/Test g/km	311.302 0.0783	157.669 0.0229

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

Bemerkungen:

Datum / Visum: 23.08.00



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

Testart:

Versuch

Auftrags-Nr.:

Marke: VW
 Modell: Lupo
 Fahrgestell-Nr.: WVWZZZ6EZYW000982
 Typengenehmigung: 1VC720 X
 Motor / Motortyp: Diesel /

Treibstoff-Id: CEC-RF-73-T-90
 Analyse-Nr.: 46'977 (Haltermann)
 Dichte (20 °C): 838.0 kg/m³
 Test-Nr.:

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 EU DC

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)	m³	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 NOx	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 NOx	g/km	1.552	0.620
Emission T.HC+NOx	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			---	
NOx	g/km	0.959		0.96	0.50 191.9%
T.HC+NOx	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

**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.:	WWZZZ6EZYW000982	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	21.6	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 g/km	96.935 0.0245	173.794 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