



Materials Science & Technology

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
T +41 44 823 55 11
F +41 44 821 62 44
www.empa.ch

Untersuchungsbericht

Nr. 445'114(B)

Vergleich von Ethanol- (E85) und Benzinbetrieb an einen Ford Focus Flexifuel

Empa Dübendorf
Abteilung Verbrennungsmotoren

Im Auftrag von
Ford Switzerland
Ralf Kühle
Industriestr. 1
CH 4852 Rothrist

Projektleiter:

Christian Bach
Jan Stilli

Prüfstandsmessungen:

Jan Stilli
Claudio Rüdy

Auswertungen/Bericht:

Jan Stilli
Christian Bach

Dübendorf, den 16. März 2007

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung.....	5
2	Projektbeschreibung.....	6
2.1	Versuchsfahrzeuge	6
2.2	Prüfstandseinstellung.....	6
2.3	Treibstoff	7
2.3.1	Benzin	7
2.3.2	Ethanol.....	7
2.4	Probenahme.....	7
2.5	Fahrzyklus NEFZ	8
2.6	Fahrzyklus CADC.....	8
2.7	Konstantgeschwindigkeiten V=100 km/h, V= 115 km/h, V= 130 km/h	9
2.8	Bestimmung der Motorleistung	9
3	Resultate	10
3.1	CO ₂ -Emissionen.....	10
3.2	CO-Emissionen	11
3.3	HC-Emissionen	12
3.4	NO _x -Emissionen	13
3.5	Volumetrischer Kraftstoffverbrauch.....	14
3.6	Energetischer Kraftstoffverbrauch	15
3.7	Motorleistung.....	16
4	Anhang	17
4.1	Benzinbetrieb	17
4.1.1	NEFZ.....	17
4.1.2	CADC.....	18
4.1.3	Konstantfahrten	18
4.1.4	Kraftstoffanalyse Benzin	19
4.2	Ethanolbetrieb	21
4.2.1	NEFZ.....	21
4.2.2	CADC.....	21
4.2.3	Konstantfahrten	22
4.2.4	Kraftstoffanalyse Ethanol.....	23

1 Zusammenfassung

Die EMPA untersuchte im Auftrag von Ford Switzerland die Abgasemissionen, Verbrauch und Leistung eines Ford Focus Flexifuel im Benzin- und im Ethanolbetrieb (E85). E85 besteht aus 85% Ethanol und 15% Benzin.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass sich durch den Ethanolbetrieb die CO₂-Emissionen im NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus) um 2.7% verringerten. In allen gemessenen Fahrzyklen zeigte sich eine CO₂-Emissionsreduktion zwischen 2.0% und 6.5%.

Der volumetrische Kraftstoffverbrauch in [l/100km] stieg im Ethanolbetrieb im NEFZ um 28% was durch den geringeren Heizwert von Ethanol gegenüber Benzin hervorgerufen wird (siehe Treibstoffanalyse im Anhang). In allen gemessenen Zyklen zeigte sich eine Verbrauchssteigerung zwischen 24% und 30%. Der energetische Kraftstoffverbrauch in [MJ/100km] sank jedoch im Ethanolbetrieb im NEFZ um 1.5% und verringerte sich in allen Zyklen zwischen 0.4% und 4.9%.

Die max. Motorleistung stieg im Ethanolbetrieb aufgrund der höheren Klopfestigkeit (siehe Treibstoffanalyse im Anhang) um 5% auf 98 kW und das max. Drehmoment hat sich um 6% auf 169 Nm erhöht.

Die CO-Emissionen lagen im Ethanolbetrieb im NEFZ um 75% niedriger, als im Benzinbetrieb. Berücksichtigt man alle gemessenen Fahrzyklen lagen sie um 1% und 78% niedriger. Bei den HC- und NO_x-Emissionen konnte kein klarer Trend zu besseren oder schlechteren Emissionen festgestellt werden. Nicht untersucht wurde die Zusammensetzung der HC- und NO_x-Emissionen wie auch die Verdampfungsemissionen.

2 Projektbeschreibung

2.1 Versuchsfahrzeuge

Das Versuchsfahrzeug - ein Ford Focus Flexifuel (WF0WXXGCDW6J53307) wurde im Abgaslabor der Empa Dübendorf auf einem Einrollenprüfstand aufgebaut (siehe Abbildung 1). Die Messungen wurden bei 23°C und 50% rel. Luftfeuchtigkeit durchgeführt.



Abbildung 1 Versuchsfahrzeug auf Einrollenprüfstand aufgebaut

Das Fahrzeug wurde in folgenden Varianten gemessen:

- Fahrzeug mit Benzin (Bleifrei 95) betankt und 500km auf der Strasse eingefahren
- Fahrzeug mit Ethanol (E85) betankt und 500km auf der Strasse eingefahren

2.2 Prüfstandseinstellung

Der Prüfstand wurde entsprechend den Strassenfahrwiderstandsdaten von Ford eingestellt. Damit werden Fahrzeugmasse und die Fahrwiderstände (Luftwiderstand, Rollwiderstand und Massenträgheit) von Strassenfahrten simuliert.

2.3 Treibstoff

2.3.1 Benzin

Als Benzin wurde handelsübliches Bleifrei 95 verwendet, der Treibstoff wurde vollständig analysiert (Prüfbericht Nr.: 140076/01)

2.3.2 Ethanol

Als Ethanol wurde handelsübliches E85 von der Agrolatankstelle in Regensdorf verwendet. Die Bezeichnung E85 bedeutet, dass eine Mischung von 85 vol% Ethanol und 15 vol% Benzin vorliegt. Der Treibstoff E85 wurde auf Dichte, Klopffestigkeit, C/H-Verhältnis, Ethanolgehalt und Heizwert untersucht. (Prüfbericht Nr.: 170068/01)

2.4 Probenahme

Das Abgas wurde entsprechend der EU-Richtlinie 70/220/EWG in einen Verdünnungstunnel geleitet (siehe

Abbildung 2) und mit konditionierter Verdünnungsluft (23°C) auf einen konstanten Volumenstrom verdünnt (CVS-System). Ein proportionaler Teilstrom wird in Beuteln gesammelt und hinsichtlich CO, CO₂, HC und NO_x analysiert.

Für die Analysen wurden die in der Richtlinie 70/220/EWG vorgeschriebenen Analysegeräte verwendet:

- CO, CO₂: Nicht-dispersiver Infrarotdetektor (NDIR)
- HC: Flammenionisationsdetektor (FID)
- NO_x: Chemilumineszenzdetektor (CLD)

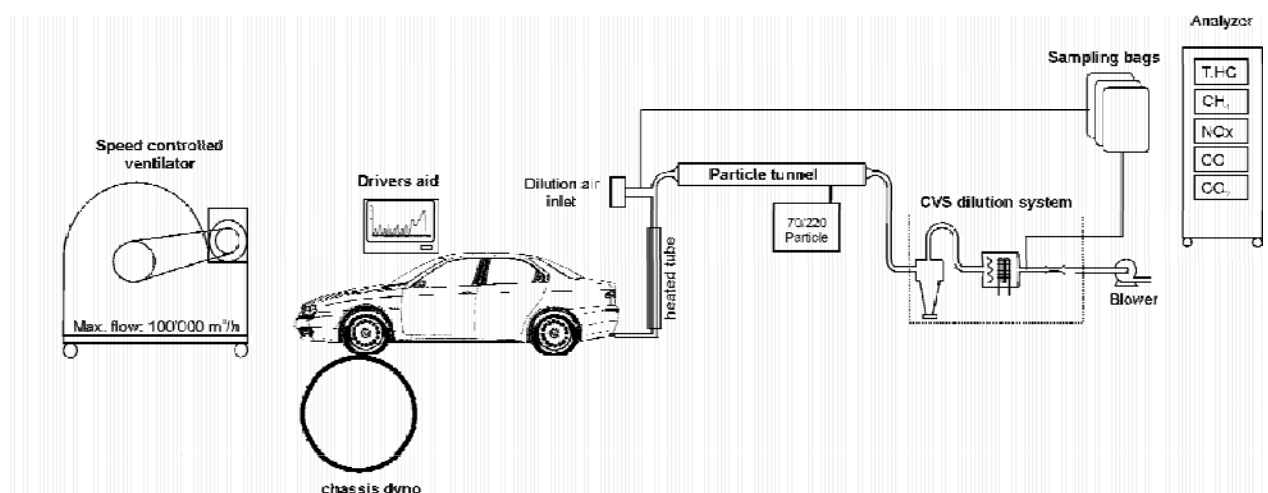


Abbildung 2 Prüfstands Aufbau

2.5 Fahrzyklus NEFZ

Als Fahrzyklus wurde der offizielle Europäische Fahrzyklus (NEFZ), wie er für Zulassungsprüfungen eingesetzt wird, verwendet. Die Fahrkurve ist in Abbildung 3 dargestellt. Der Fahrzyklus ist in zwei Teile unterteilt. Der erste, innerstädtische Teil „ECE“ dauert 780s, der zweite, ausserstädtische Teil „EUDC“ dauert 400s. Der Zyklus wird mit kaltem Motor gestartet.

Während beiden Teilen wird je ein CVS-Beutelpaar mit verdünntem Abgas bzw. Verdünnungsluft gefüllt und anschliessend analysiert. Aus den beiden Teilergebnissen ECE und EUDC wird streckengewichtet das NEFZ-Gesamtergebnis berechnet.

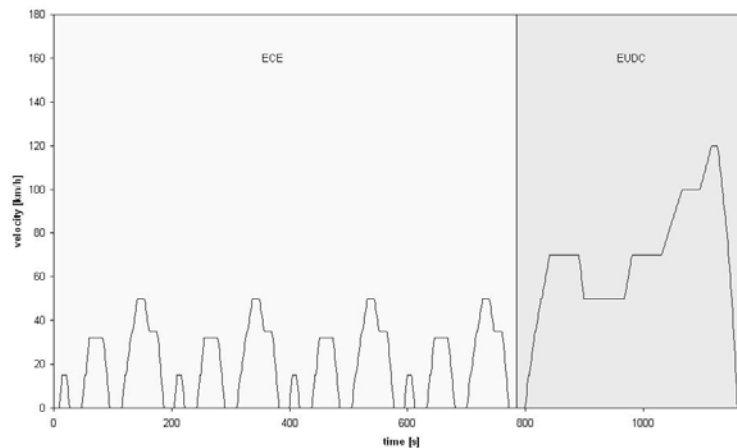


Abbildung 3 NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus)

2.6 Fahrzyklus CADC

Der Common ARTEMIS Driving Cycle (CADC) ist ein realer Fahrzyklus, der im Rahmen des europäischen ARTEMIS-Projekts entwickelt wurde. Er repräsentiert ein durchschnittliches europäisches Fahrverhalten für Personenwagen und ist sehr dynamisch. Dieser Zyklus setzt sich aus einem Innerorts-, Ausserorts- und Autobahn-Teilzyklus zusammen und wird mit betriebswarmem Motor gemessen.

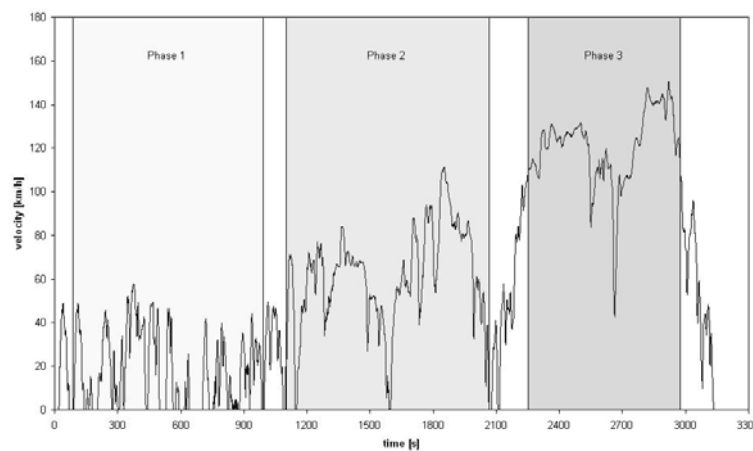


Abbildung 4 CADC (Common ARTEMIS Driving Cycle)

2.7 Konstantgeschwindigkeiten $V=100$ km/h, $V= 115$ km/h, $V= 130$ km/h

Parallel zu den dynamischen Fahrzyklen NEFZ und CADC wurden Verbrauch und Emissionen bei den Konstantgeschwindigkeiten 100 km/h, 115 km/h und 130 km/h gemessen.

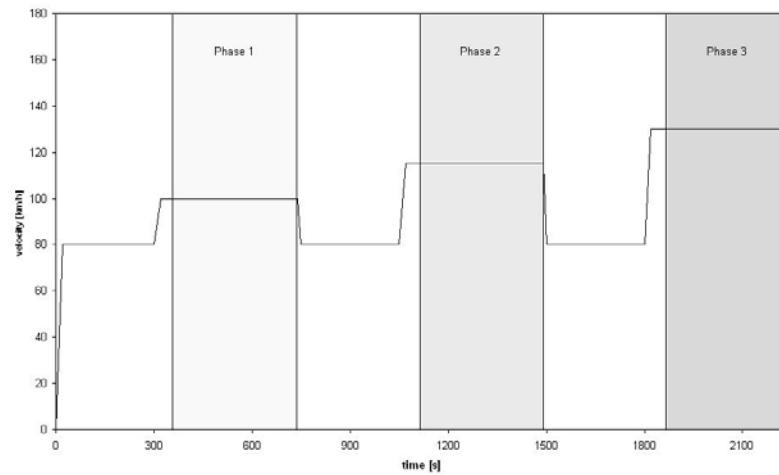


Abbildung 5 Konstantfahrten 100km/h, 115km/h und 130km/h

2.8 Bestimmung der Motorleistung

Die Motorleistung wurde auf dem Rollenprüfstand bei Konstantbetrieb im Ethanol- und Benzinbetrieb ermittelt. Dabei wurden die Antriebsstrangverluste aufgrund der Schleppleistung bei ausgekuppeltem Motor bestimmt.

3 Resultate

Da der Fahrzyklus NEFZ jeweils dreimal gemessen wurde, konnte Mittelwert und Vertrauensbereich bestimmt werden. Die anderen beiden Zyklen (CADC und Konstantfahrten) wurden jeweils nur einmal gemessen, deshalb kann bei diesen Zyklen keine Statistik angewandt werden.

3.1 CO₂-Emissionen

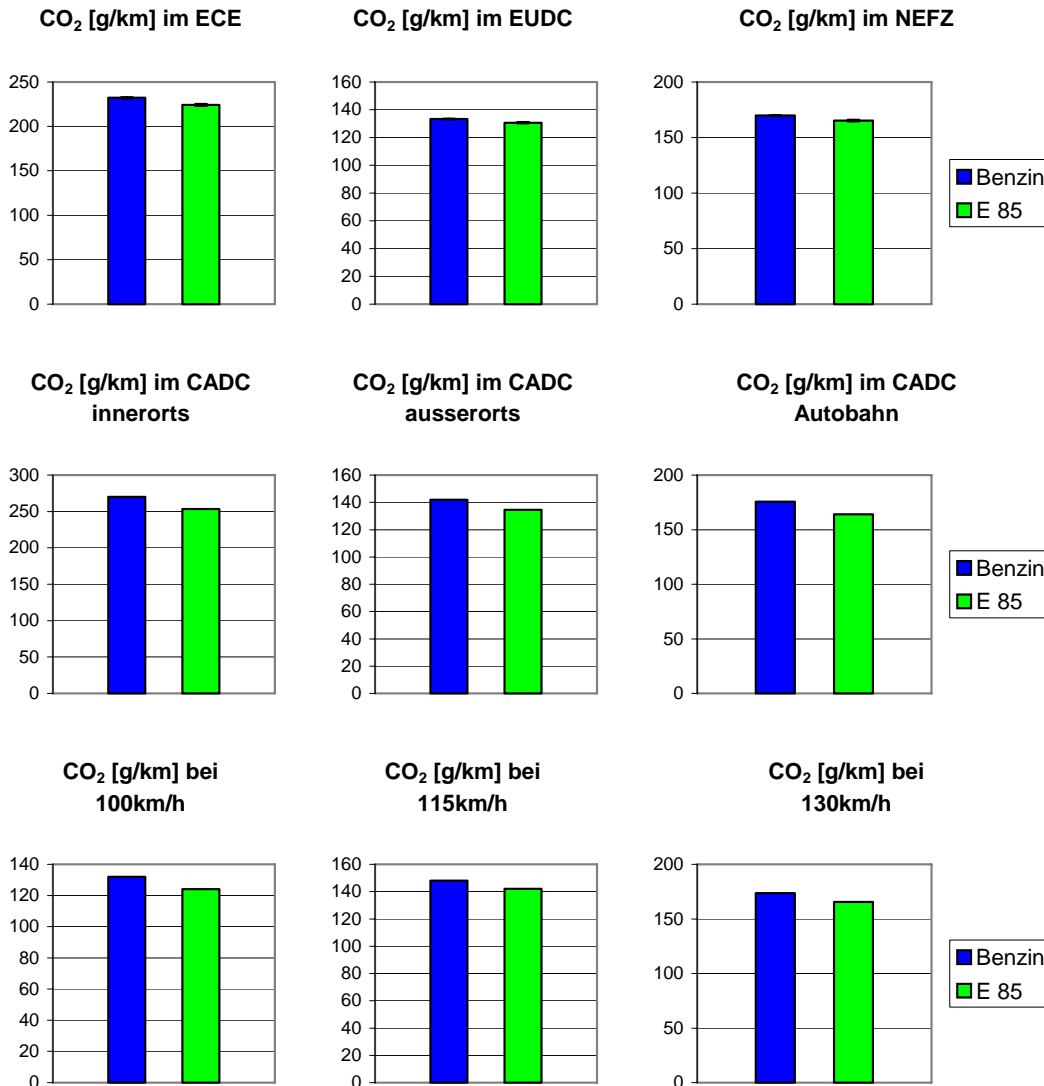


Abbildung 6 CO₂-Emissionen im NEFZ, CADC und bei Konstantfahrten

Die CO₂-Emissionen (siehe Abbildung 6) zeigen im NEFZ generell statistisch gesicherte Unterschiede und systematisch niedrigere Werte im Ethanolbetrieb. Sie lagen im ECE-Zyklusteil um 3.4%, im EUDC-Zyklusteil um 2.0% und von im gesamten NEFZ um 2.7% niedriger als im Benzinbetrieb.

Im CADC zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von -6.3% im Innerortsteil, von -5.3% im Ausserortsteil und von -6.5% im Autobahnteil. Während den Konstantfahrten zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von -6.0% bei 100km/h, von -4.1% bei 115km/h und von -4.6% bei 130km/h.

3.2 CO-Emissionen

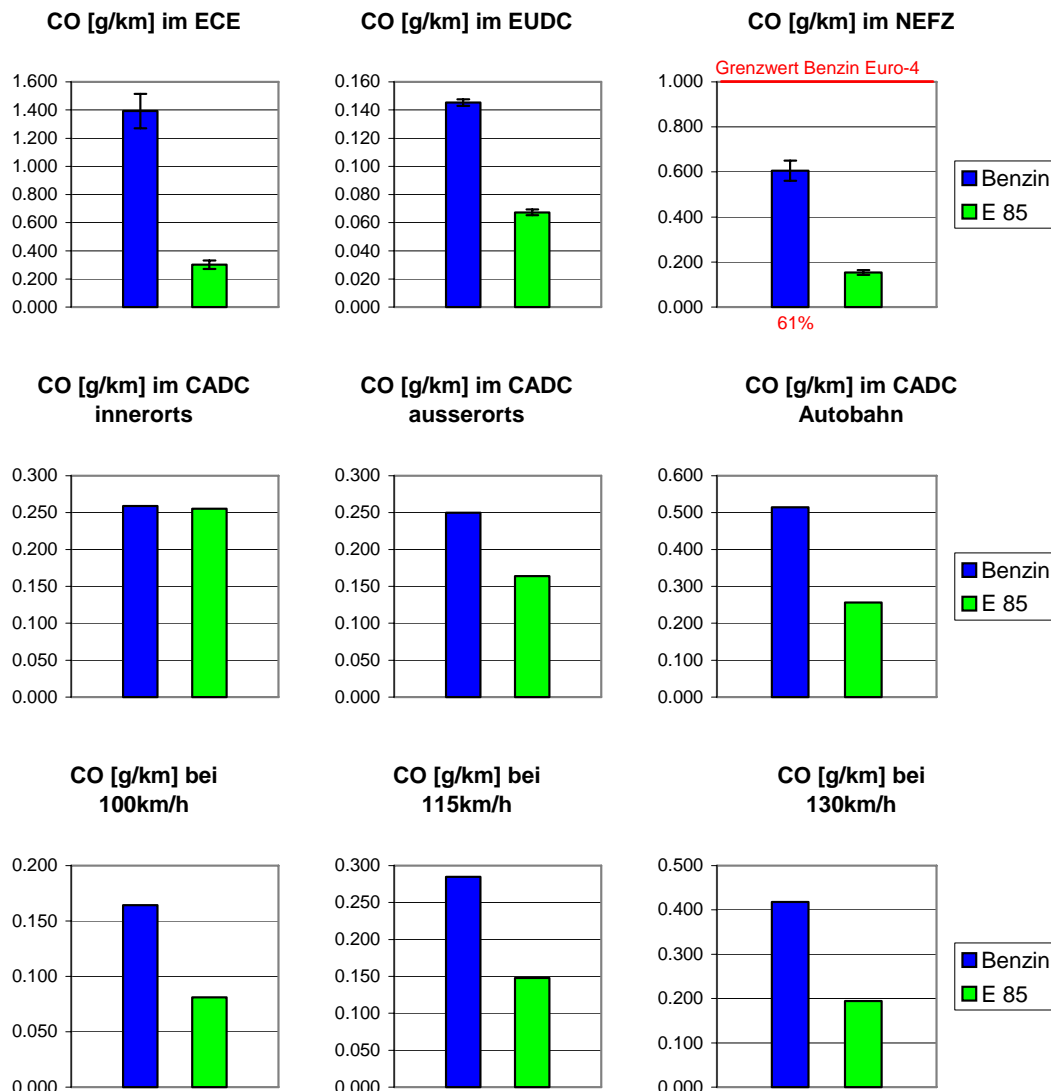


Abbildung 7 CO-Emissionen im NEFZ (mit Grenzwertausnutzung), CADC und bei Konstantfahrten

Die CO-Emissionen (siehe Abbildung 7) zeigen im NEFZ ebenfalls generell statistisch gesicherte Unterschiede. Im Ethanolbetrieb zeigte das Fahrzeug eine statistisch gesicherte Veränderung von -78% im ECE-Zyklusteil, von -54% im EUDC-Zyklusteil und von -75% im gesamten NEFZ.

Im CADC zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von -1% im Innerortsteil, von -34% im Ausserortsteil und von -50% im Autobahnteil. Während den Konstantfahrten zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von -51% bei 100km/h, von -48% bei 115km/h und von -53% bei 130km/h.

Die Grenzwertausnutzung (NEFZ) im Benzinbetrieb beträgt 61%, für den Ethanolbetrieb kann keine Grenzwertausnutzung angegeben werden da in der EU hierfür keine Grenzwerte existieren.

3.3 HC-Emissionen

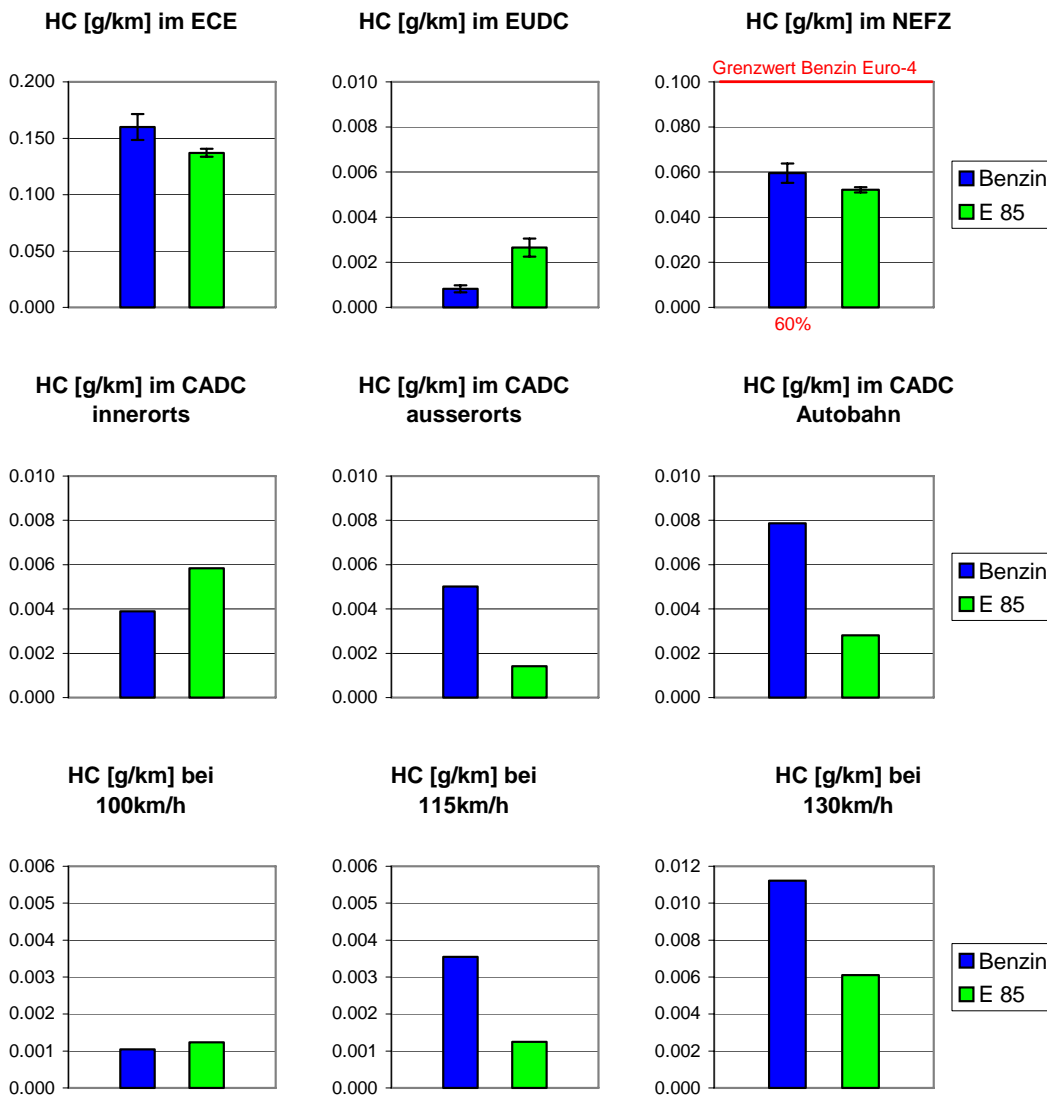


Abbildung 8 HC-Emissionen im NEFZ (mit Grenzwertausnützung), CADC und bei Konstantfahrten

Die HC-Emissionen (siehe Abbildung 8) zeigen im NEFZ statistisch nicht gesicherte Unterschiede. Im Ethanolbetrieb zeigte das Fahrzeug eine statistisch ungesicherte Veränderung von -14% im ECE-Zyklusteil, von +221% im EUDC-Zyklusteil und von -12% im gesamten NEFZ.

Im CADC zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von +50% im Innerortsteil, von -72% im Ausserortsteil und von -64% im Autobahnteil. Während den Konstantfahrten zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von +18% bei 100km/h, von -64% bei 115km/h und von -46% bei 130km/h.

Die Grenzwertausnützung (NEFZ) im Benzinbetrieb beträgt 60%, für den Ethanolbetrieb kann keine Grenzwertausnützung angegeben werden da in der EU hierfür keine Grenzwerte existieren.

Die Emissionen liegen aber sowohl im Ethanol- wie auch im Benzinbetrieb generell auf einem sehr niedrigen Niveau.

3.4 NO_x-Emissionen

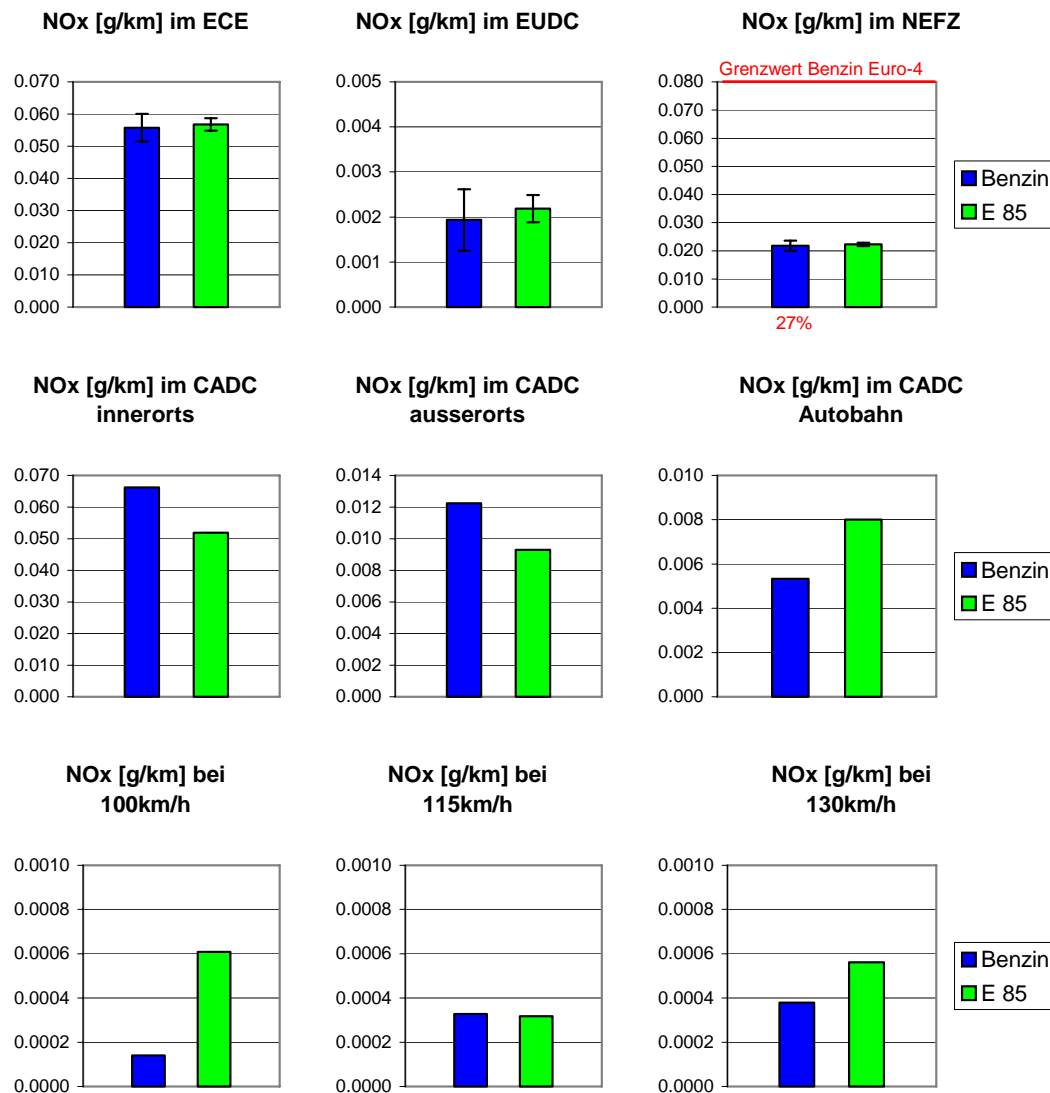


Abbildung 9 NO_x-Emissionen im NEFZ (mit Grenzwertausnutzung), CADC und bei Konstantfahrten

Die NO_x-Emissionen (siehe Abbildung 9) zeigen im NEFZ statistisch ebenfalls nicht gesicherte Unterschiede. Im Ethanolbetrieb zeigte das Fahrzeug eine statistisch ungesicherte Veränderung von +2% im ECE-Zyklusteil, von +13% im EUDC-Zyklusteil und von +2% im gesamten NEFZ.

Im CADC zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von -22% im Innerortsteil, von -24% im Ausserortsteil und von +50% im Autobahnteil. Während den Konstantfahrten zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von +334% bei 100km/h, von -3% bei 115km/h und von +48% bei 130km/h.

Die Grenzwertausnutzung (NEFZ) im Benzinbetrieb beträgt 27%, für den Ethanolbetrieb kann keine Grenzwertausnutzung angegeben werden da in der EU hierfür keine Grenzwerte existieren.

Die Emissionen liegen auch hier sowohl im Ethanol- wie auch im Benzinbetrieb generell auf einem sehr niedrigen Niveau.

3.5 Volumetrischer Kraftstoffverbrauch

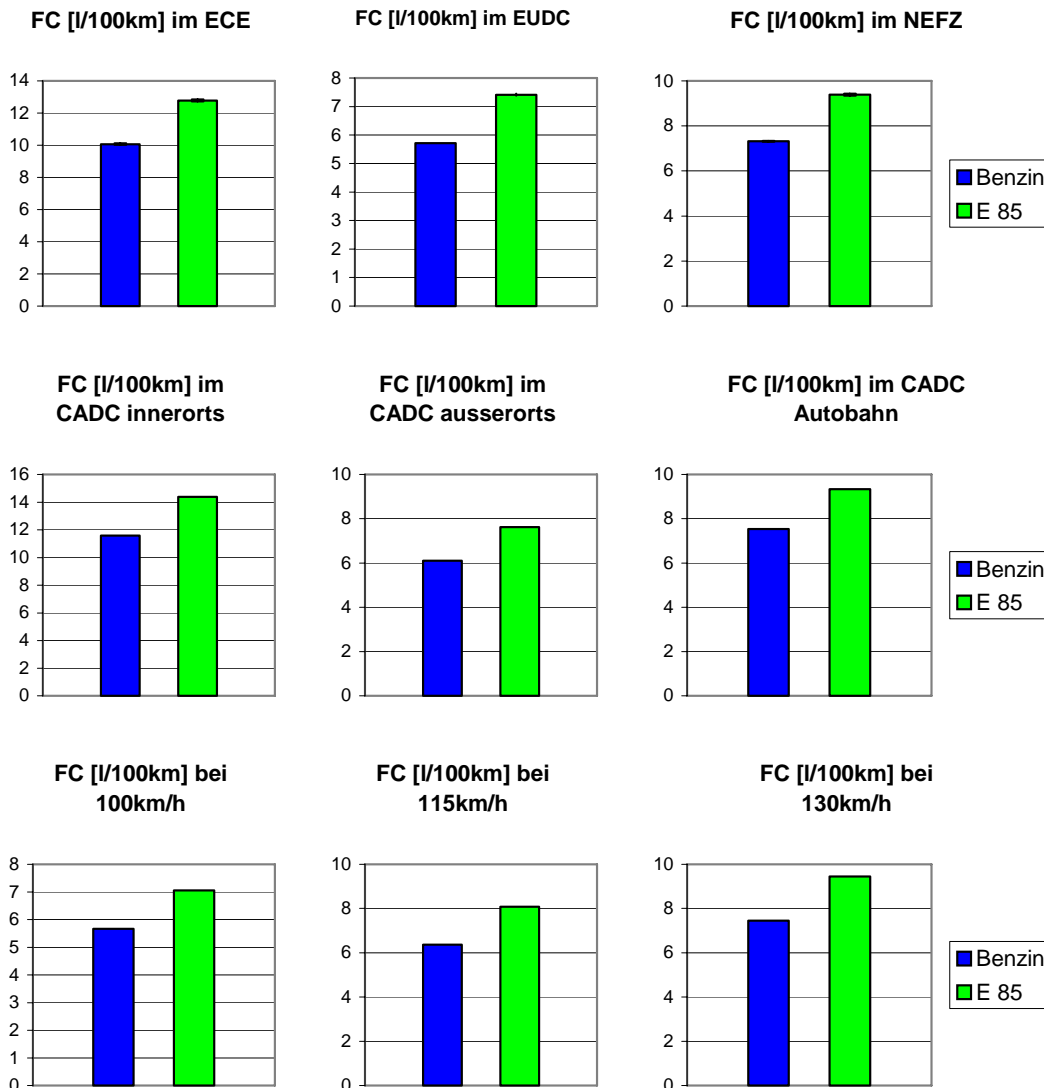


Abbildung 10 Kraftstoffverbrauch(FC) in [l/100km] im NEFZ, CADC und bei Konstantfahrten

Der Kraftstoffverbrauch in l/100km (siehe Abbildung 10) zeigt im NEFZ statistisch gesicherte Unterschiede. Im Ethanolbetrieb zeigte das Fahrzeug eine statistisch gesicherte Veränderung von +27% im ECE-Zyklusteil, von +30% im EUDC-Zyklusteil und von +28% im gesamten NEFZ.

Im CADC zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von +24% im Innerortsteil, von +25% im Ausserortsteil und von +24% im Autobahnteil. Während den Konstantfahrten zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von +24% bei 100km/h, von +27% bei 115km/h und von +27% bei 130km/h.

3.6 Energetischer Kraftstoffverbrauch

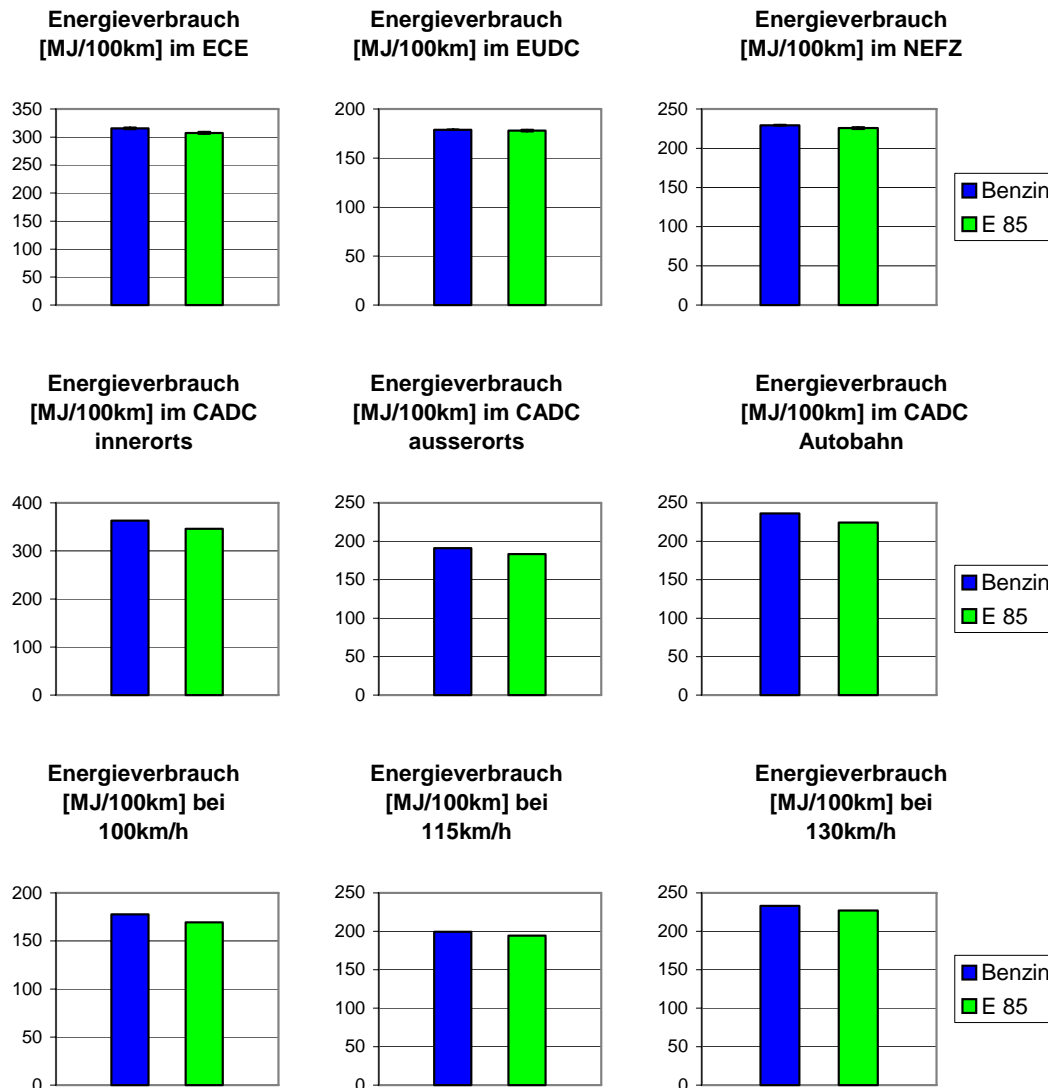


Abbildung 11 Kraftstoffverbrauch(Energie) in [MJ/100km] im NEFZ, CADC und bei Konstantfahrten

Der energetische Kraftstoffverbrauch in MJ/100km (siehe Abbildung 11) zeigt im NEFZ statistisch gesicherte Unterschiede. Im Ethanolbetrieb zeigte das Fahrzeug eine statistisch gesicherte Veränderung von -2.6% im ECE-Zyklusteil, von -0.4% im EUDC-Zyklusteil und von -1.5% im gesamten NEFZ.

Im CADC zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von -4.7% im Innerortsteil, von -4.1% im Ausserortsteil und von -4.9% im Autobahnteil. Während den Konstantfahrten zeigt das Fahrzeug im Ethanolbetrieb eine Veränderung von -4.5% bei 100km/h, von -2.5% bei 115km/h und von -2.6% bei 130km/h.

3.7 Motorleistung

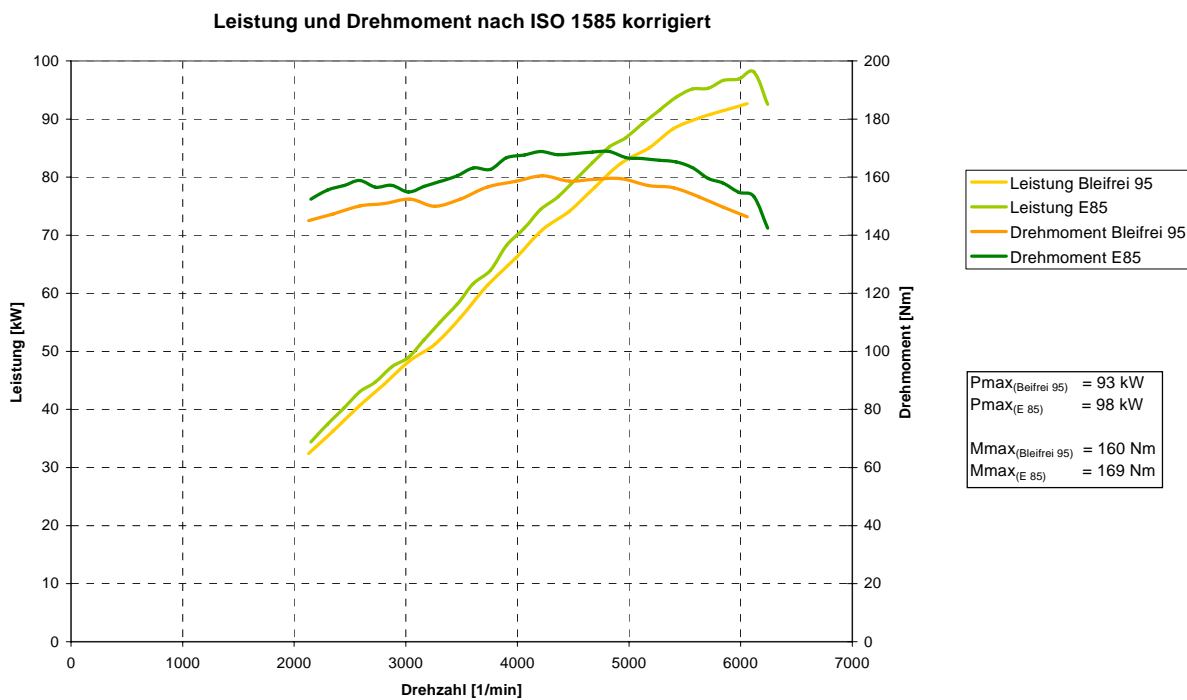


Abbildung 12 Motorleistung und Drehmoment (nach ISO 1585 korrigiert)

Die Messung mit handelsüblichem Benzin entspricht mit 93 kW ziemlich genau der Werksangabe (92 kW). Die Messung mit E85 ergab eine um 5% höhere max. Motorleistung (98 kW) und ein um 6% erhöhtes max. Drehmoment (169 Nm).

4 Anhang

4.1 Benzinbetrieb

4.1.1 NEFZ

	Datum km	18.01.07 13372	18.01.07 13383	18.01.07 13394		mean	st.dev.
ECE	CO	1.533	1.317	1.327		1.392	0.122
	T.HC	0.155	0.173	0.152		0.160	0.012
	NMHC	0.141	0.161	0.139		0.147	0.012
	NOx	0.059	0.051	0.057		0.056	0.004
	CO2	231.165	232.662	232.508		232.112	0.823
	F.C.	10.026	10.100	10.098		10.075	0.042
	eF.C.	313.93	316.24	316.17		315.448	1.313
EUDC	CO	0.145	0.148	0.143		0.145	0.002
	T.HC	0.001	0.001	0.001		0.001	0.000
	NMHC	0.000	0.001	0.001		0.001	0.000
	NOx	0.003	0.002	0.001		0.002	0.001
	CO2	133.360	133.096	133.399		133.285	0.165
	F.C.	5.711	5.711	5.711		5.711	0.000
	eF.C.	178.82	178.82	178.81		178.819	0.004
NEFZ	CO	0.657	0.579	0.579		0.605	0.045
	T.HC	0.058	0.064	0.057		0.060	0.004
	NMHC	0.052	0.060	0.052		0.055	0.004
	NOx	0.024	0.020	0.022		0.022	0.002
	CO2	169.460	169.867	169.872		169.733	0.236
	F.C.	7.304	7.332	7.325		7.320	0.015
	eF.C.	228.69	229.57	229.36		229.209	0.462

4.1.2 CADC

Datum	17.01.07	
km	13262	
Phase 1	CO	0.259
	T.HC	0.004
	NMHC	0.002
	NOx	0.066
	CO2	270.219
	F.C.	11.592
	eF.C.	362.95
Phase 2	CO	0.250
	T.HC	0.005
	NMHC	0.005
	NOx	0.012
	CO2	141.876
	F.C.	6.104
	eF.C.	191.14
Phase 3	CO	0.515
	T.HC	0.008
	NMHC	0.005
	NOx	0.005
	CO2	175.499
	F.C.	7.537
	eF.C.	236.00

4.1.3 Konstantfahrten

Datum	17.01.07	
km	13360	
100km/h	CO	0.164
	T.HC	0.001
	NMHC	0.001
	NOx	0.000
	CO2	131.978
	F.C.	5.669
	eF.C.	177.52
115km/h	CO	0.285
	T.HC	0.004
	NMHC	0.002
	NOx	0.000
	CO2	148.090
	F.C.	6.364
	eF.C.	199.26
130km/h	CO	0.418
	T.HC	0.011
	NMHC	0.007
	NOx	0.000
	CO2	173.489
	F.C.	7.445
	eF.C.	233.12

4.1.4 Kraftstoffanalyse Benzin

Intertek Caleb Brett
**Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG
ehem. EMPA Betriebsstoffe**

Überlandstrasse 129 CH-8600 Dübendorf Fon:+41-1-823 43 33 Fax:+41-1-823 40 38 www.intertek.ch / info@intertek.ch

Prüfbericht Nr.: 140076/01

Seite 1 von 2

Auftraggeber:
**EMPA
Abteilung 137
Überlandstrasse 129
8600 Dübendorf**

Prüfobjekt: Benzin (Bleifrei 95)
Eingangsdatum: 2004-01-27
Verpackung: 1 Kanne
Tank Nr.: 34
Ihr Auftrag vom: 2004-01-27
Sachbearbeiter: Ph. Novak
Spezifikation: SN 181162:2000 (Klasse D/D1)
Probenbezeichnung: BUWAL Klima Wiederholung

Analyse	Einheit	Resultat	Limiten		Prüfmethode
			Tief	Hoch	
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	739,4	720	775	ASTM D 4052
Aromaten	Vol. %	34,2		42,0	ASTM D 1319
Dampfdruck (DVPE) bei 37,8 °C	kPa	85,7	60,0	95,0	EN 13016-1
Olefine	Vol. %	5,5		18,0	ASTM D 1319
Siedeanalyse (101,3 kPa)					ISO 3405
Siedebeginn	°C	28			
10 Vol. % verdampft bis	°C	41			
20 Vol. % verdampft bis	°C	50			
50 Vol. % verdampft bis	°C	91			
90 Vol. % verdampft bis	°C	155			
Siedeeende	°C	193		210	
Rückstand	Vol. %	1,1		2	
Sieverlust	Vol. %	1,7			
bis 70 °C verdampft	Vol. %	37,3	22,0	50,0	
bis 100 °C verdampft	Vol. %	55,3	46,0	71,0	
bis 150 °C verdampft	Vol. %	88,1	75,0		
Schwefel	mg/kg	7		150	ASTM D 5453
Abdampfrückstand					EN 26246
Abdampfrückstand	mg/100 mL	2			
nach n-Heptanbehandlung	mg/100 mL	1		5	
Bleigehalt	mg/L	<2		5	ASTM D 5059
Benzol	Vol. %	0,8		1,0	EN 238
Sauerstoffgehalt	Mass. %	0,6		2,7	ASTM D 4815

Dübendorf, 02. Februar 2004

Der Prüfleiter:



U. Debrunner

Der Geschäftsführer:



Dr. H.W. Jäckle

Anmerkung: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Das Verwenden des Berichtes zu Werbezwecken, der blosser Hinweis darauf sowie auszugsweises Veröffentlichendes bedürfen der Genehmigung der Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG (vgl. Merkblatt). Berichte und Rohdaten werden 10 Jahre archiviert. Die Prüfobjekte werden bis mind. 1 Monat nach Berichtsdatum zurückgestellt. Einzelheiten zu den Untersuchungsverfahren (Normen, SOP), wie Nachweisgrenzen, Streubereich usw., können bei der Geschäftsleitung erfragt werden. Im übrigen gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG.

SID:200048470/TRID:800370644/LPV:7.1/UD133

Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG

Seite 2 von 2

Auftraggeber: EMPA, 8600 Dübendorf

Prüfbericht Nr.: 140076/01

Analyse	Einheit	Resultat	Limiten		Prüfmethode
			Tief	Hoch	
Sauerstoffverbindungen					ASTM D 4815
Methanol	Vol.%	<0,1		3	
Ethanol	Vol.%	<0,1		5	
2-Propanol (IPA)	Vol.%	<0,1		10	
2-Methyl-1-propanol (IBA)	Vol.%	<0,1		10	
2-Methyl-2-propanol (TBA)	Vol.%	0,2		7	
Ether (5 oder mehr C-Atome)	Vol.%	2,7		15	
andere sauerstoffhalt. org. Verbindungen	Vol.%	0,3		10	
Sauerstoffverbindungen, total	Vol.%	3,2			ASTM D 4815
Motor-Oktananzahl (MOZ)		85,4	85,0		ISO 5163
Research-Oktananzahl (ROZ)		95,0	95,0		ISO 5164
Elementaranalyse					ASTM D 5291
Kohlenstoff	Mass.%	86,82			
Wasserstoff	Mass.%	13,15			

Anmerkung: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Das Verwenden des Berichtes zu Werbezwecken, der blosse Hinweis darauf sowie auszugsweises Veröffentlichung bedürfen der Genehmigung der Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG (vgl. Merkblatt). Berichte und Rohdaten werden 10 Jahre archiviert. Die Prüfobjekte werden bis mind. 1 Monat nach Berichtsdatum zurückgestellt. Einzelheiten zu den Untersuchungsverfahren (Normen, SOP), wie Nachweisgrenzen, Streubereich usw., können bei der Geschäftsleitung erfragt werden. Im übrigen gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG.

4.2 Ethanolbetrieb

4.2.1 NEFZ

	Datum km	24.01.07 14161	25.01.07 14236	25.01.07 14247		mean	st.dev.
ECE	CO	0.273	0.299	0.333		0.302	0.030
	T.HC	0.133	0.140	0.137		0.137	0.003
	NMHC	0.117	0.125	0.120		0.121	0.004
	NOx	0.055	0.056	0.059		0.057	0.002
	CO ₂	224.989	224.666	222.945		224.200	1.099
	F.C.	12.822	12.825	12.714		12.787	0.063
	eF.C.	308.20	308.27	305.61		307.358	1.517
EUDC	CO	0.067	0.070	0.066		0.067	0.002
	T.HC	0.003	0.002	0.003		0.003	0.000
	NMHC	0.002	0.001	0.002		0.002	0.000
	NOx	0.002	0.002	0.002		0.002	0.000
	CO ₂	131.272	130.470	130.307		130.683	0.517
	F.C.	7.447	7.390	7.390		7.409	0.033
	eF.C.	179.01	177.65	177.64		178.098	0.788
NEFZ	CO	0.143	0.154	0.164		0.154	0.011
	T.HC	0.051	0.053	0.052		0.052	0.001
	NMHC	0.044	0.047	0.046		0.046	0.001
	NOx	0.022	0.022	0.023		0.022	0.001
	CO ₂	165.792	165.213	164.398		165.134	0.700
	F.C.	9.427	9.395	9.349		9.390	0.039
	eF.C.	226.59	225.83	224.73		225.717	0.935

4.2.2 CADC

	Datum km	24.01.07 14225
Phase 1	CO	0.255
	T.HC	0.006
	NMHC	0.002
	NOx	0.052
	CO ₂	253.218
	F.C.	14.394
	eF.C.	345.99
Phase 2	CO	0.164
	T.HC	0.001
	NMHC	0.001
	NOx	0.009
	CO ₂	134.408
	F.C.	7.626
	eF.C.	183.31
Phase 3	CO	0.256
	T.HC	0.003
	NMHC	0.001
	NOx	0.008
	CO ₂	164.070
	F.C.	9.338
	eF.C.	224.47

4.2.3 Konstantfahrten

	Datum	23.01.07
	km	14149
100km/h	CO	0.081
	T.HC	0.001
	NMHC	0.001
	NOx	0.001
	CO2	124.092
	F.C.	7.051
	eF.C.	169.48
115km/h	CO	0.148
	T.HC	0.001
	NMHC	0.000
	NOx	0.000
	CO2	141.971
	F.C.	8.079
	eF.C.	194.19
130km/h	CO	0.195
	T.HC	0.006
	NMHC	0.001
	NOx	0.001
	CO2	165.506
	F.C.	9.447
	eF.C.	227.08

4.2.4 Kraftstoffanalyse Ethanol

Intertek Caleb Brett

Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG

Wagistrasse 2 CH-8952 Schlieren Fon:+41-43 433 78 10 Fax:+41-43 433 78 19 www.intertek.ch / info@intertek.ch

Prüfbericht Nr.: 170068/01

Seite 1 von 1

Auftraggeber:
EMPA
Materials Science & Technology
Abteilung 137
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
Prüfobjekt: Ethanol
Eingangsdatum: 2007-01-29
Verpackung: 1 Kanne
Ihr Auftrag vom: 2007-01-30
Sachbearbeiter: Christian Bach

Analyse	Einheit	Resultat	Prüfmethode
Dichte bei 15 °C	kg/m ³	776,7	ASTM D 4052
Ethanol	Vol. %	84,1	ASTM D 4815
Sauerstoff (berechnet als Differenz)	Mass. %	24,22	ASTM D 5291
Elementaranalyse			ASTM D 5291
Kohlenstoff	Mass. %	62,19	
Wasserstoff	Mass. %	13,59	
Heizwert			ASTM D 4809
Brennwert	MJ/kg	34,06	
Heizwert	MJ/kg	31,10	
Research-Oktananzahl (ROZ)		101,5	EN ISO 5164
Motor-Oktananzahl (MOZ)		88,0	EN ISO 5163

Schlieren, 06.02.2007

Der Prüfleiter:

U. Debrunner

Der Geschäftsführer:

Dr. H.W. Jäckle



Anmerkung: Die Untersuchungsergebnisse haben nur Gültigkeit für das geprüfte Objekt. Das Verwenden des Berichtes zu Werbezwecken, der blosser Hinweis darauf sowie auszugsweises Veröffentlichens bedürfen der Genehmigung der Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG (vgl. Merkblatt). Berichte und Rohdaten werden 10 Jahre archiviert. Die Prüfobjekte werden bis mind. 1 Monat nach Berichtsdatum zurückgestellt. Einzelheiten zu den Untersuchungsverfahren (Normen, SOP), wie Nachweisgrenzen, Streubereich usw., können bei der Geschäftsleitung erfragt werden. Im übrigen gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen der Intertek Caleb Brett (Schweiz) AG.

¹ Unterlieferant, ² Methode nicht akkreditiert

200061546-7.9-UD