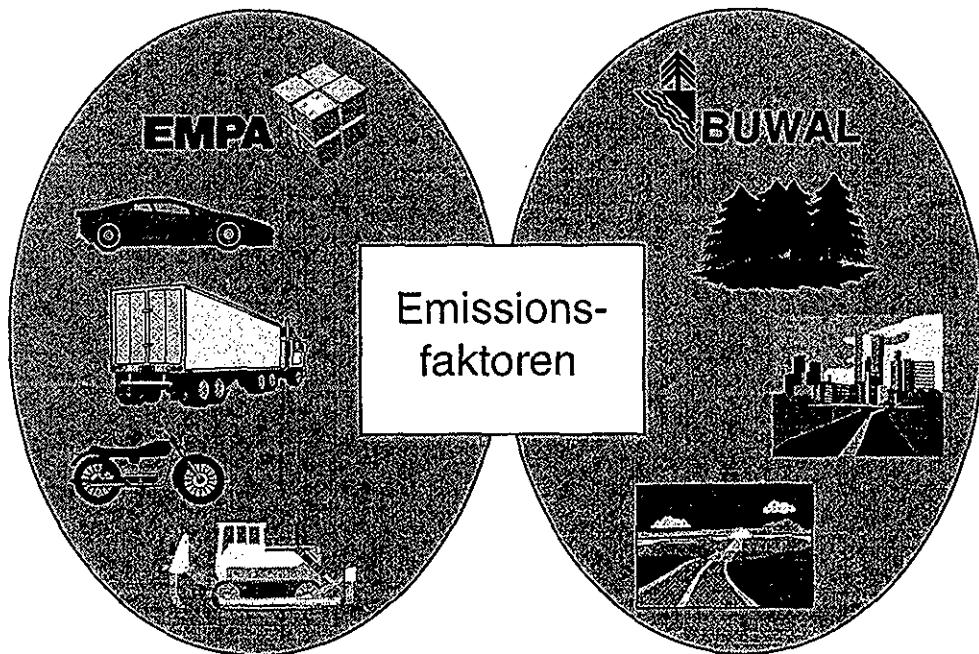


Abteilung Verbrennungsmotoren/Feuerungen

Bericht-Nr. 169'354/1



Nachführung der Emissionsgrundlagen Strassenverkehr
Ergänzung der Messdaten auf das Bezugsjahr 1995
Benzinfahrzeuge: Personen- und Lieferwagen



Im Auftrag von

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)

Autoren: Ch. Tschachtli
Th. Schweizer

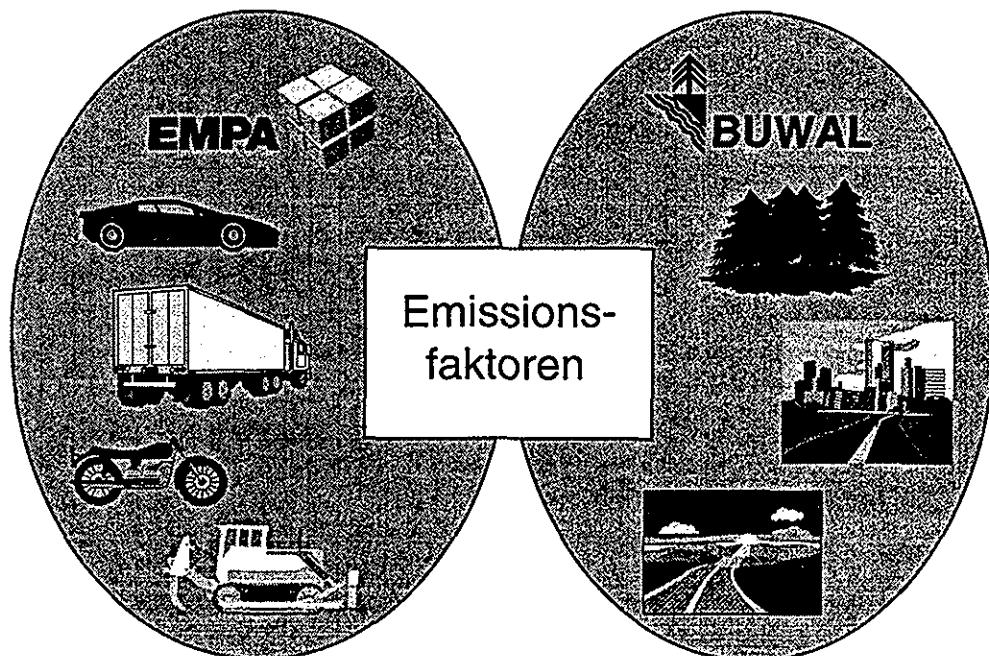


Dübendorf, den 10. Mai 1999

Abteilung Verbrennungsmotoren/Feuerungen

Bericht-Nr. 169'354/1

Nachführung der Emissionsgrundlagen Strassenverkehr
Ergänzung der Messdaten auf das Bezugsjahr 1995
Benzinfahrzeuge: Personen- und Lieferwagen



Im Auftrag von

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)

Autoren: Ch. Tschachtli
Th. Schweizer



Dübendorf, den 10. Mai 1999

INHALTSVERZEICHNIS

A) ZUSAMMENFASSUNG	1
B) EINLEITUNG.....	2
1. Hintergrund.....	2
2. Untersuchungen	2
C) PROJEKTBESCHRIEB	3
1. Fahrzeugauswahl	3
1.1 Personenwagen	3
1.2 Lieferwagen.....	4
2. Prüfzyklen	5
3. Auswertung.....	6
3.1 Fahrzyklen.....	6
3.2 Hubraumgewichtung	6
3.3 Laufleistungskorrektur.....	7
4. Rohdaten	10
4.1 Personenwagen	10
4.2 Lieferwagen.....	10
D) RESULTATE	11
1. Messresultate BUWAL 97	11
1.1 EMPA-Zyklen	11
2. Vergleich mit älteren Datensätzen.....	12
2.1 Einleitung.....	12
2.2 Resultate FTP-75 & NEFZ	13
3. Grenzwertehaltung.....	16
3.1 Personenwagen	16
3.2 Lieferwagen.....	19
4. Vergleich Lieferwagen-PW	20
4.1 Einleitung.....	20
4.2 Emissionen.....	20
4.3 Verbrauch.....	22
4.4 Einfluss des Beladungsgrades.....	23
5. Einfluss der Laufleistung	24
6. Fahrzeugspezifische Unterschiede	24

E)	LITERATURVERZEICHNIS	26
F)	ANHANG	27
	1. Inhaltsverzeichnis Anhang	27

A) ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Projektes "Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz 1950 – 2010" hat die EMPA 30 Benzinfahrzeuge (20 Personenwagen, 10 Lieferwagen) der Technologiegeneration FAV-1 im BUWAL-Messprogramm getestet. Dabei interessiert die Entwicklung der Emissionen und des Verbrauchs im Laufe der Zeit, aber auch Quervergleiche zwischen verschiedenen Fahrzeugklassen und Stichproben.

Mit den ersten 10 Benzinfahrzeugen wurden im EMPA-Projekt 166'558 [3] methodische und messtechnische Aspekte genauer untersucht. Für einen Vergleich mit anderen Stichproben waren diese 10 Personenwagen aber nicht repräsentativ. Mit der nun vollständigen Stichprobe werden diese Analysen nachgeholt. Die Emissionsfaktoren für Benzinfahrzeuge sind damit bis zum Bezugsjahr 1995 aktualisiert.

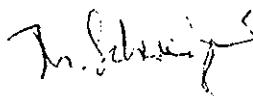
Die Resultate zeigen ein uneinheitliches Bild: Während die Emissionen im FTP-75 Zyklus (entspricht der damaligen Typenprüfung) im Vergleich zur Stichprobe BUWAL94 generell wieder ansteigen, sinken alle Schadstoffe im NEFZ (aktuelle Typenprüfung) auf tiefere Werte hinunter. Damit ist die Emissionsentwicklung je nach Prüfzyklus unterschiedlich. Eindeutig der Verbrauch: Er steigt je nach Zyklus zwischen 4 % und 8 % an, was auf das wachsende Leergewicht der Fahrzeuge zurückgeführt werden kann.

Die Lieferwagen wurden mit einer simulierten Beladung von 30 % der Nutzlast gemessen, um die Realität auf der Strasse besser abzubilden. Dabei hat sich gezeigt, dass die Emissionen generell um einen Faktor zwei bis zehn höher sind als bei den Personenwagen. Wenn man die Beladung dann auf 90 % der Nutzlast erhöht, verdoppeln sie sich teilweise noch einmal. Der durchschnittliche Verbrauch liegt zwischen 50 % und 80 % höher als bei den Personenwagen, wobei die Lieferwagen ein höheres Leergewicht und eine grössere Stirnfläche aufweisen.

Zur Entlastung des Textes sind nur die wichtigsten Diagramme und Tabellen integriert. Die Messwerte, sowie die ausführlichen Diagramme finden sich im Anhang.

Dübendorf, den 10. Mai 1999

EMPA Dübendorf
Abt. Verbrennungsmotoren/Feuerungen
Der Leiter Motorenversuche



Thomas Schweizer

B) EINLEITUNG

1. Hintergrund

Das BUWAL (Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) führt seit längerer Zeit Untersuchungen über zu erwartende Schadstoffemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz durch. In diesem Rahmen wurde das Projekt 'Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1950 bis 2010' lanciert, welches sich mit der Frage beschäftigt, wie gross die ausgestossenen Schadstoffmengen der Fahrzeuge sind, und wie diese sich im Laufe der Zeit verändern werden. Emissionsfaktoren sind dabei ein Mass für die Schadstoffemissionen pro Fahrstrecke für verschiedene Fahrzeugschichten in der Schweiz.

Dieser Bericht ist ein Bestandteil der Nachführung der Emissionsfaktoren. Die Emissionsmessdaten werden für Benzinfahrzeuge (Personen- und Lieferwagen) bis zum Bezugsjahr 1995 ergänzt.

Die Resultate der ersten 10 benzinbetriebenen Personenwagen des BUWAL97-Programmes wurden bereits im EMPA-Bericht Nr. 166 558 dargestellt, allerdings standen in diesem ersten Teil mess- und auswertungstechnische Fragen im Vordergrund. Die eigentliche Auswertung und Analyse der Emissionswerte wurde erst mit dem vollständigen Datensatz vorgenommen, und die Ergebnisse werden in diesem Bericht vorgestellt.

2. Untersuchungen

Bei der Nachführung von Emissionsdaten stehen die Vergleiche mit vorhandenen Daten aus dem EMPA-Bericht 138'193 und aus dem Messprogramm BUWAL94 (EMPA 152'576), wo Fahrzeuge der Jahrgänge 87-90, resp. 91-93 untersucht worden sind, im Vordergrund. Ebenfalls sind beim TÜV Rheinland Messungen zu diesem Thema durchgeführt worden, wobei es sich dort ebenfalls um Fahrzeuge der Jahrgänge 87-90 handelt (TÜV Rheinland, 1994). Auch diese Daten werden bei gewissen vergleichenden Untersuchungen berücksichtigt. Dabei sind natürlich die Entwicklungen der einzelnen Schadstoffkomponenten während dieses Zeitraums von grösster Bedeutung: Mit diesen neuesten Daten hat man einen Einblick, wie sich das Emissionsverhalten der einzelnen Fahrzeuge seit der Einführung des Katalysators verändert hat.

Erstmals an der EMPA wurde auch eine repräsentative Auswahl von Lieferwagen (< 3,5 t) gemessen, wobei hier vor allem der direkte Vergleich mit den Personenwagen interessant ist. Bei einigen Fahrzeugen ist bei den Messungen zusätzlich der Beladungsgrad verändert worden, um dessen Einfluss auf Kraftstoffverbrauch und Emissionen in zwei verschiedenen Fahrmustern zu untersuchen. Zusätzlich wurde die Emissions- und Verbrauchsentwicklung mit zunehmender Laufleistung untersucht.

C) PROJEKTBESCHRIEB

1. Fahrzeugauswahl

1.1 Personenwagen

Es wurden insgesamt 20 Fahrzeuge vermessen, welche als Stichprobe bezüglich Hubraum, Gewicht, Getriebeart und Karosserieform in der entsprechenden Zeitspanne alle in der Schweiz vorhandenen Personenwagenarten repräsentativ vertreten. Die Auswahl der Fahrzeuge wurde von der EMPA vorgenommen, basierend auf der Verkaufshitliste des Jahres 1995. Die Art und Grösse der ausgewählten Fahrzeuge widerspiegelt demnach den Bestand auf den Schweizer Straßen (vgl. Tabelle 1).

Nr.	Marke	Modell	TS-Nr.	Jahrgang	Laufleistung	Hubraum	Leistung	Fz-Masse	Vmax AR	V Rolle	
1	Renault	Espace	1R2108	4.94	74500	2165	81/110	1330	175	191	
2	Ford	Fiesta Poco Loco	1F5285	5.95	25500	1296	44/60	920	153	153	
3	Opel	Astra Caravan	1O5123	5.93	60000	1597	74/100	1055	190	189	
4	Ford	Escort Kombi	1F5223	4.94	50500	1795	77/105	1210	187	203	
5	Mazda	323 F	1M1064	10.94	28500	1597	66/90	1010	180	181	
6	BMW	318 ti	1B5138	2.95	7500	1795	103/140	1220	209	223	
7	Opel	Vectra Automat	1O5162	7.95	24000	1998	100/136	1210	200	217	
8	Renault	Clio	1R2103	2.93	80500	1389	59/80	920	175	178	
9	VW	Passat Variant	1V6540	9.94	30000	2791	128/174	1430	218	233	
10	Subaru	Legacy Allrad	1S5047	6.94	100500	2211	92/128	1320	195	224	
11	Opel	Astra Caravan	1O5101	5.93	62323	1388	60/82	1030	160	175	
12	VW	Golf Variant	1V6634	8.95	34619	1983	85/115	1210	193	198	
13	Toyota	Carina Magermotor	1T5111	4.95	31935	1997	98/133	1220	205	210	
14	VW	Golf	1V6399	7.94	56603	1780	66/90	1045	180	176	
15	Ford	Mondeo Kombi	1F5261	2.94	74737	1987	100/136	1350	204	218	
16	Peugeot	306	1P2185	95	38500	1761	74/101	1100	185	196	
17	Toyota	Starlet Automat	1T5102	5.94	27956	1295	55/75	810	170	156	
18	Ford	Escort	1F5230	6.94	86750	1596	65/90	1175	177	174	
19	Jeep	Grand Cherokee Aut	1J2021	5.93	57445	5213	158/215	1845	180	217	
20	Citroen	Xantia Automat	1C5129	93	90128	1997	89/123	1310	195	217	

Tabelle 1

Dabei ist darauf verzichtet worden, die Fahrzeuge zahlenmässig in drei Hubraumklassen einzuteilen, wie dies bei den älteren Stichproben gemacht wurde. In dieser Stichprobe entspricht die Hubraumverteilung aller Fahrzeuge der Realität auf den Strassen der Schweiz. Damit hat man in der mittleren Hubraumklasse von 1400 bis 2000 cm³ 12 Fahrzeuge und in der kleinsten unter 1400 cm³, bzw. in der grössten über 2000 cm³, vier Fahrzeuge.

Alle Wagen wurden zwischen 1993 und 1995 zugelassen und unterstehen somit bezüglich Homologationsprüfung der FAV-1 Richtlinie (FTP-75 Zyklus). Die ersten 10 Fahrzeuge wurden nicht über die offiziellen Zulassungsstellen besorgt, sondern erstmals via 'informellem Weg' zur Verfügung gestellt. Die zweiten 10 Fahrzeuge hingegen sind wiederum durch die Eidg. Fahrzeugkontrolle (EFKO) beschafft worden. An der EMPA wurden ausser dem Wechsel auf OKK-Einheitskraftstoff bezüglich Wartung keine speziellen Vorbereitungen getroffen, was als Voraussetzung für eine möglichst repräsentative und realistische Untersuchung gelten kann. Die Laufleistungen der einzelnen Personenwagen sind dabei absichtlich sehr unterschiedlich und im Bereich von ca. 10'000 bis 100'000 km angesiedelt, der Durchschnitt liegt bei ca. 52'000 km.

1.2 Lieferwagen

Die Auswahl der Lieferwagen ist ebenfalls nach dem Kriterium der Repräsentativität erfolgt. Die Zusammenstellung der Stichprobe basiert auf der Hitliste der am meisten verkauften Fahrzeuge in der Schweiz. Ausgewählt wurden 10 Lieferwagen, die alle zwischen 1990 und 1995 hergestellt wurden und ebenso der Norm FAV-1 entsprechen. Dabei wurden aber mit dieser Stichprobe zwei Fahrzeuge mitgemessen, welche bereits die nächste Norm EURO II erfüllen (in der Tabelle 2 sind diese Fahrzeuge grau unterlegt). Die Laufleistungen der Lieferwagen variieren von 10'000 bis 210'000 km, mit einem Mittel von ca. 63'000 km. Die Fahrzeuge befinden sich alle in einem Hubraumbereich von 2000 bis 2400 cm³. Die Stichprobe ist in Tabelle 2 dargestellt.

Fz.-Nr.	Marke	Modell	TS-Nr.	Jahr- gang	Laufleistung [km]	Hub- raum [ccm]	Leistung [kW]	Fz.masse [kg]
1	Mitsubishi	L300 VAN	3M75 18	10.96	11060	1996	66	1240
2	Nissan	Urvan	3N50 17	6.94	42770	2388	74	1550
3	Toyota	Hiace C	3T40 34	8.92	51382	2437	88	1730
4	Toyota	Liteace	3T40 43	6.94	98157	2236	75	1310
5	VW	T4 BUS	3V71 08	9.96	29037	1968	62	1445
6	Renault	Master T35	3R41 01	5.90	214551	2164	69	1820
7	Mazda	E2000 I	3M30 08	11.92	82708	1997	71	1510
8	Hyundai	H100	3H30 01	2.95	39241	2349	90	1420
9	VW	LT-31	3V70 61	4.94	37050	2381	70	1860
10	Ford	Transit	3F51 05	4.93	28569	1993	71	1495

Tabelle 2

2. Prüfzyklen

Nebst den gesetzlichen Prüfzyklen FTP-75, NEFZ und Highway sind alle Fahrzeuge in neueren EMPA-Zyklen gefahren worden, welche aufgrund von Fahrverhaltensuntersuchungen entwickelt wurden und typischen Fahrmustern im Innerorts-, Ausserorts-, sowie Autobahnbereich entsprechen. Zusätzlich ist auch der deutsche Bundesautobahnzyklus (BAB) gefahren worden. Die gesetzlichen Prüfzyklen sind im (Anhang S.13), die fahrnmusterbasierten EMPA-Zyklen in (Anhang S.14) in Form von Geschwindigkeits-Zeit-Diagrammen dargestellt. Auf die einzelnen Zyklen wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen, da diese in [2] resp. [3] bereits ausführlich beschrieben wurden.

Eine Übersicht der verwendeten Fahrzyklen ist in Tabelle 3 dargestellt, wobei die Charakteristik der einzelnen Fahrten jeweils kurz beschrieben ist.

Zyklus	Phase (BAG Nr.)	Fahrmuster	V_{mittel} [km/h]	V_{min} [km/h]	V_{max} [km/h]	Länge [s]	Charakteristik
Fahrt A	I	FTP-75 I	41.1	0.0	91.2	505	Gesetzlicher Homologationszyklus FAV-1
	II	FTP-75 II	25.7	0.0	55.1	869	Gesetzlicher Homologationszyklus FAV-1
	III	FTP-75 III	41.1	0.0	91.2	505	Gesetzlicher Homologationszyklus FAV-1
Fahrt B	I	NEFZ ECE	18.8	0.0	50.0	780	Gesetzlicher Homologationszyklus Teil Innerorts
	II	NEFZ EUDC	62.6	0.0	120.0	400	Gesetzlicher Homologationszyklus Teil Ausserorts
	III	Highway	77.7	0.0	96.4	765	Gesetzlicher Homologationszyklus FAV-1
Fahrt C	I	A3	93.0	73.8	111.7	217	Autobahn, langsam, schwankend (EMPA)
	I	A4	90.4	69.1	111.8	259	Autobahn, langsam, schwankend (EMPA)
	II	AE1	120.2	105.1	131.1	216	Autobahn, zügig, schwankend (EMPA)
	III	AE2	111.8	84.7	131.5	258	Autobahn, zügig, stabil (EMPA)
Fahrt D	I	LE2u	64.4	20.6	88.6	295	Ausserorts, langsam, stark schwankend (EMPA)
	II	LE2s	66.1	41.8	94.2	235	Ausserorts, langsam, schwankend (EMPA)
	III	LE1	74.6	58.6	91.8	269	Ausserorts, zügig, stabil (EMPA)
Fahrt E	I	LG2	52.9	23.9	70.9	227	Innerorts, zügig, stabil (EMPA)
	II	LS2	48.2	24.4	70.7	242	Innerorts, zügig, stabil (EMPA)
	III	LE3	48.5	0.2	81.4	276	Innerorts, zügig, schwankend (EMPA)
Fahrt F	I	LE5	29.9	0.0	53.3	253	Innerorts, langsam, stark schwankend (EMPA)
	II	LE6	22.9	0.0	60.3	275	Innerorts, stockend, stark schwankend (EMPA)
	III	Sigoio	6.7	0.0	24.2	341	Innerorts, Stop&Go-Fahrmuster (EMPA)

Tabelle 3

3. Auswertung

3.1 Fahrzyklen

Die meisten in dieser Untersuchung verwendeten Fahrzyklen weisen mehrere Phasen auf, welche sich vor allem bezüglich Dynamik, Geschwindigkeit sowie Länge unterscheiden. In der Auswertung wurde auf die einzelnen Phasen nicht näher eingegangen, sondern jeweils nur die Endresultate der verschiedenen Fahrten untereinander verglichen. Während die Endwerte der von der EMPA definierten Fahrten C-F jeweils die Mittelwerte der drei Phasen bedeuten, werden die Resultate bei den gesetzlichen Zyklen FTP-75 und NEFZ folgendermassen berechnet:

FTP-75:

$$m_i = 0.43 \cdot \left(\frac{M_{i\text{Phasel}} + M_{i\text{Phasell}}}{s_{\text{Phasel}} + s_{\text{Phasell}}} \right) + 0.57 \cdot \left(\frac{M_{i\text{Phasell}} + M_{i\text{Phaselll}}}{s_{\text{Phasell}} + s_{\text{Phaselll}}} \right)$$

NEFZ:

$$m_i = \frac{m_{ECE} \cdot s_{ECE}}{s_{\text{tot}}} + \frac{m_{EUDC} \cdot s_{EUDC}}{s_{\text{tot}}}$$

wobei:

M_i = Emission der i-ten Komponente [g]

m_i = Emission der i-ten Komponente [g/km]

s = Gefahrene Strecke [km]

3.2 Hubraumgewichtung

Um unterschiedliche Stichproben miteinander zu vergleichen, müssen die Klassenunterschiede angepasst werden. Deshalb werden auch bei der neuesten Stichprobe BUWAL97, welche gemäss der Hubraumverteilung entstanden ist, wieder die bekannten Hubraumklassen eingeführt und deren Mittelwerte nach der Klassenverbreitung auf den Schweizer Strassen gewichtet. Die Gewichtung in der Auswertung entspricht den jeweiligen Bestandesanteilen im Strassenverkehr per 30.9.93 (BATT 1993) und ist somit für die Schweizer Stichproben konsistent. Wie aus der Tabelle 4 zu ersehen ist, hat sich die Verteilung auf die Hubraumklassen während der letzten Jahre nur marginal verändert.

Hubraumklasse	Gewichtungsfaktor 1993	Gewichtungsfaktor 1998
I: $V < 1401 \text{ cm}^3$	0.218	0.223
II: $1401 \text{ cm}^3 < V < 2001 \text{ cm}^3$	0.516	0.526
III: $V > 2001 \text{ cm}^3$	0.266	0.251

Tabelle 4

Die Stichproben der Jahre 87 bis 90, 91 bis 93 (BUWAL94) sowie 93 bis 95 (BUWAL97) weisen dabei nicht die gleiche Anzahl Fahrzeuge in den einzelnen Klassen auf: Einerseits wurden nicht immer gleich viele Fahrzeuge gemessen, andererseits waren auch die Auswahlkriterien (Hubraumklassen) unterschiedlich. Die Fahrzeugverteilung über die Hubraumklassen ist in Tabelle 5 dargestellt.

Stichproben	Klasse I	Klasse II	Klasse III	Total
87-90	6	23	19	48
91-93	9	9	9	27
93-95	4	12	4	20

Tabelle 5

3.3 Laufleistungskorrektur

Da die Laufleistungen der Fahrzeuge sehr unterschiedlich sind und diese Differenzen erhebliche Einflüsse auf das Emissionsverhalten haben können, werden die Abgaswerte auf einen Bezugs-kilometerstand von 60'000 km korrigiert. Diese Korrektur wurde nur bei den Vergleichen mit den älteren Datensätzen angewandt. Beim Vergleich Personenwagen-Lieferwagen wurde auf eine Umrechnung verzichtet, da beide Stichproben schon unkorrigiert im Durchschnitt nahe an der 60'000 km Marke liegen.

Die verwendeten Formeln zur Berechnung des Korrekturfaktors K stammen vom TÜV Rheinland (1993) und wurden bereits in [1] verwendet.

Korrekturfaktor für CO:

$$K_{CO} = 1 + 0.0000067 * (60'000 - S_{TOT})$$

wobei:

Korrekturfaktor für HC:

S_{tot} = Aufsummierte, gewichtete Laufleistungsmittelwerte der einzelnen Hubraumklassen

$$K_{HC} = 1 + 0.0000064 * (60'000 - S_{TOT})$$

Korrekturfaktor für NOx:

$$K_{NOx} = 1 + 0.0000073 * (60'000 - S_{TOT})$$

Für die CO₂-Werte ist keine Laufleistungskorrektur vorgesehen. Die mit Hilfe obiger Formeln berechneten Faktoren sowie die durchschnittlichen Laufleistungen sind in Tabelle 6 dargestellt.

Stichprobe EMPA	K _{CO}	K _{HC}	K _{NOx}	S _{TOT} [km]
87-90	1.052	1.049	1.057	52'200
91-93	1.135	1.128	1.146	39'900
93-95	1.045	1.043	1.049	53'200

Tabelle 6

In der INFRAS-Software 'Handbuch E-Faktoren' (HBEFA) wird eine neue Laufleistungskorrektur verwendet, welche sich von TÜV 93 etwas unterscheidet [4]. Die prozentualen Unterschiede der beiden Berechnungsarten sind in Abbildung 1 dargestellt.

Dabei wurde zur Berechnung folgende Formel verwendet:

$$\text{differenz [%]} = \left\{ 1 - \left(\frac{\text{alt}}{\text{neu}} \right) \right\} \cdot 100$$

mit : neu = Korr. Wert in [g/km] mit neuer Berechnung
alt = Korr. Wert in [g/km] mit Berechnung aus [1]

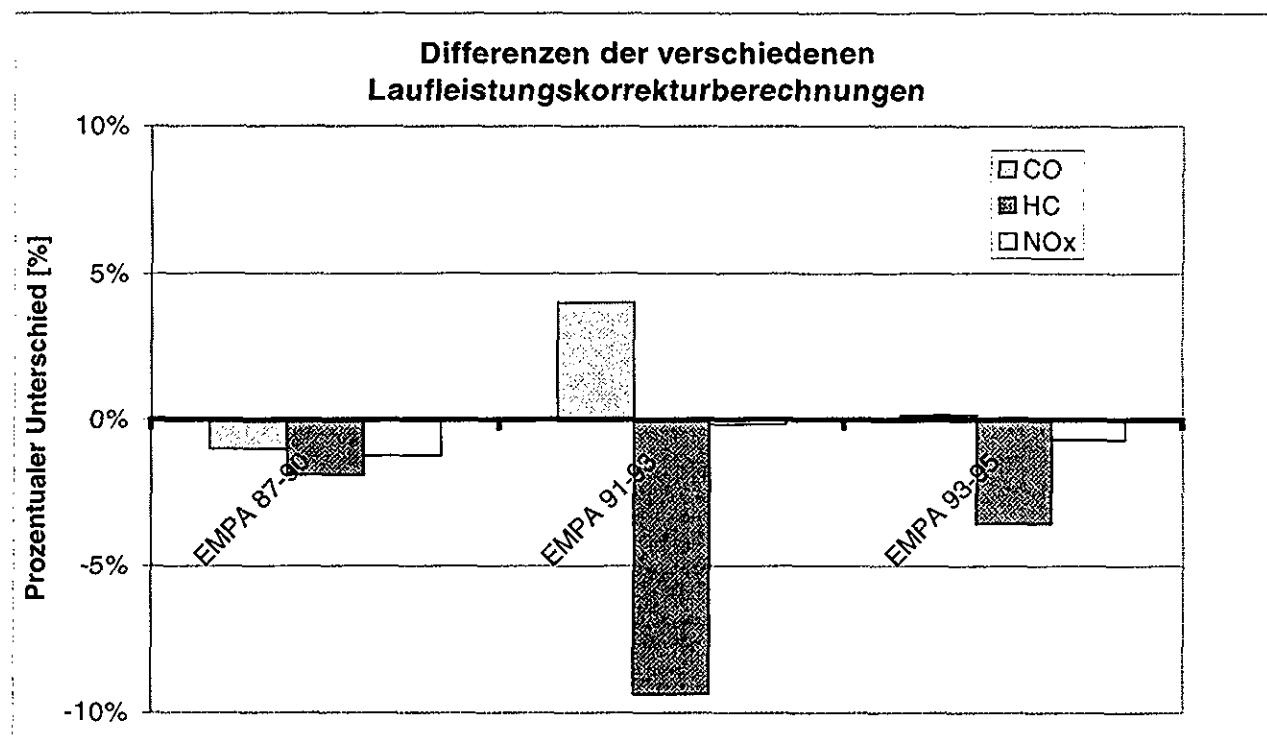


Abbildung 1

Die beiden Berechnungsarten korrelieren in den Datensätzen 87-90 sowie 93-95 sehr gut, während im Datensatz 91-93 die aktualisierte Umrechnungsart bei den HC um ca. 9% höhere Werte liefert. Mit beiden Berechnungsarten wird die jeweils aktuelle Kilometerleistung auf eine Kilometerleistung von 60'000 km korrigiert.

Der Vorteil der Korrekturformeln vom TÜV besteht in der grossen Stichprobe: Mit 75, bzw. 100 geprüften Fahrzeugen kann eine statistisch saubere Regressionsanalyse durchgeführt werden, wohingegen die 20 Fahrzeuge der EMPA den Streubereich nur ungenügend abdecken.

4. Rohdaten

4.1 Personenwagen

Alle in diesem Bericht aufgeführten Resultate basieren auf den sogenannten Bag-Daten. Diese sind die Ergebnisse der analysierten Abgasmengen, welche während den Messungen in den einzelnen Phasen vom Abgasstrom entnommen, verdünnt und in die Messbeutel geführt werden. Parallel dazu wurde im BUWAL97-Programm eine andere Messmethode angewendet (Hertz- oder Modal-Daten), worauf hier allerdings nicht mehr näher eingegangen wird, da die Vergleiche der Messmethoden in [3] ausführlich beschrieben wurden. Die Bag-Daten aller Zyklen und Fahrzeuge sind im (Anhang S.15-18) aufgeführt.

Es wurden mit Ausnahme von Fahrzeug 19 (kein NEFZ) und Fahrzeug 17 (kein E-Zyklus) mit jedem Wagen jeweils das gesamte Messprogramm gefahren.

4.2 Lieferwagen

Auch hier wurden zur Evaluation ausschliesslich die Bag-Daten berücksichtigt. Diese befinden sich im (Anhang S.19-20). Ausser mit Fahrzeug 8 (kein NEFZ) wurde mit jedem Fahrzeug das komplette Programm gefahren.

Um dem Einsatzgebiet der Lieferwagen im täglichen Leben gerecht zu werden, ist von der EMPA eine durchschnittliche Beladung von 30 % definiert worden. Diese Zahl ist nicht mit Untersuchungen belegt, dürfte aber in etwa zutreffen, da solche Fahrzeuge selten gänzlich unbeladen sind. Um den Einfluss der Beladung dieser Nutzfahrzeuge auf die Emissionen und den Verbrauch näher zu untersuchen, ist mit verschiedenen Fahrzeugen die Beladung auf 60 % und 90 % erhöht worden: Mit den Fahrzeugen 1, 4, 5, 6 und 8 wurde im Zyklus E (Innerorts) der Beladungsgrad erhöht, in der Autobahnsimulation (Highway-Zyklus, HDC) mit den Wagen 1, 4, 5 und 6.

D) RESULTATE

1. Messresultate BUWAL 97

1.1 EMPA-Zyklen

In Abbildung 2 sind die absoluten Emissionswerte der EMPA-Zyklen F, D sowie C dargestellt, welche vergleichend als Innerorts, Ausserorts, resp. Autobahnfahrten betrachtet werden können. Es wurden die Resultate aller 20 Fahrzeuge gemittelt und dabei weder laufleistungskorrigiert noch hubraumgewichtet.

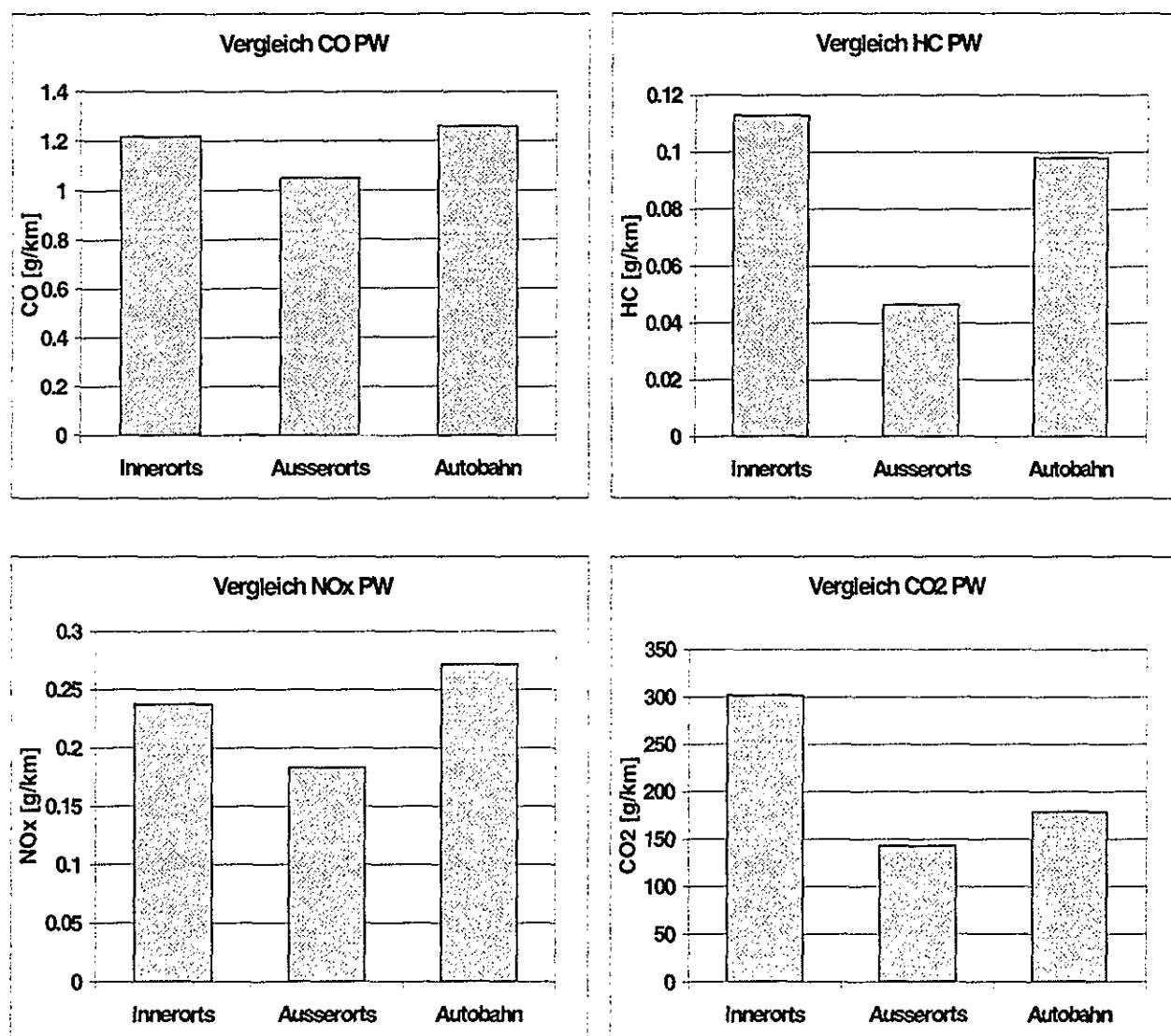


Abbildung 2

Man beachte dabei die unterschiedliche Skalierung. Die Resultate zeigen bei den Schadstoffen im Zyklus D (Ausserorts) signifikant tiefere Werte, während die Innerorts- und die Autobahnfahrt ähnliche Niveaus liefern. Der Kraftstoffverbrauch in diesen drei Fahrmustern wird als Vergleich mit den Lieferwagen in Kapitel 4 behandelt.

Die emittierte Schadstoffmasse pro Kilometer ist dabei meist geringer als in den Typenprüfungen, weil diese Fahrten im Gegensatz zur Typenprüfung mit betriebswarmem Motor ohne Startvorgang gemessen werden.

2. Vergleich mit älteren Datensätzen

2.1 Einleitung

Verglichen werden hier vor allem die Emissionswerte im Prüfzyklus FTP-75, da dieser der einzige Fahrzyklus ist, welcher in allen vier Messprogrammen gefahren wurde und zudem den aktuellen Abgastypenprüfzyklus der gemessenen Fahrzeuge von 87-95 darstellt. Zusätzlich können die neuesten BUWAL97-Daten im NEFZ mit dem Datensatz 91-93 (BUWAL94) verglichen werden.

Es werden im Bericht nur die wichtigsten Diagramme gezeigt, alle anderen Auswertungen befinden sich im Anhang, worauf jeweils verwiesen wird.

2.2 Resultate FTP-75 & NEFZ

Die Absolutwerte des FTP-75 sind in Abbildung 3, diejenigen der NEFZ in Abbildung 4 dargestellt. Alle Daten wurden hubraumgewichtet und laufleistungskorrigiert. Die Auswertung der prozentualen Abweichungen für die verschiedenen Datensätze befindet sich im (Anhang S.1).

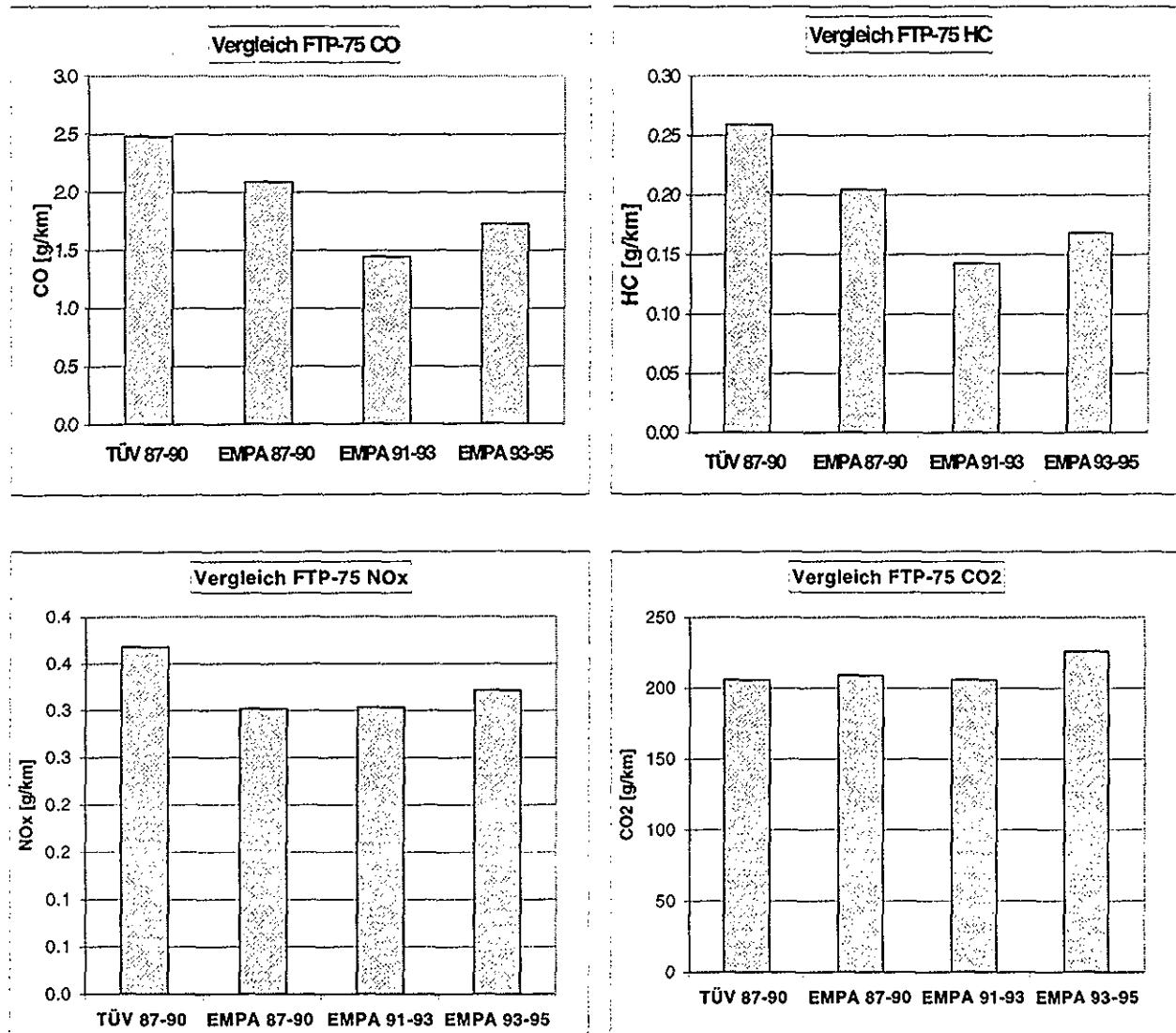


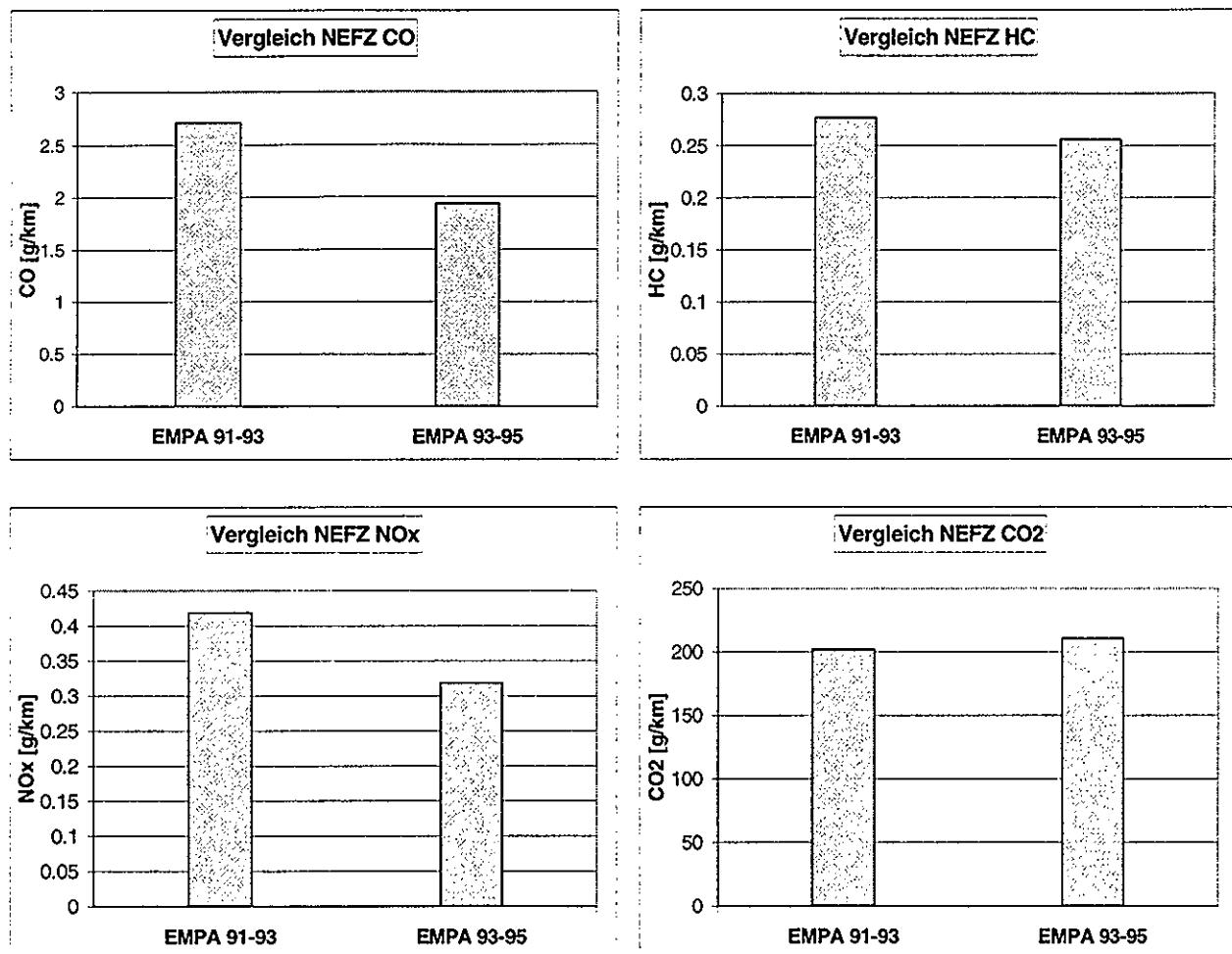
Abbildung 3

FTP-75:

Die CO- sowie HC-Werte erfuhren im Vergleich zur letzten Messung einen ganz klar negativen Trend und stiegen wieder um ca. 20 % an. Die Werte liegen somit ungefähr zwischen denjenigen der Jahre 87/90 und der Jahre 91/93. Damit wird die Aussage aus [3] bestätigt, wo sich die gleiche Tendenz in den einzelnen Phasen des FTP-Zyklus beobachten liess.

Verändert sehen die neuesten Werte für die Stickoxide aus: Während für die unvollständige Stichprobe in [3] noch eine Absenkung in den Phasen II und III gegenüber den früheren Stichproben festzustellen war, sieht man bei den Schlussergebnissen aus dem vollständigen Messprogramm leichte Anstiege der Emissionen.

Die CO₂-Werte, welche grob als Mass für den Kraftstoffverbrauch betrachtet werden können, liegen ebenfalls 8 % bis 10 % höher als bei den älteren Stichproben. Hier ist vielleicht die Tendenz des steigenden Masses an Komfortelektronik und der höheren passiven Sicherheit in den Fahrzeugen und dem damit verbundenen Mehrgewicht sichtbar, welche trotz einer verbesserten Motorentechnik bezüglich Verbrauch nicht wettgemacht werden kann.

**Abbildung 4**

NEFZ:

Andersartig sieht die Entwicklung im NEFZ aus: Obwohl dieser Fahrzyklus für die Stichprobe BUWAL97 noch nicht der offizielle Typenprüfzyklus war, sind praktisch alle Abgaskomponenten gegenüber 91/93 deutlich gesunken. Dies lässt die Vermutung aufkommen, dass die Hersteller in der Entwicklung der Motorelektronik bereits eine Lösung für den zukünftigen Homologationszyklus gesucht haben, zumal der NEFZ in Ländern wie Deutschland damals schon der gesetzliche Fahrzyklus (EURO I) darstellte.

In diesem Fall war die Veröffentlichung der Ergebnisse der unvollständigen Stichprobe in [3] verfrüht: Die damalige steigende Tendenz bei CO und HC wird durch die neuen Gesamtzyklusergebnisse aller 20 Fahrzeuge widerlegt.

Beim CO₂-Ausstoss dagegen lässt sich aber die gleiche Tendenz beobachten wie beim FTP-Zyklus: Die Werte steigen durchschnittlich um etwa 4 % an.

Zu beachten gilt auch, dass die beiden Zyklen sehr unterschiedlich sind. Während der FTP-75 eher dynamisch ist, gibt es im NEFZ relativ lange konstante Geschwindigkeitsphasen und kleinere Beschleunigungswerte. Dafür hat der NEFZ im Ausserortsteil Geschwindigkeiten bis 120 km/h (EUDC-Teil), wohingegen die Höchstgeschwindigkeit beim FTP-75 nur 90 km/h beträgt.

Für die Hochrechnungen der Emissionen in der Schweiz, sowie für die Datenbasis in der INFRAS-Software 'Handbuch Emissionsfaktoren' (HBEFA) sind die Datensätze 91/93 und 93/95 zusammengelegt worden. Damit ist dem Umstand Rechnung getragen worden, dass bezüglich der Typenprüfungsordnung (FAV-1) alle Fahrzeuge aus der gleichen Abgasgrenzwertegruppe stammen.

3. Grenzwertehaltung

3.1 Personenwagen

Interessant ist natürlich auch die Frage, ob die Fahrzeuge nach einer bestimmten Kilometerleistung und Betriebsdauer die gesetzlichen Grenzwerte noch einhalten können. Wie in den Diagrammen im (Anhang S. 3) ersichtlich ist, sind die Resultate der einzelnen Fahrzeuge sehr unterschiedlich. Von den 20 Personenwagen hätten acht den Test nicht mehr bestanden, wobei drei davon nur sehr knapp. Die Probleme lagen dabei eindeutig bei den Schadstoffen Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe.

Zusätzlich wurden die gleichen Berechnungen auch für den NEFZ gemacht, allerdings blass als reine Zusatzinformation, da dieser Zyklus bekanntlich erst später eingeführt wurde. Als Grenzwerte wurden diejenigen nach der ersten Einführung des NEFZ (ab 1.10.95) verwendet. Die Resultate sind im (Anhang S.4) dargestellt. Wie aus den Diagrammen ersichtlich ist, wird die Erkenntnis aus 2.2 bestätigt; 19 der 20 Wagen hätten die Prüfung bestanden, die Fahrzeuge scheinen für den NEFZ besser abgestimmt zu sein. Interessant ist auch, dass Fahrzeuge, die im FTP-75 bis zu Faktor 2.5 über dem Grenzwert lagen, mit dem NEFZ und den zugehörigen Emissionslimiten keine Probleme haben.

Die gesetzlichen Grenzwerte der TAFV1 Richtlinie der Periode 10.95 - 12.96 sowie des FAV1 befinden sich in Tabelle 7.

	Grenzwert 10.95-12.96 [g/km]	Grenzwert FAV1 [g/km]
CO	3.16	2.1
HC	-	0.25
HC+NOx	1.13	-
NOx	-	0.62

Tabelle 7

Die folgenden Korrelationsdiagramme geben eine Gesamtübersicht über die Situation der Grenzwertehaltung in den zwei verschiedenen Testzyklen. Abbildung 5 zeigt die CO-sowie die HC und HC+NOx Werte. Die Auswertung der NOx-Werte befindet sich im (Anhang S.2).

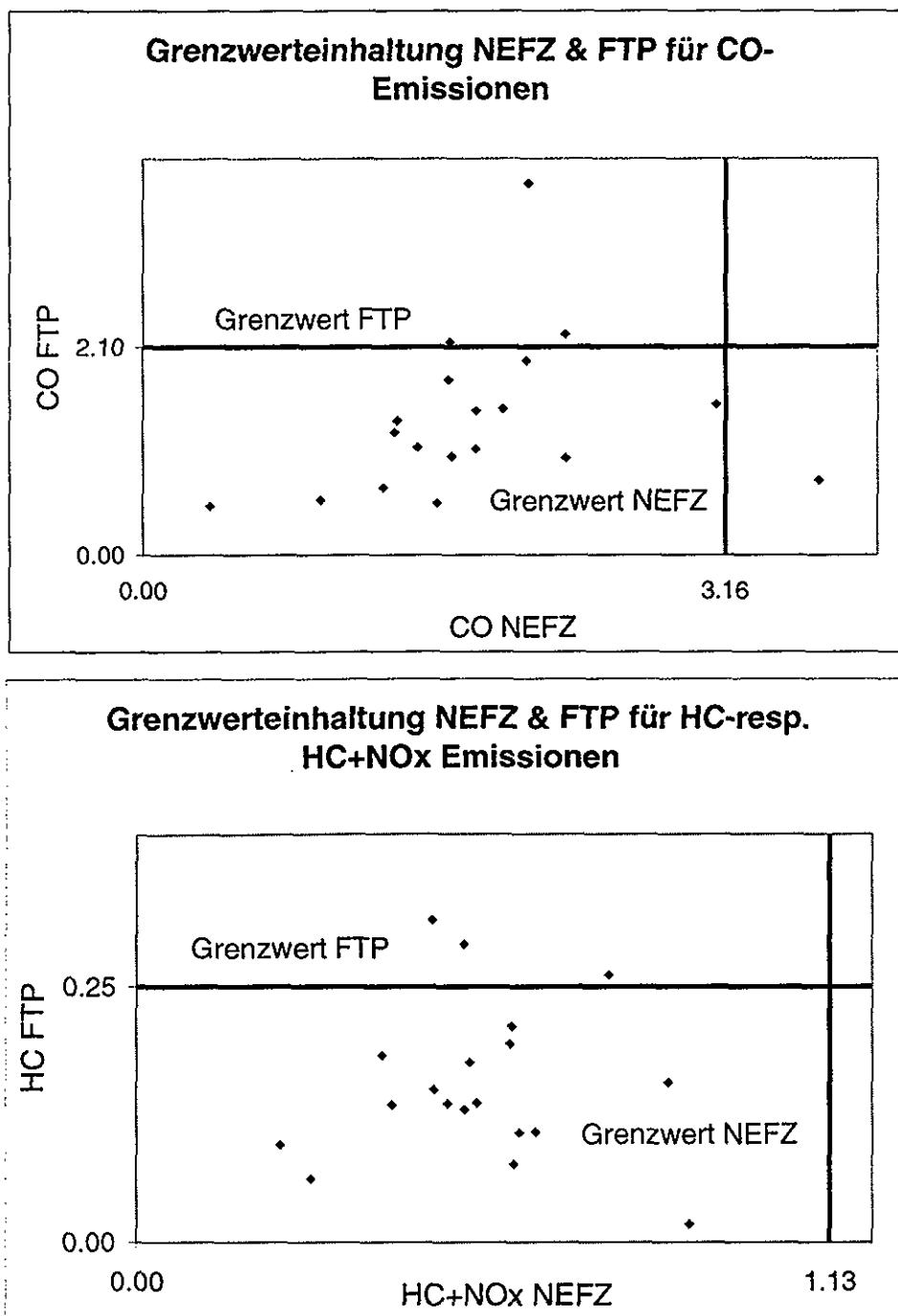


Abbildung 5

Im CO-Diagramm ist dabei Fahrzeug 19 nicht sichtbar, welches den FAV1-Grenzwert um 145% überschritt, im NEFZ allerdings nicht getestet wurde. Die Tendenz ist allerdings auch so gut sichtbar, die FAV1-Grenzwerte wurden wesentlich schlechter eingehalten.

Da vor allem die Kohlenwasserstoffe empfindlich auf mangelnde Wartung oder einen allgemein schlechten Zustand des Motors reagieren, wurden die Wartungshefte der einzelnen Fahrzeuge (wo vorhanden) analysiert und in Tabelle 9 zusammengefasst. Dabei untersucht wurde die allgemeine Fahrzeugwartung. Der offizielle Abgastest wurde bei jedem Fahrzeug vor den Tests zur Überwachung durchgeführt (ohne Eingriffe am Fahrzeug!) und von allen erfüllt.

Fzg.Nr	Kilometer-stand	Letzter Service bei [km]:	Service fällig bei [km]:	Service-heft?	Regelmässig durchgeführt?	Überfällig seit [km]:
1	74500	53000	?	Ja	Ja	?
2	25500	15000	30000	Ja	Ja	-
3	60000	58000	75000	Ja	Ja	-
4	50500	45000	60000	Ja	Ja	-
5	28500	20000	30000	Ja	Ja	-
6	7500	1000	30000	Ja	Ja	-
7	24000	15000	30000	Ja	Ja	-
8	80500	70000	80000	Ja	Ja	500
9	30000	23000	38000	Ja	Ja	-
10	100500	100300	110000	Ja	Ja	-
11	62200	30000	40000	Ja	?	22200
12	34600	16000	30000	Ja	Ja	4600
13	32000			Nein		-
14	56600	48000	60000	Ja	Ja	-
15	74700	58000	75000	Ja	Ja	-
16	38500			Nein		-
17	28000	21000	30000	Ja	Ja	-
18	86800			Nein		-
19	57500	36000	48000	ja	Ja	9500
20	90100			Nein		-

Tabelle 8

Diejenigen Fahrzeuge, welche die Grenzwerte nicht überall einhalten konnten, sind dabei grau markiert. Überraschenderweise sind bei 25% aller kontrollierbaren Fahrzeugen die Wartungen überfällig. Ein direkter Einfluss der fälligen Wartungen auf die Problemfahrzeuge ist allerdings nicht sichtbar.

3.2 Lieferwagen

Dieselben Auswertungen wurden auch für die Lieferwagenpalette gemacht. Da die Fahrzeuge zwischen 1990 und 1996 hergestellt wurden, besitzen diese jeweils auch verschiedene Grenzwerte resp. Typenprüfzyklen. Eine Übersicht der Unterschiede ist in Tabelle 9 dargestellt.

Fzg.Nr	Jahrgang	CO	HC+ NO _x	HC	NO _x	Zyklus	Grenzwerttyp
		[g/km]	[g/km]	[g/km]	[g/km]		
1	10.96	6.0	1.6	-	-	NEFZ	II
2	6.94	6.2	-	0.5	1.1	FTP-75	II
3	8.92	6.2	-	0.5	1.1	FTP-75	II
4	6.94	6.2	-	0.5	1.1	FTP-75	II
5	9.96	8.0	2.0	-	-	NEFZ	III
6	5.90	8.0	-	0.65	1.8	FTP-75	II K
7	11.92	6.2	-	0.5	1.1	FTP-75	II
8	2.95	6.2	-	0.5	1.1	FTP-75	II
9	4.94	6.2	-	0.5	1.1	FTP-75	II
10	4.93	6.2	-	0.5	1.1	FTP-75	II

Tabelle 10

Die Resultate sind im (Anhang S.5) dargestellt. Auch hier gibt es bezüglich CO und HC zum Teil massive Überschreitungen. Vier der zehn gemessenen Fahrzeuge hätten die Prüfung nicht bestanden, wobei wiederum eines davon nur äusserst knapp. Zu erwähnen ist im speziellen, dass die beiden neuesten Lieferwagen des Jahrganges 1996 die Grenzwerte überschritten haben.

4. Vergleich Lieferwagen-PW

4.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden folgende Vergleiche und Resultate dargestellt:

- Vergleich der Emissionswerte in den gesetzlichen Zyklen FTP-75 und NEFZ sowie in den EMPA-Fahrzyklen C, D und F für den Mittelwert aller Personen- und Lieferwagen.
- Vergleich der Verbrauchswerte in den EMPA-Fahrzyklen C, D und F.
- Einfluss der Nutzlastausnutzung (30, 60, resp. 90 %) auf die Emissionen und den Kraftstoffverbrauch im Highwayzyklus (HDC), sowie in der EMPA-Fahrt E (Innerorts flüssig).

Alle Werte sind dabei weder hubraumgewichtet noch laufleistungskorrigiert. Für den Vergleich mit den Personenwagen dienen die Lieferwagendatensätze mit 30 % Beladung.

4.2 Emissionen

Es wird hier nur die Auswertung der CO-Emissionen dargestellt. Alle anderen Diagramme zu diesem Thema befinden sich im (Anhang S.6-7). Abbildung 6 zeigt dabei die Fahrzyklen C, D und F (alle mit Warmstart), während Abbildung 7 die gesetzlichen Zyklen beinhaltet (Kaltstart).

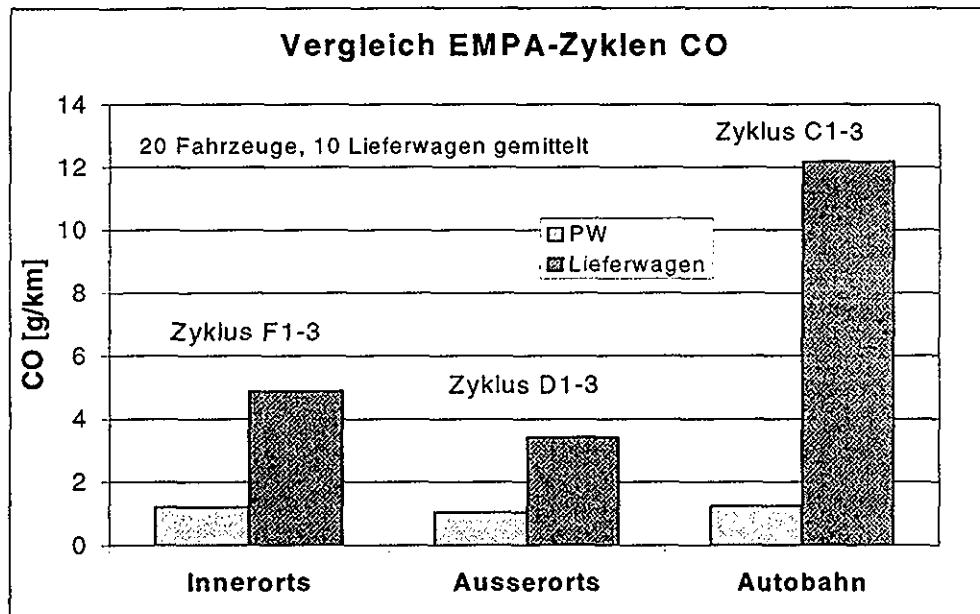


Abbildung 6

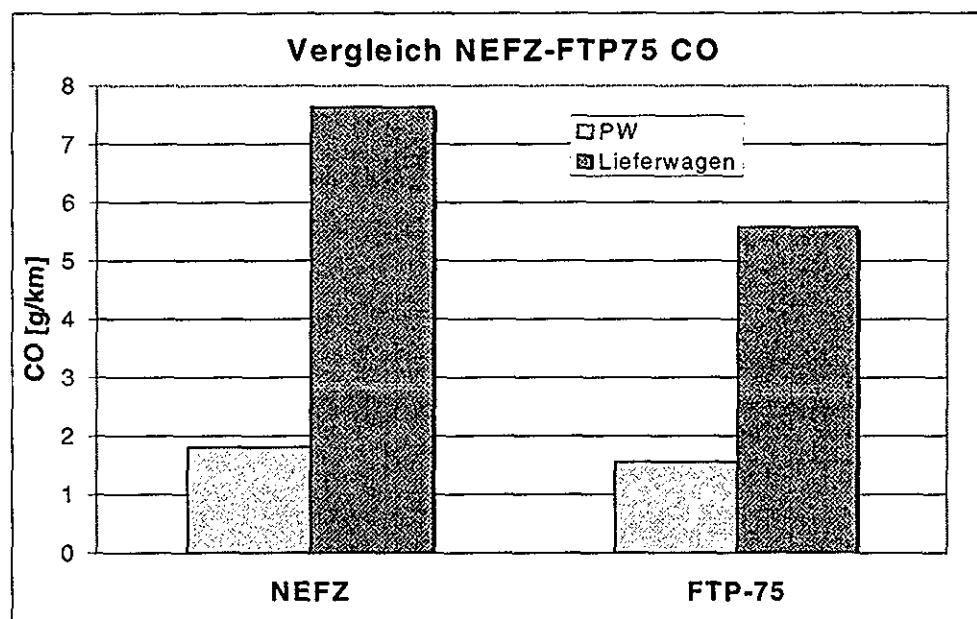


Abbildung 7

Die Verhältnisse sind trotz der sehr unterschiedlichen Zyklen ähnlich: Die Lieferwagen stossen durchschnittlich etwa 4-5 mal mehr Kohlenmonoxid aus als die Personenwagen ähnlichen Jahrgangs. Im Autobahnzyklus (Fahrt C) wird sogar Faktor 10 erreicht. Die Resultate sind alle eindeutig und zeigen die grossen Unterschiede der beiden Fahrzeugklassen deutlich auf.

4.3 Verbrauch

Die Verbrauchswerte wurden mit Hilfe der Kohlenstoffbilanzmethode aus den Bag-Werten berechnet und in der immer noch üblichen Einheit [l/100km] angegeben. In Abbildung 8 werden die Verbrauchswerte der beiden Fahrzeugklassen in den drei EMPA-Zyklen, welche den Fahrmustern Innerorts, Ausserorts sowie Autobahn entsprechen, dargestellt.

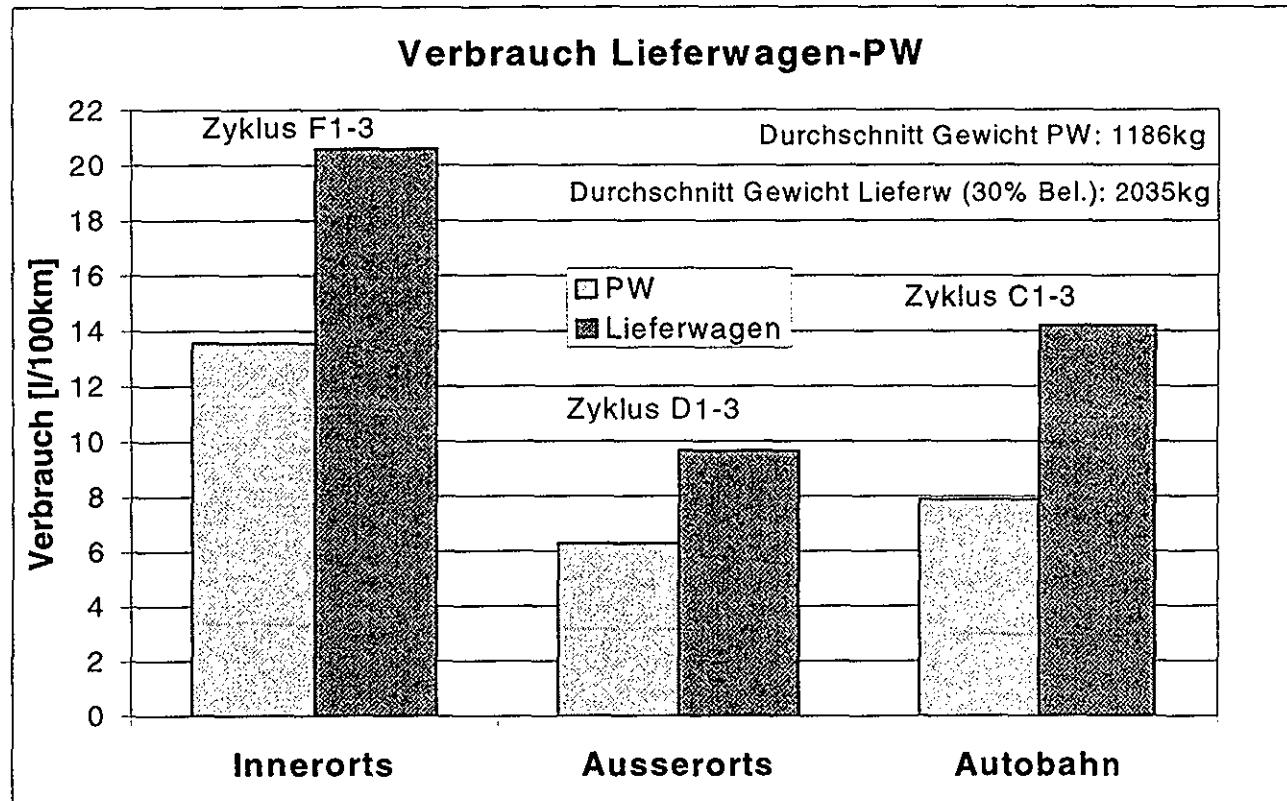


Abbildung 8

Der durchschnittliche Verbrauch der Lieferwagen ist dabei ungefähr 1.5 bis 1.8 mal höher als bei den Personenwagen. Besonders ausgeprägt ist der Mehrverbrauch im Autobahnzyklus C, wo sich das höhere Gewicht und die grössere Stirnfläche der Fahrzeuge dieser Klasse am negativsten auswirken.

4.4 Einfluss des Beladungsgrades

Wie bereits erwähnt, wurde dieser Vergleich mit fünf, resp. vier Fahrzeugen anhand zwei verschiedener Fahrzyklen (Ausserorts: Highwayzyklus, Innerorts: EMPA-Fahrt E) durchgeführt. Alle Auswertungen sind im (Anhang S.8-10) dargestellt. Die Resultate werden in Abbildung 9 zusammengefasst als prozentualen Anstieg der Abgaskomponenten sowie des Verbrauchs bei einer Beladungsgraderhöhung von 30 auf 90 %.

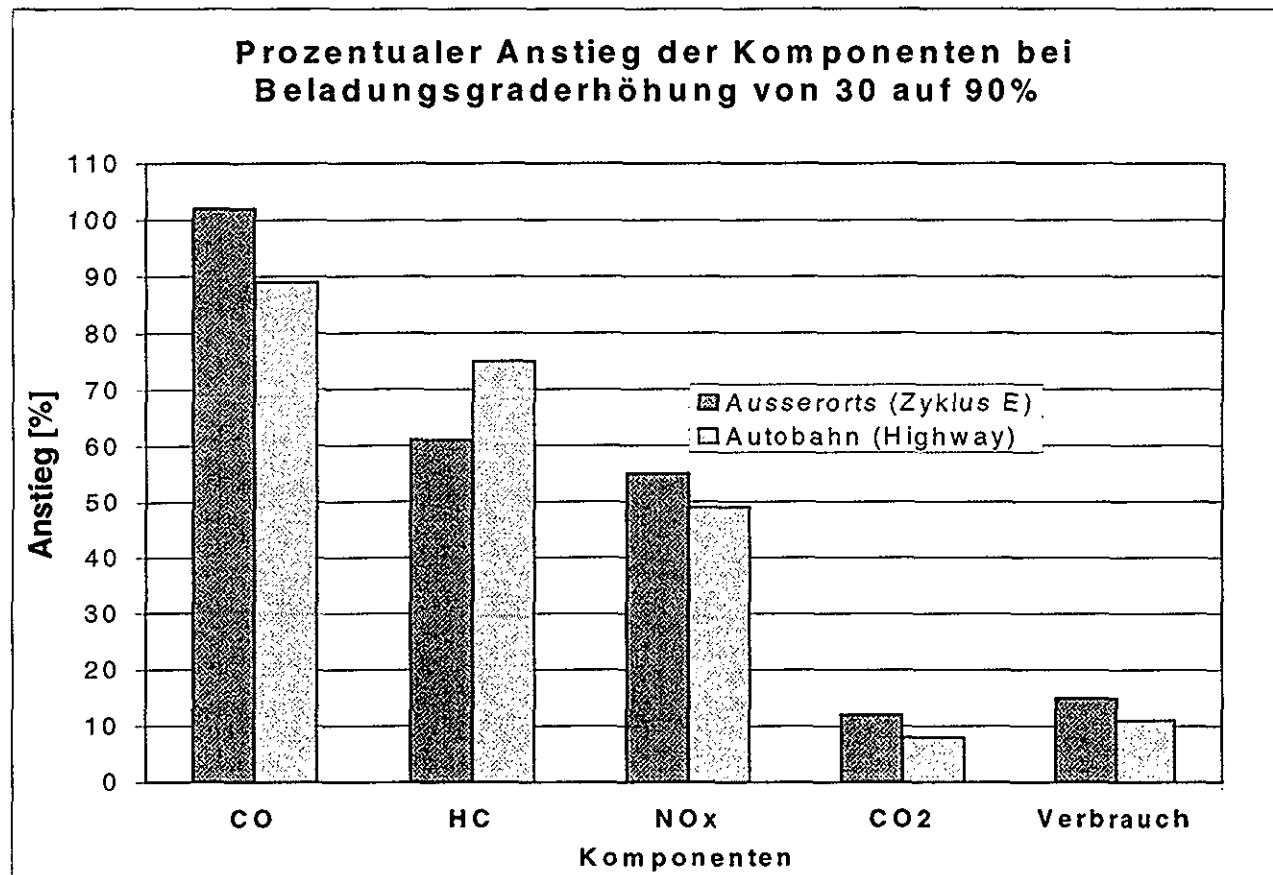


Abbildung 9

Durch die höhere Beladung wird der Kohlenmonoxidausstoss im Schnitt etwa verdoppelt, während bei den anderen zwei Schadstoffen die Zunahme ungefähr 50-70 % beträgt. Der Kraftstoffmehrverbrauch kann im Autobahnverkehr mit ca. 10 % und im Ausserortsbereich mit ungefähr 15 % beziffert werden.

5. Einfluss der Laufleistung

Die Emissionen aller 30 Fahrzeuge wurde in Funktion der Laufleistung aufgezeichnet. Die Resultate der Personenwagen befinden sich im (Anhang S.11), diejenigen der Lieferwagen im (Anhang S.12). Die Stichprobe der Lieferwagen mit 10 Fahrzeugen ist dabei allerdings eindeutig zu klein um Folgerungen aus den Resultaten ziehen zu können. Bei den Personenwagen nimmt die Steigung der Regressionsgeraden die für die einzelnen Komponenten typische Form an. Dies ist vor allem bei den CO-Werten sehr schön feststellbar, welche mit Ausnahme einiger Ausreißer bei zunehmender Laufleistung konsequent ansteigen. Beim Kohlendioxid ist das Verhalten ebenfalls typisch: bei beiden Stichproben bleiben die Werte über den ganzen Bereich nahezu unverändert. Die Kohlenwasserstoffe reagieren am empfindlichsten auf Wartungsmängel und auf den Zustand des Motors. Die Werte variieren deshalb bereits von Fahrzeug zu Fahrzeug sehr stark und hängen weniger von der Laufleistung an sich ab, was die dichte "Messwolke" erklärt.

6. Fahrzeugspezifische Unterschiede

Die grossen Emissionsunterschiede bei den einzelnen Fahrzeugen sollen mit Hilfe der Abbildungen 10 und 11 dargestellt werden. Hier wurden alle CO-Werte aufsteigend geordnet und die jeweiligen NO_x-Werte auf der Sekundärachse zugeordnet. Die Auswertung beruht auf dem FTP-75 Zyklus.

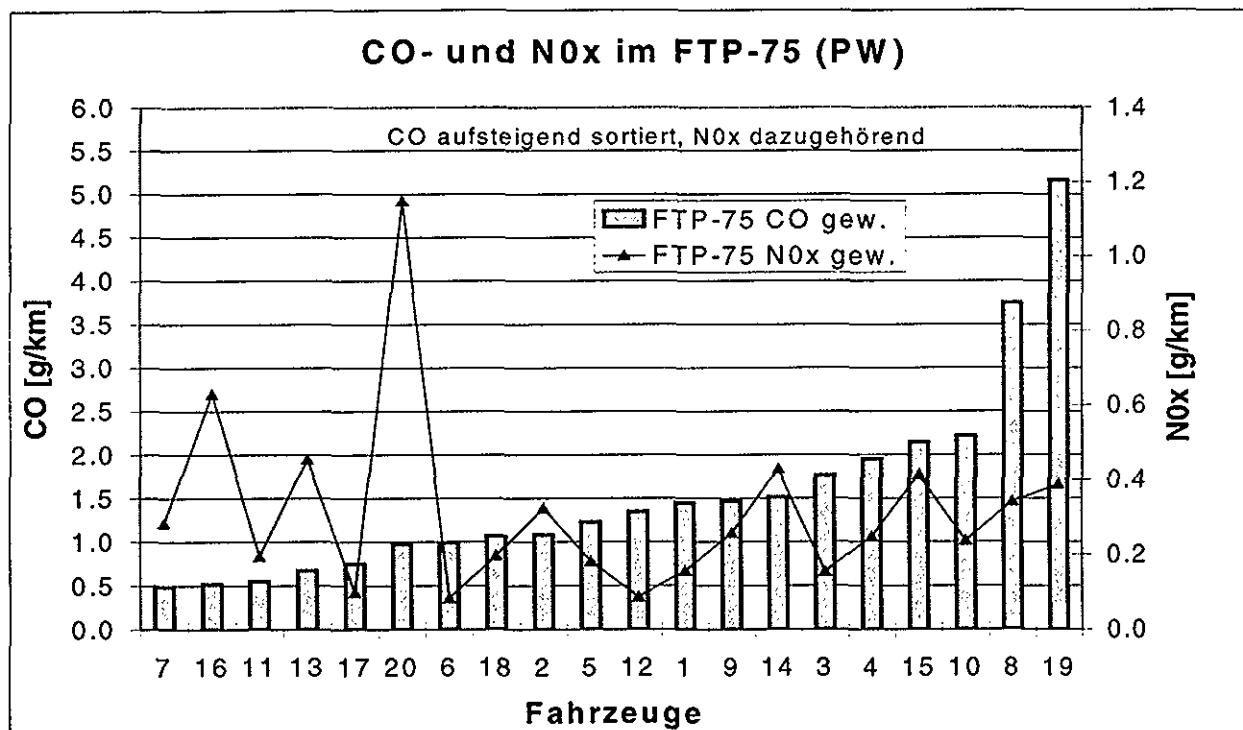


Abbildung 10

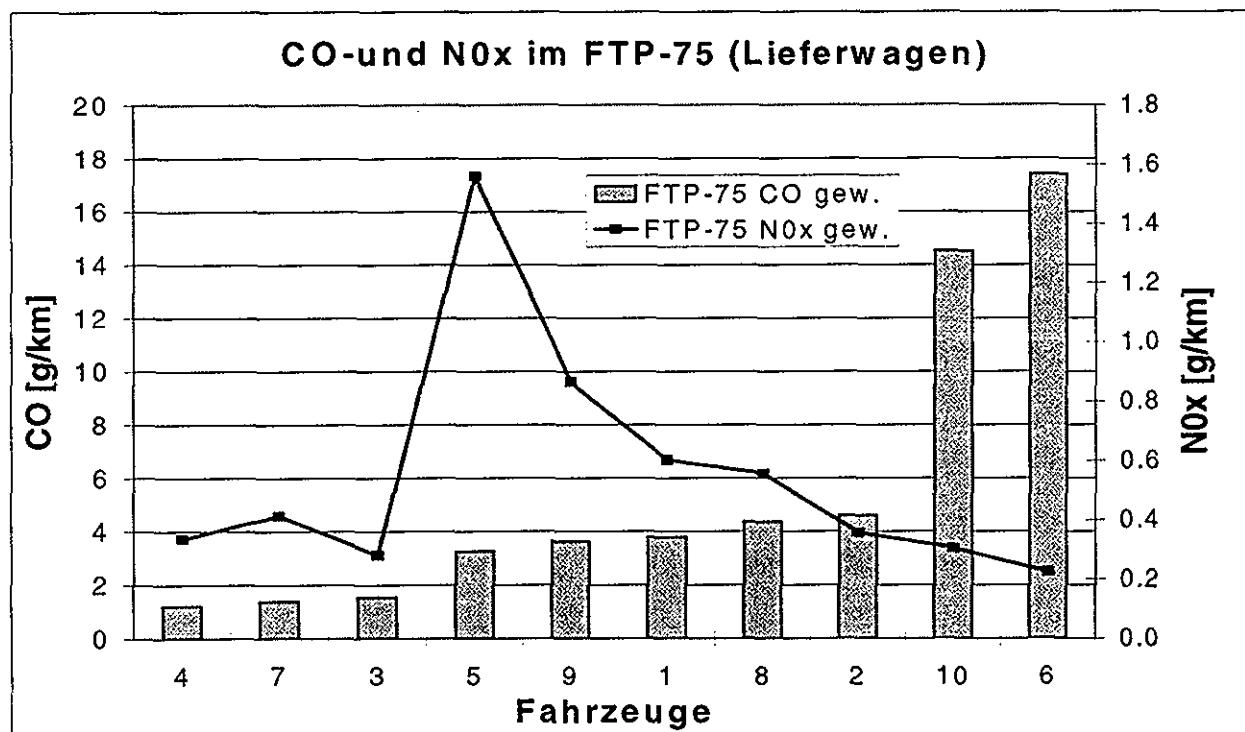


Abbildung 11

Die Kohlenmonoxide variieren bei beiden Fahrzeugklassen ungefähr um Faktor 10. Obwohl alle Fahrzeuge mit geregeltem 3-Wege Katalysator und somit mit einer $\text{Lambda} = 1$ Strategie betrieben werden, gibt es Fahrzeuge, die tendenziell etwas fetter oder magerer laufen. Während mageren Motoren eher viel NO_x und weniger CO ausstossen, verhält es sich bei fetteren Gemischstrategien genau umgekehrt. Dieser Umstand ist auch in den beiden Diagrammen etwas sichtbar, ist doch ein leichter CO-NO_x-Trade-off erkennbar, d.h. hohe NO_x -Werte bei tiefem CO und umgekehrt.

E) LITERATURVERZEICHNIS

- [1] EMPA-Bericht 152'576: Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz 1950-2010, Arbeitsunterlage 17, Ergänzungsmessungen
Dr. Ch.Rytz, Ch. Bach
- [2] EMPA-Bericht 161'150: Nachführung der Emissionsgrundlagen Strassenverkehr, Teilprojekt Emissionsfaktoren, Arbeiten 1996
Th. Schweizer, Dr. Ch. Rytz, Dr. N. Heeb, P. Mattrel
- [3] EMPA-Bericht 166'558: Nachführung der Emissionsgrundlagen Strassenverkehr, Anwendungsgrenzen von Emissionsfaktoren, Analyse der Messdatenstreuung, Teilbericht EMPA
Th. Schweizer
- [4] TÜV Rheinland: Ermittlung von PKW-Emissionsfaktoren von Fahrzeugen der Baujahre 1991 bis 1994 in der Bundesrepublik Deutschland und Fortschreibung des Handbuchs – Teil 1
D. Hassel, F.-J. Weber, K.-S. Sonnborn

F) ANHANG

1. Inhaltsverzeichnis Anhang

Anhang A

Grafiken der Abschnitte C und D

D2.1 Prozentualer Vergleich der Datensätze in den gesetzlichen Zyklen	1
D3.1 Korrelationsdiagramm NOx-Grenzwerte	2
D3.2 Grenzwertabweichungen Personenwagen FTP	3
D3.3 Grenzwertabweichungen Personenwagen NEFZ	4
D3.4 Grenzwertabweichungen Lieferwagen	5
C4.1 Emissionsvergleich Lieferwagen-PW	6
C4.2 Emissionsvergleich Lieferwagen-PW (EMPA-Zyklen)	7
C4.3 Einfluss der Beladung auf die Emissionen	8
C4.4 Einfluss der Beladung auf die Emissionen (Highway-Zyklus)	9
C4.5 Verbrauchseinfluss bei wechselnder Beladung	10
C5.1 Einfluss der Laufleistung PW	11
C5.2 Einfluss der Laufleistung Lieferwagen	12

Anhang B

Die Fahrzyklen

C2.1 Die gesetzlichen Fahrzyklen	13
C2.2 Fahrmusterbasierte Zyklen der EMPA	14

Anhang C

Messwerte

C4.1 Bagwerte CO	15
C4.2 Bagwerte HC	16

C4.3 Bagwerte NOx	17
C4.4 Bagwerte CO2	18
C4.5 Bagwerte Lieferwagen CO	19
C4.6 Bagwerte Lieferwagen HC	19
C4.7 Bagwerte Lieferwagen NOx	20
C4.8 Bagwerte Lieferwagen CO2	20

Abbildung D2.1

Prozentualer Vergleich der Datensätze in den gesetzlichen Zyklen

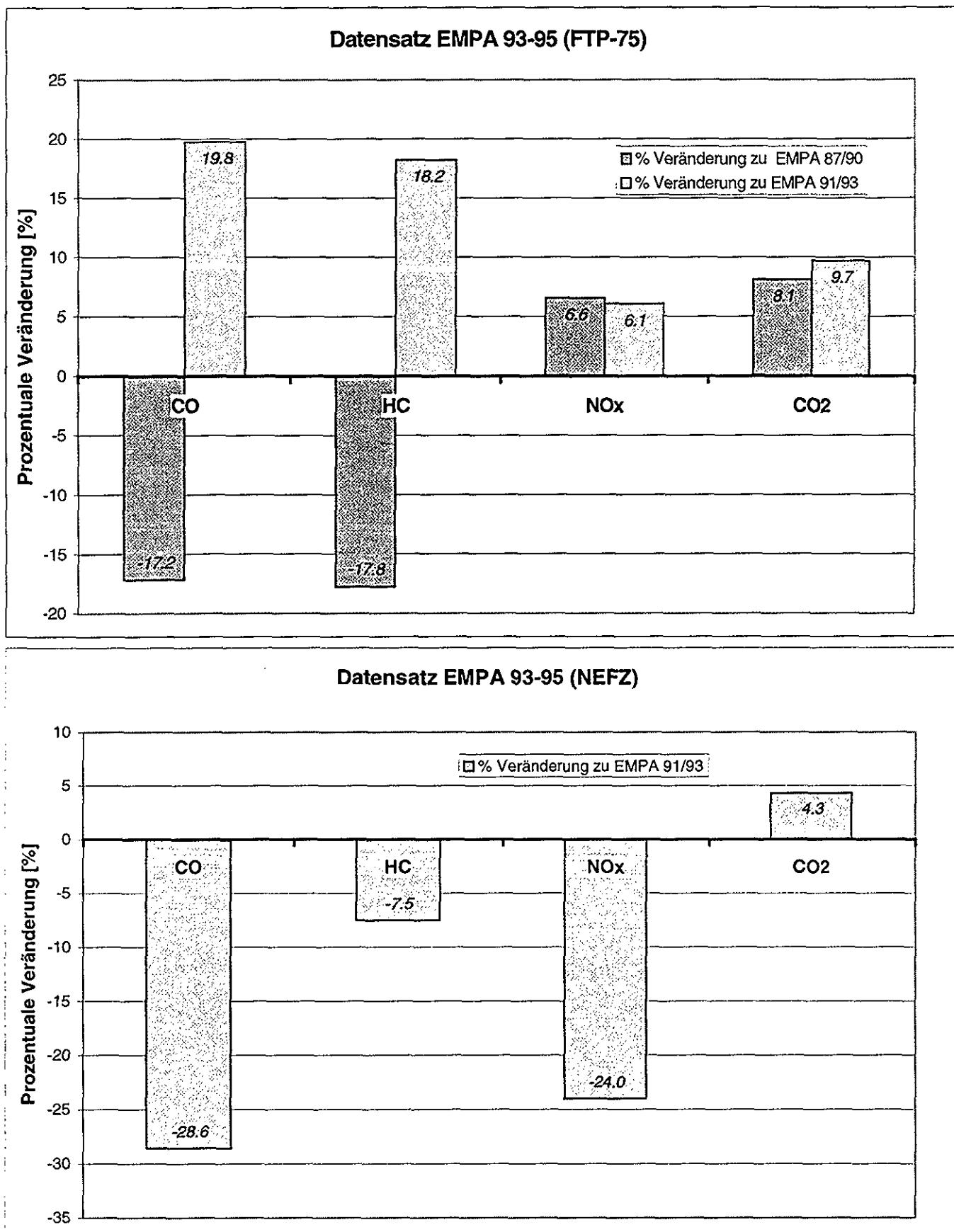
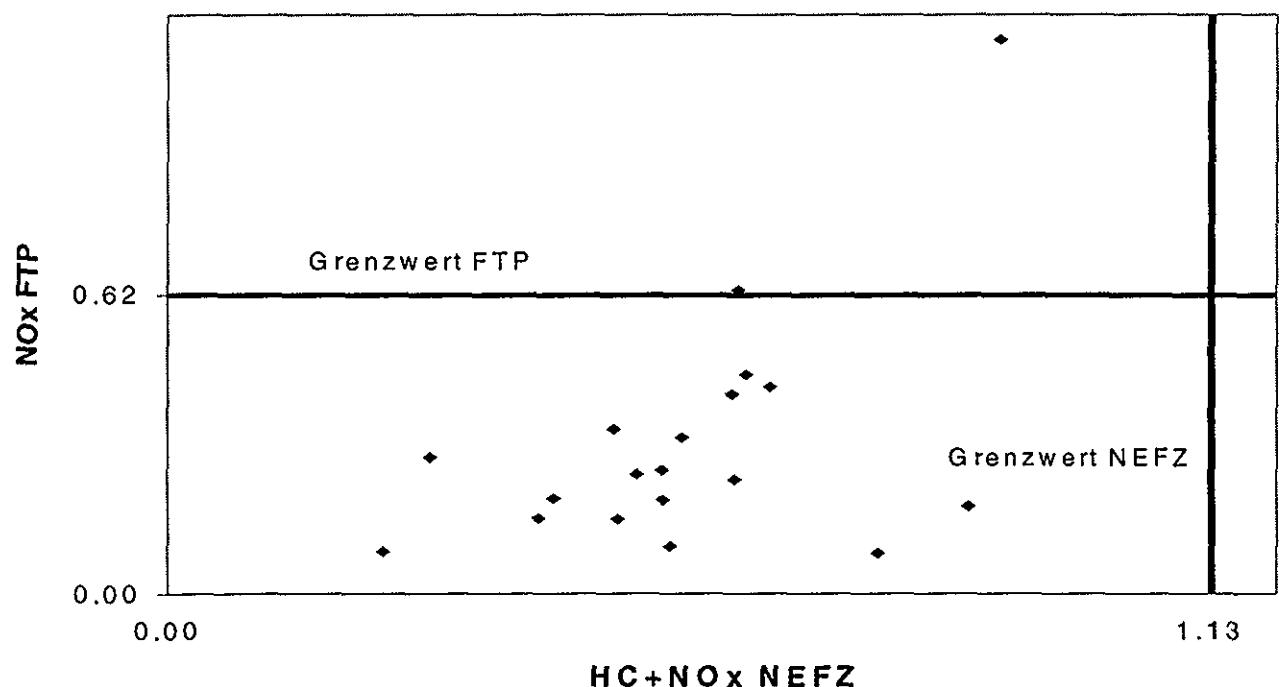


Abbildung D3.1

Korrelationsdiagramm NOx-Grenzwerte

Grenzwerteinhaltung NEFZ & FTP für NOx- resp.
HC+NOx Emissionen

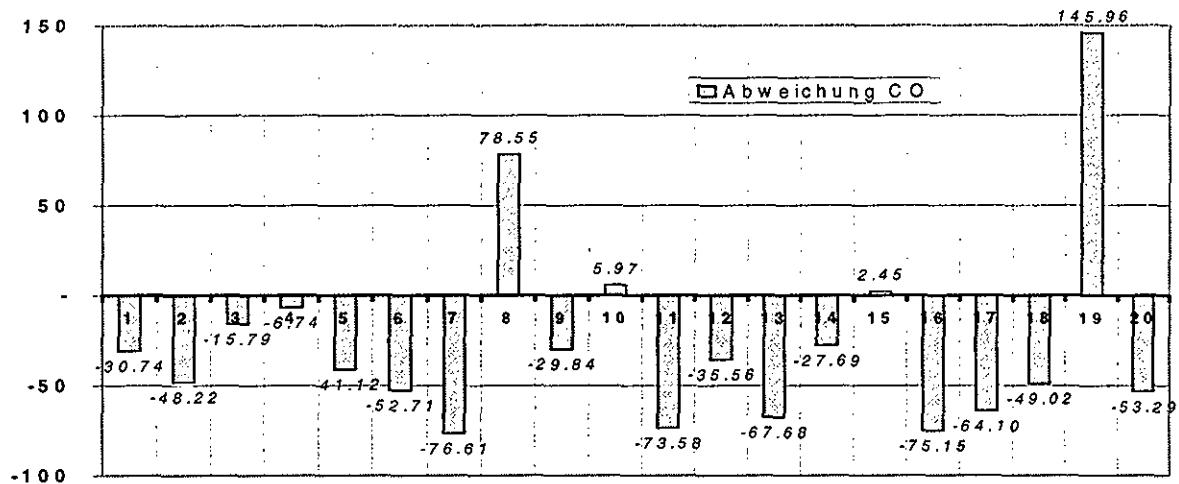


Die NOx-Werte aller 20 Fahrzeuge in den beiden Prüfzyklen NEFZ (x-Achse) und FTP-75 (y-Achse) mit den dazugehörigen Grenzwerten.

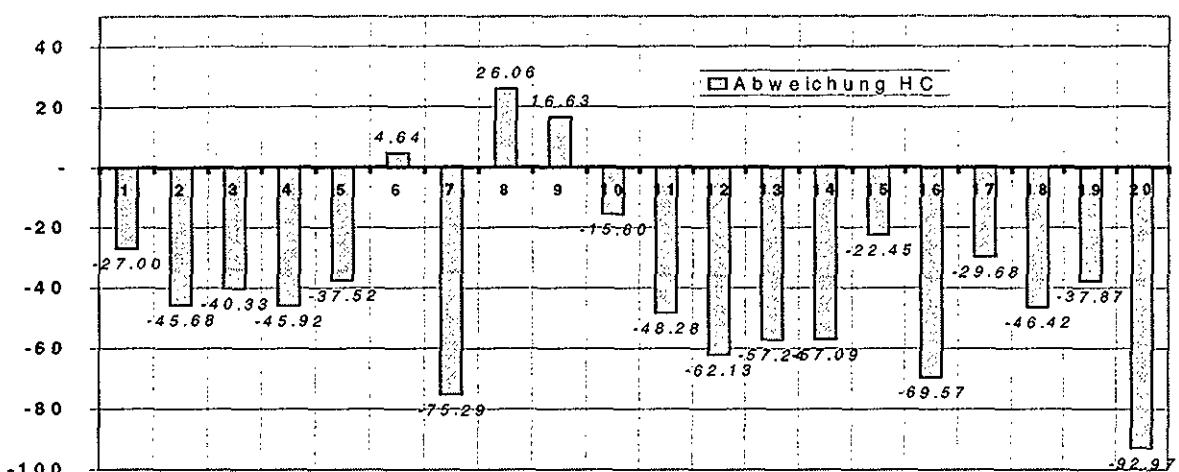
Abbildung D3.2

Grenzwertabweichungen Personenwagen

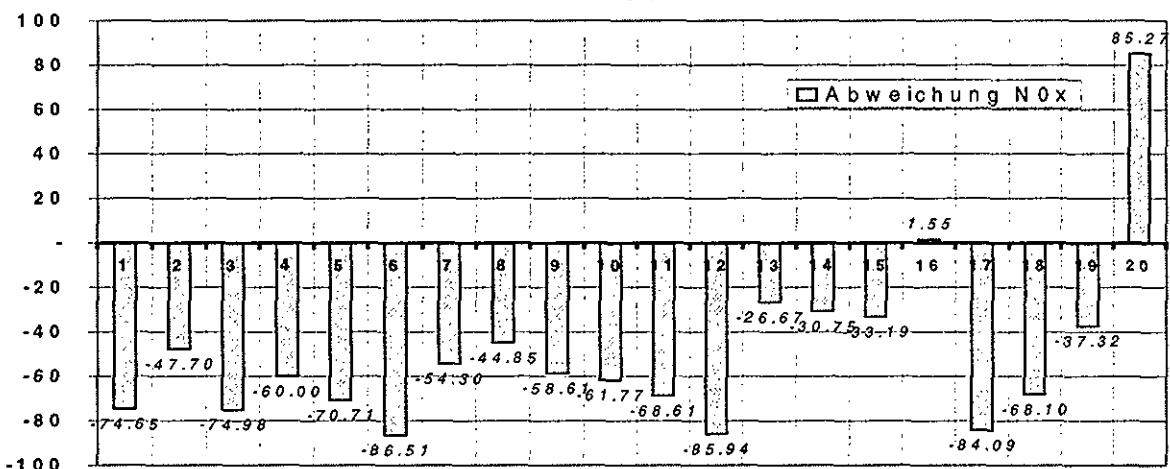
Prozentuale Abweichung zum Grenzwert PW, FTP-75, CO



Prozentuale Abweichung zum Grenzwert PW, FTP-75, HC



Prozentuale Abweichung zum Grenzwert PW, FTP-75, NOx



Positive Prozentzahlen bedeuten eine Überschreitung des Grenzwertes um x%.

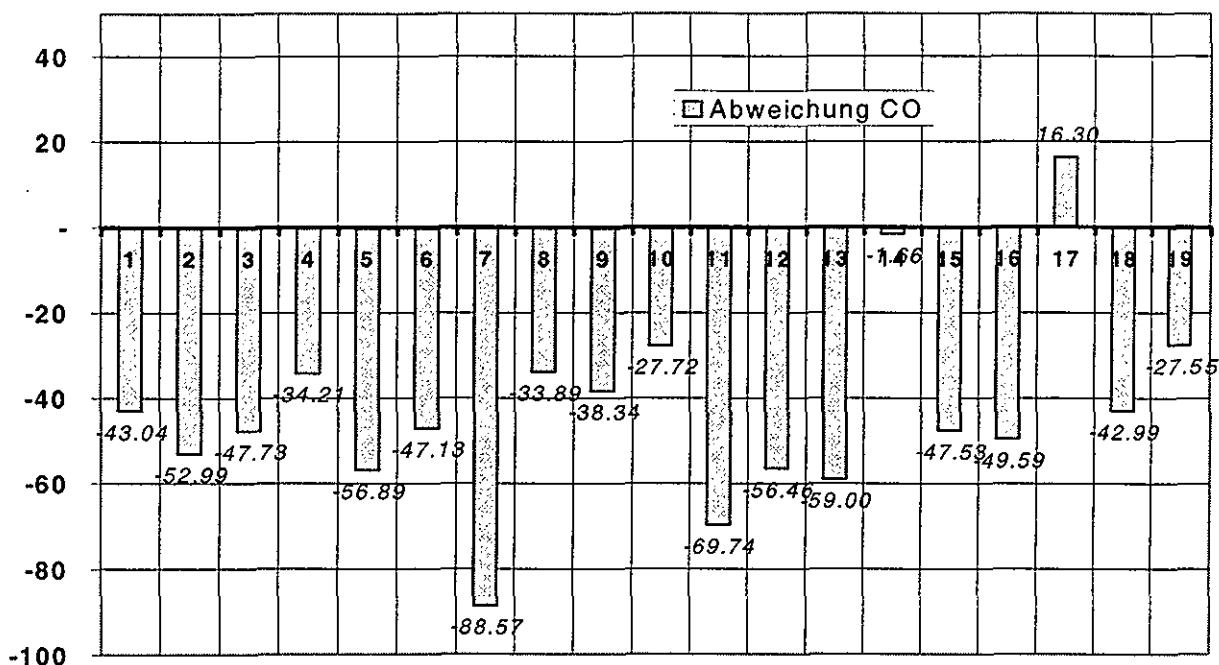
Die Grenzwerte für diesen Jahrgang sind in [g/km]: CO → 2.1 HC → 0.25 NOx → 0.62

Man beachte die unterschiedlichen Skalierungen.

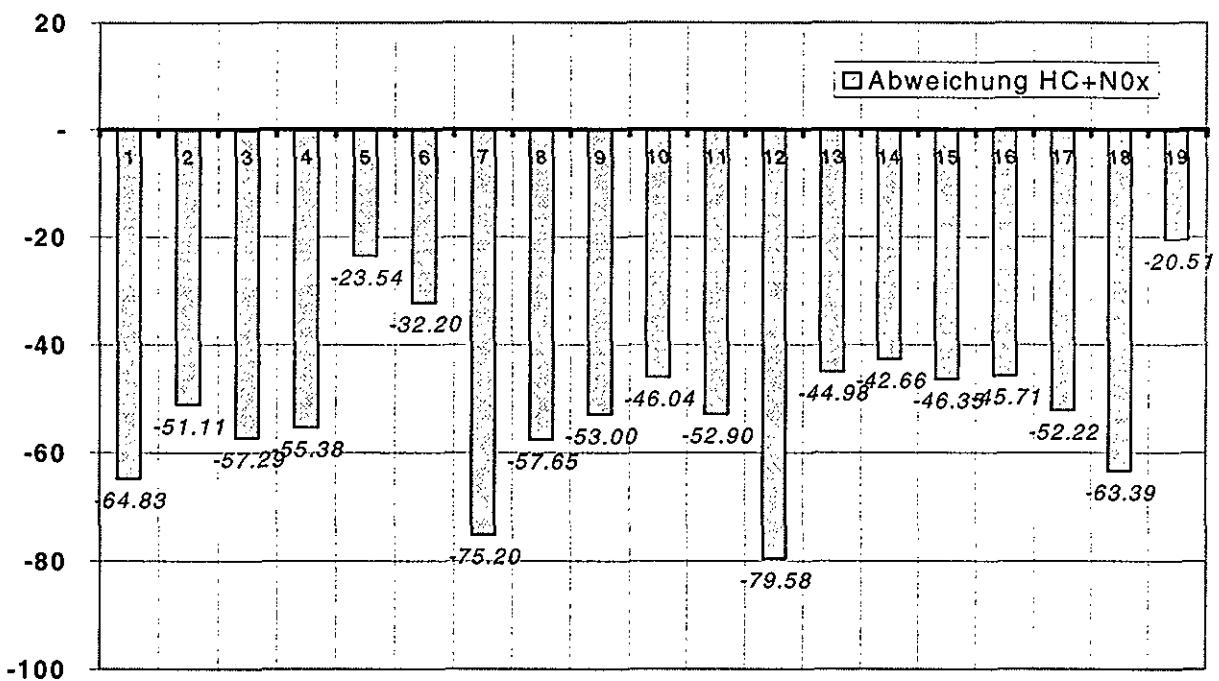
Abbildung D3.3

Grenzwertabweichungen Personenwagen

Prozentuale Abweichung zum Grenzwert PW, NEFZ, CO



Prozentuale Abweichung zum Grenzwert PW, NEFZ, HC+NOx

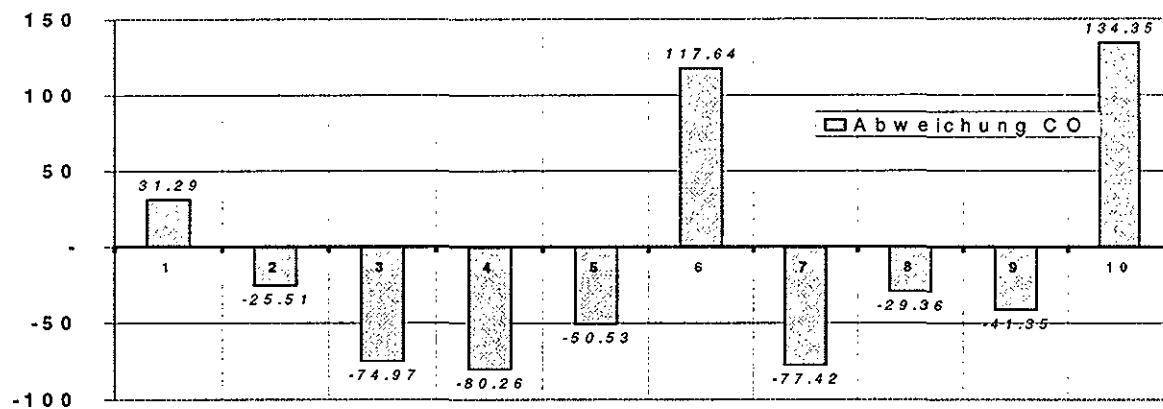


Positive Prozentzahlen bedeuten eine Überschreitung des Grenzwertes um x%. Als Grenzwerte für den NEFZ wurden die Werte der Periode 10.95-12.96 verwendet [g/km]: CO → 3.16 HC+NOx → 1.13

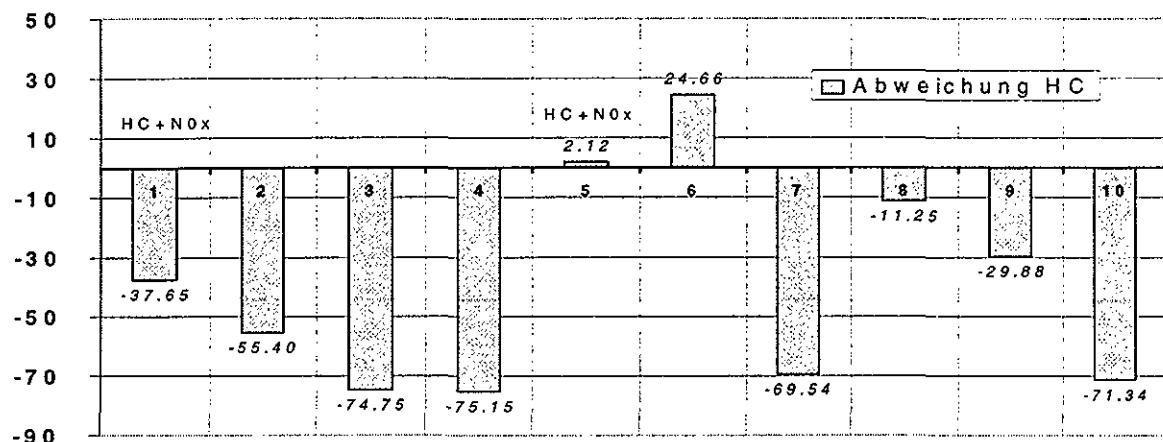
Abbildung D3.4

Grenzwertabweichungen Lieferwagen

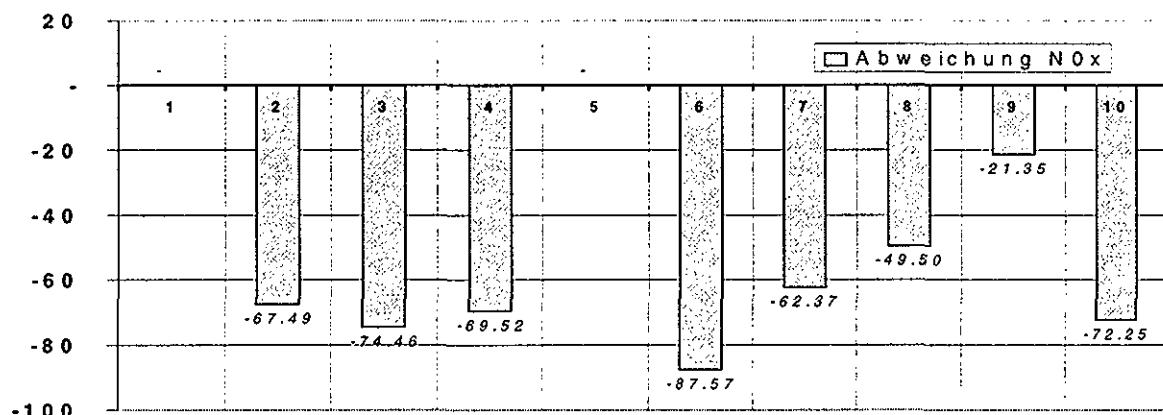
Prozentuale Abweichung zum Grenzwert Lieferwagen, CO



Prozentuale Abweichung zum Grenzwert Lieferwagen, HC



Prozentuale Abweichung zum Grenzwert Lieferwagen, NOx



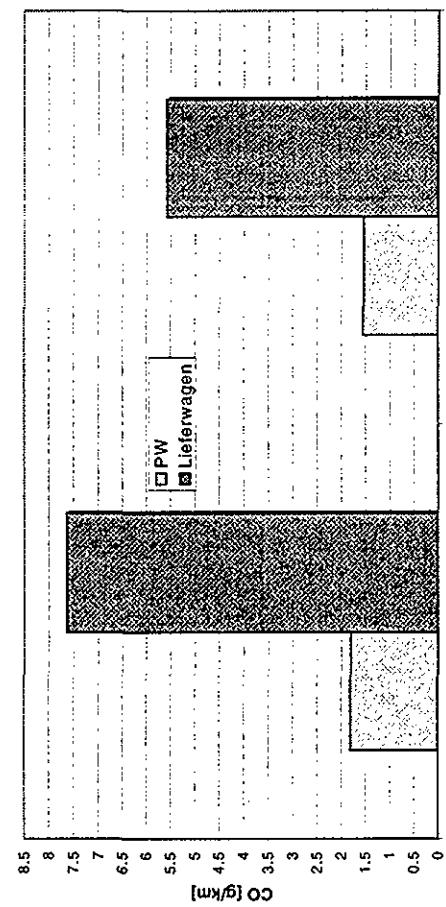
Da die Stichprobe der Lieferwagen Fahrzeuge der Jahrgänge 90-96 enthältet, sind die Grenzwerte wie auch die Prüfzyklen individuell. Für die neueren Fahrzeuge 1 und 5, welche bereits mit dem NEFZ typengeprüft wurden, sind die Resultate für den Wert HC+NOx im mittleren Diagramm dargestellt. Man beachte die unterschiedlichen Skalierungen.

Abbildung C4.1

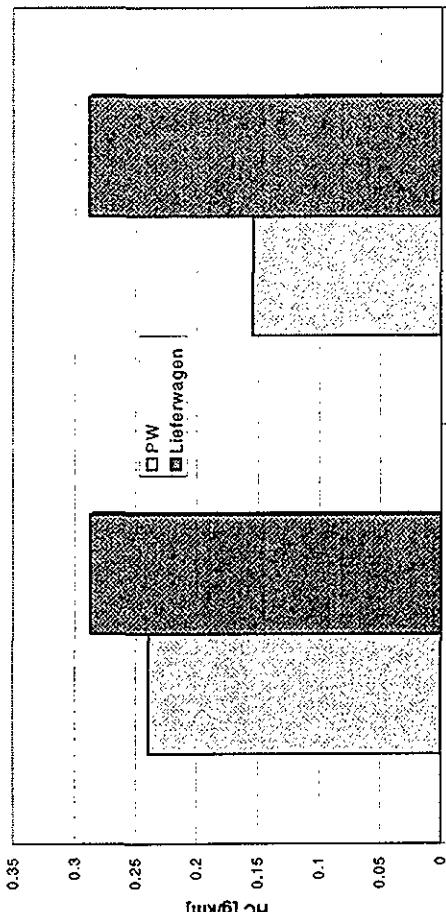
Emissionsvergleich Lieferwagen-PW

Gesetzliche Fahrzyklen

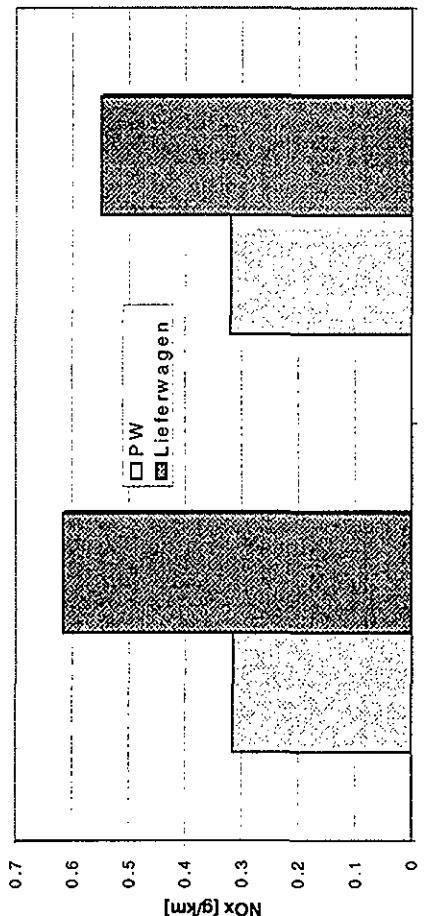
Vergleich NEFZ-FTP75 CO



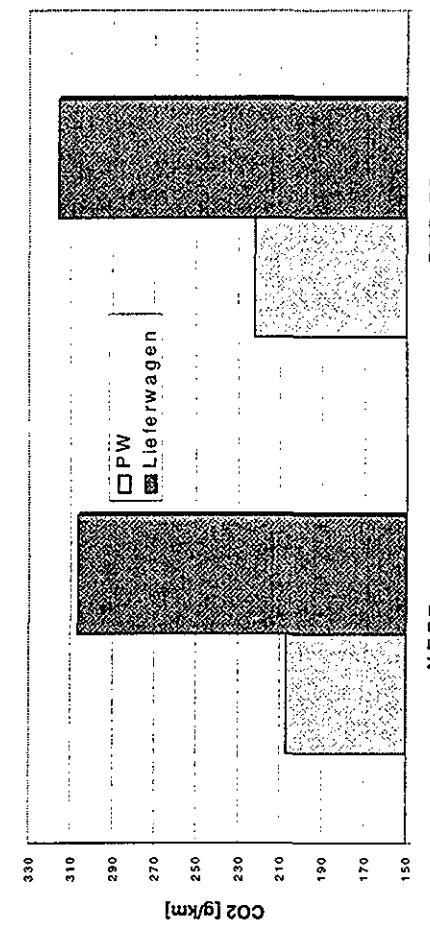
Vergleich NEFZ-FTP75 HC



Vergleich NEFZ-FTP75 NOx



Vergleich NEFZ-FTP75 CO2

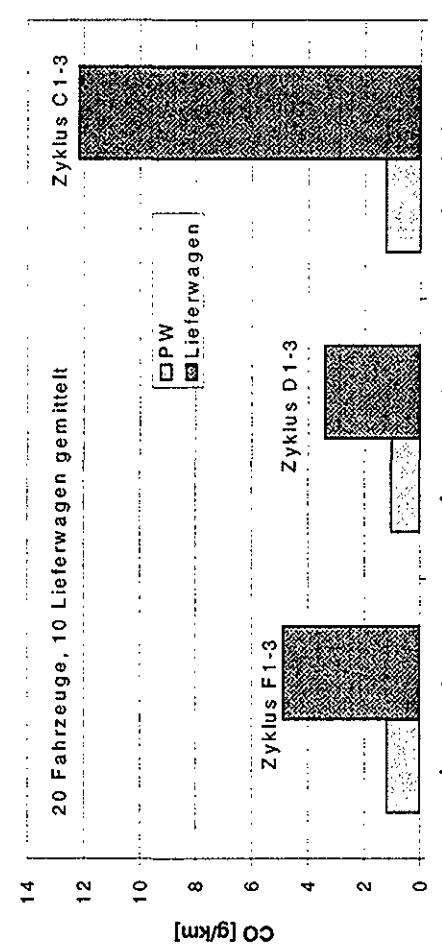


Die Werte sind weder hubraumgewichtet noch laufleistungskorrigiert.

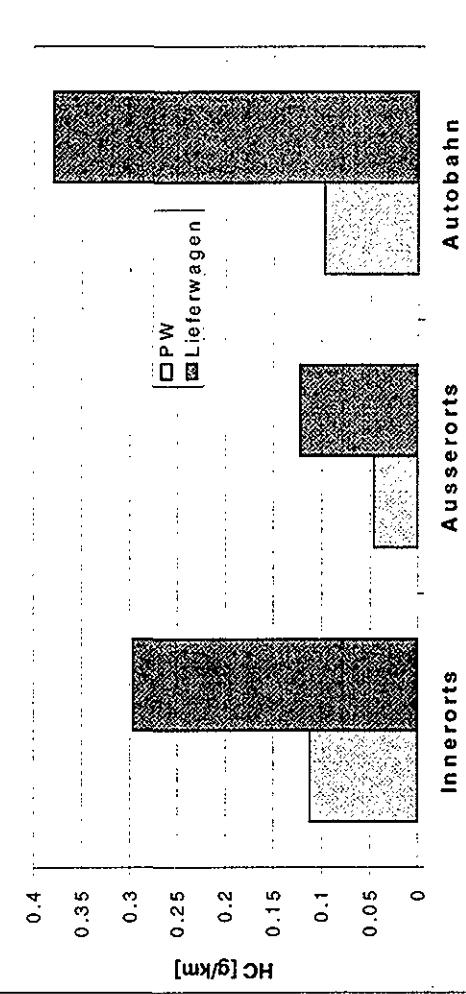
Abbildung C4.2

Emissionsvergleich Lieferwagen-PW

Vergleich CO Lieferwagen-PW

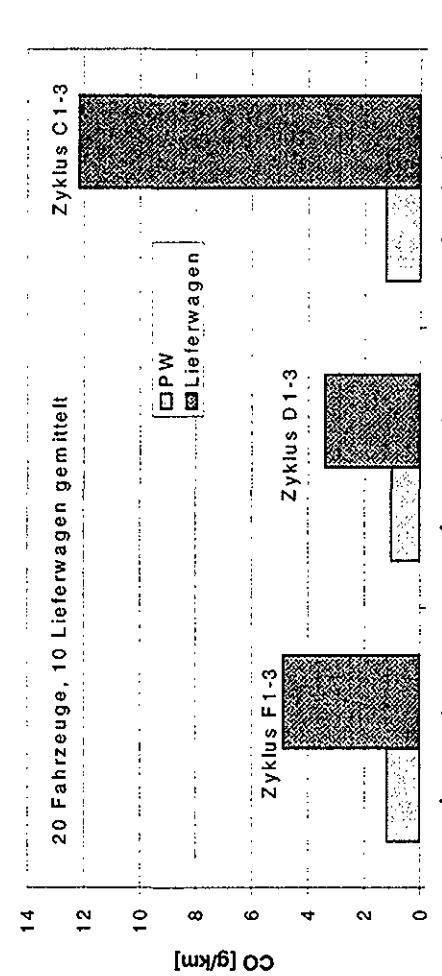


Vergleich HC Lieferwagen-PW

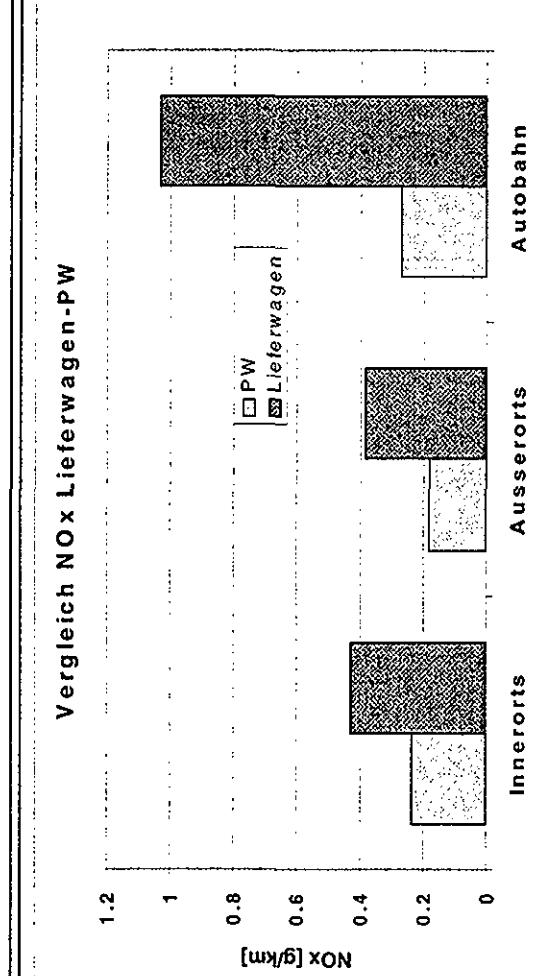
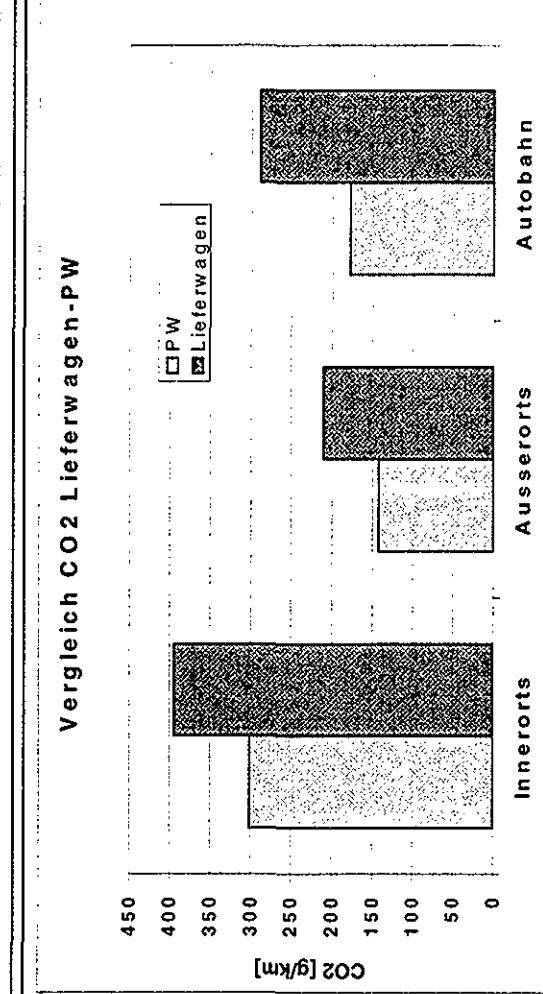


EMPA-Fahrzyklen

Vergleich NOx Lieferwagen-PW



Vergleich CO2 Lieferwagen-PW

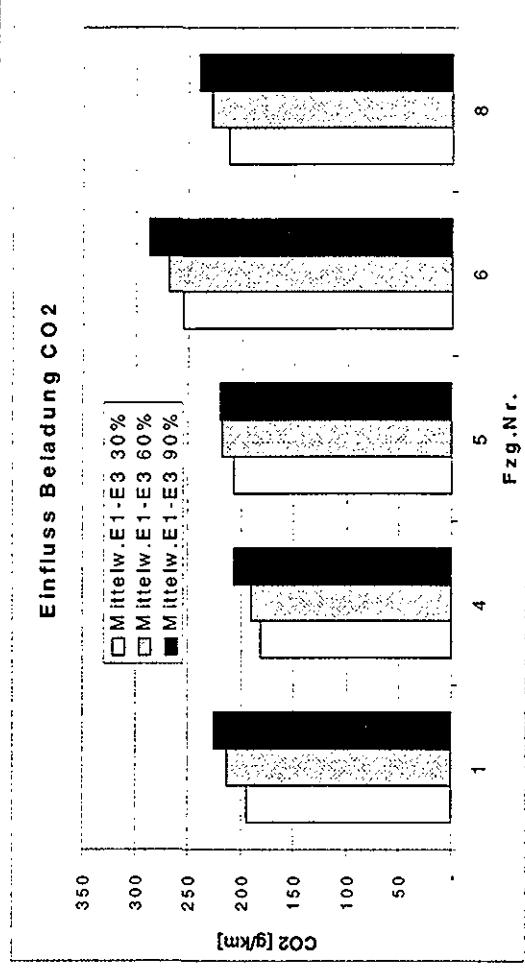
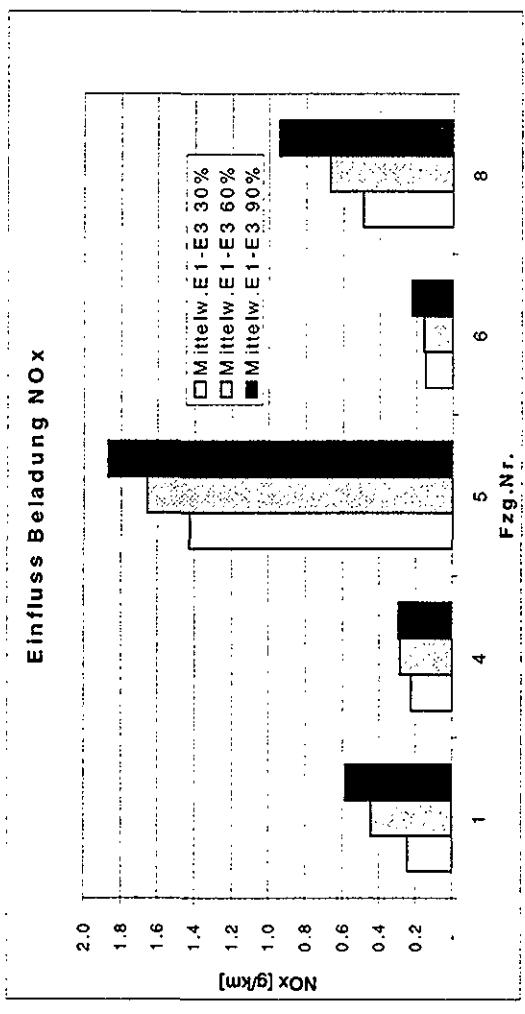
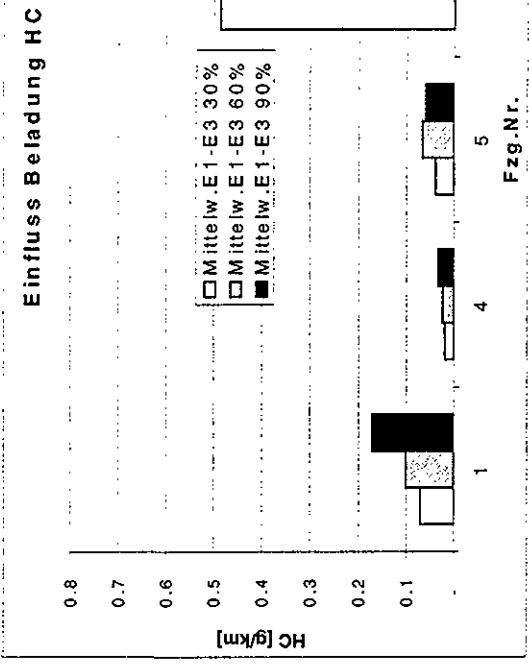
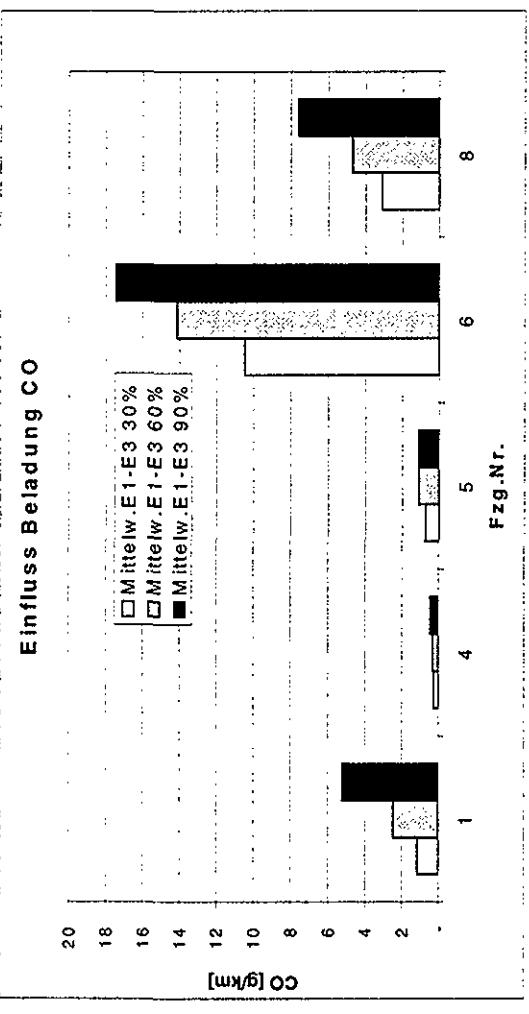


Die verschiedenen Phasen der EMPA-Fahrzyklen C, D und F wurden jeweils gemittelt. Dargestellt sind die Mittelwerte der 20 Personenvägen und 10 Lieferwagen.

Abbildung C4.3

Einfluss der Beladung auf die Emissionen

Lieferwagen, innerorts, EMPA-Zyklus E



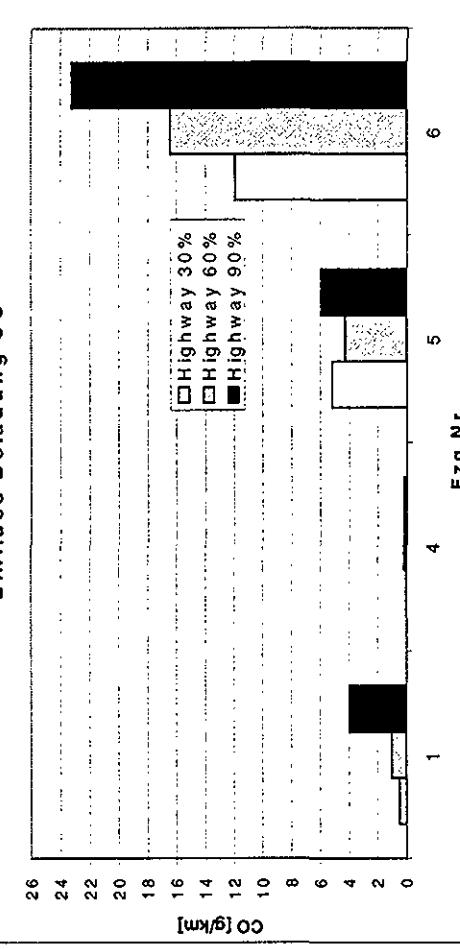
EMPA-Zyklus E (innerorts) mit jeweils 30, 60, resp. 90% Beladung. Die drei Phasen wurden gemittelt.

Abbildung C4.4

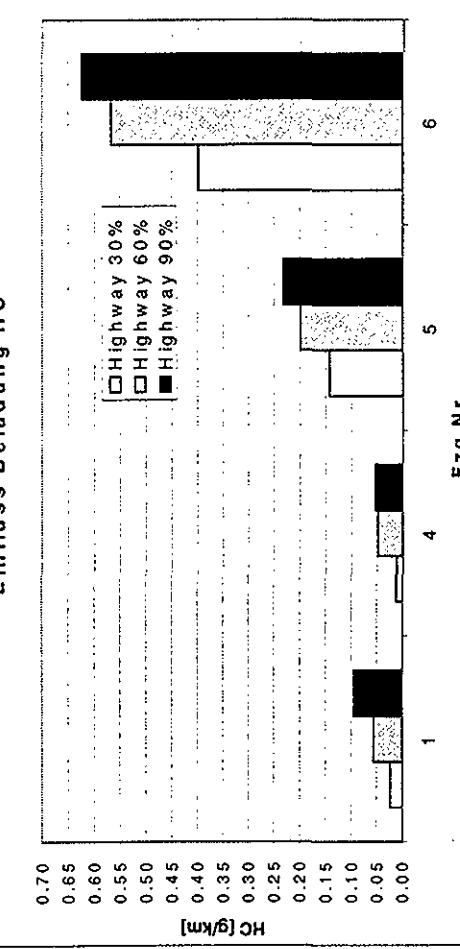
Einfluss der Beladung auf die Emissionen

Lieferwagen, Highway-Zyklus

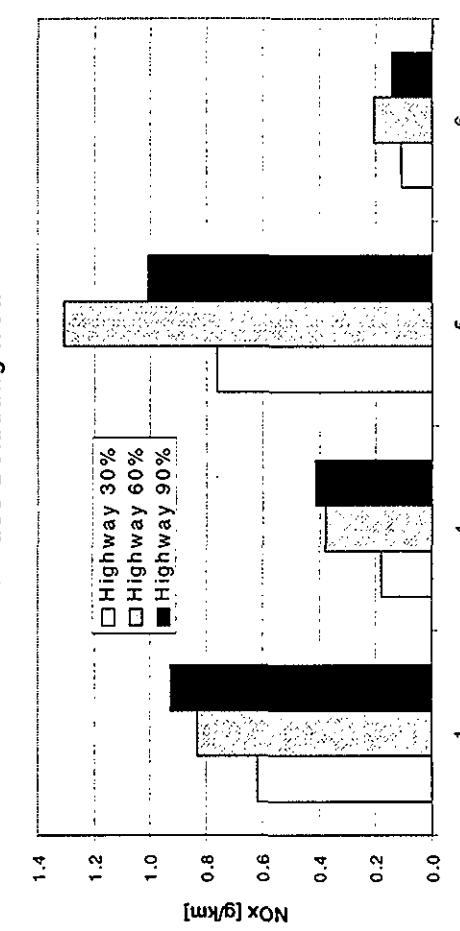
Einfluss Beladung CO



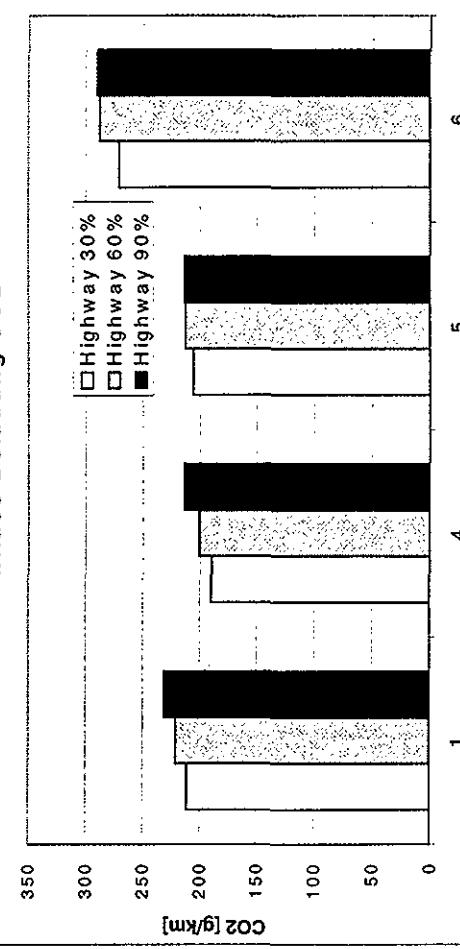
Einfluss Beladung HC



Einfluss Beladung NOx



Einfluss Beladung CO2

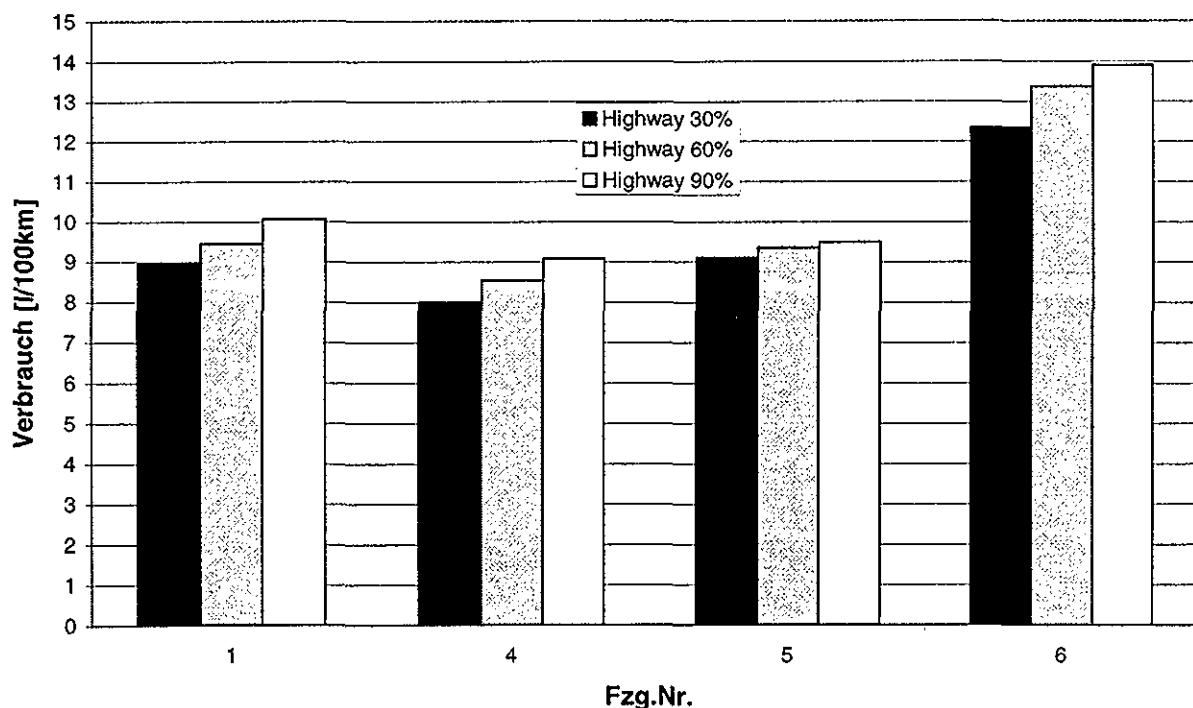


Der Highwayzyklus wurde mit vier Lieferwagen jeweils mit 30, 60, resp. 90% Beladung gefahren.

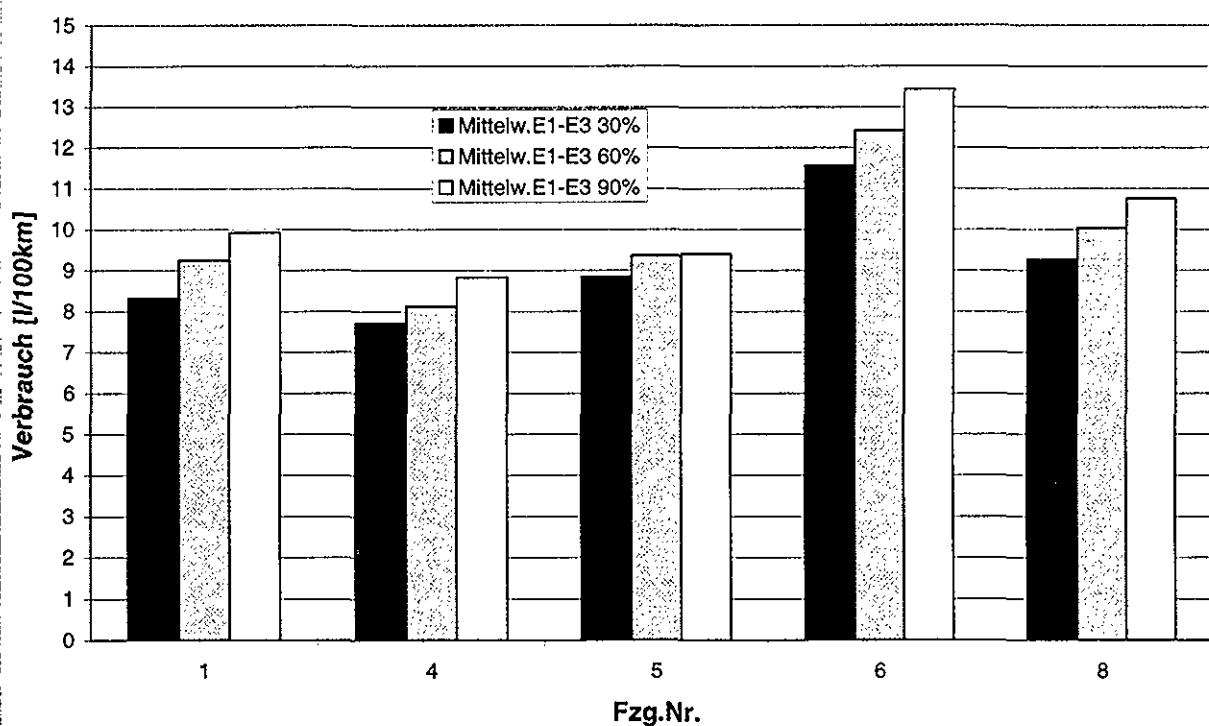
Abbildung C4.5

Verbrauchseinfluss bei wechselnder Beladung

Verbrauchsvergleich Highway, Beladung variabel



Verbrauchsvergleich Zyklus E, Beladung variabel

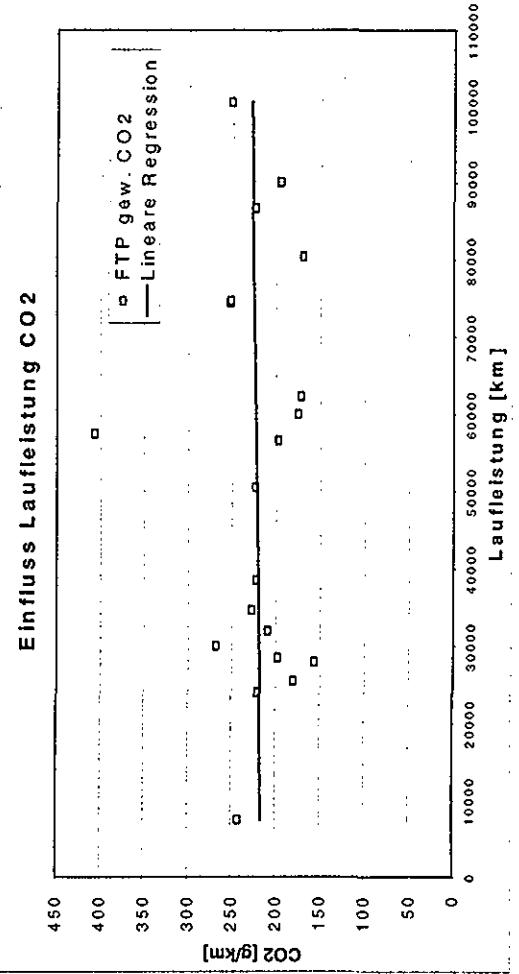
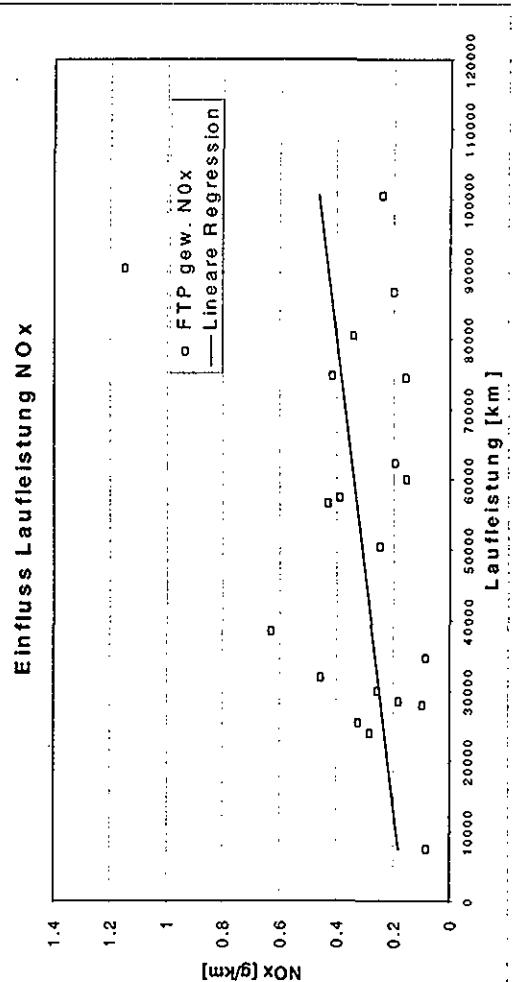
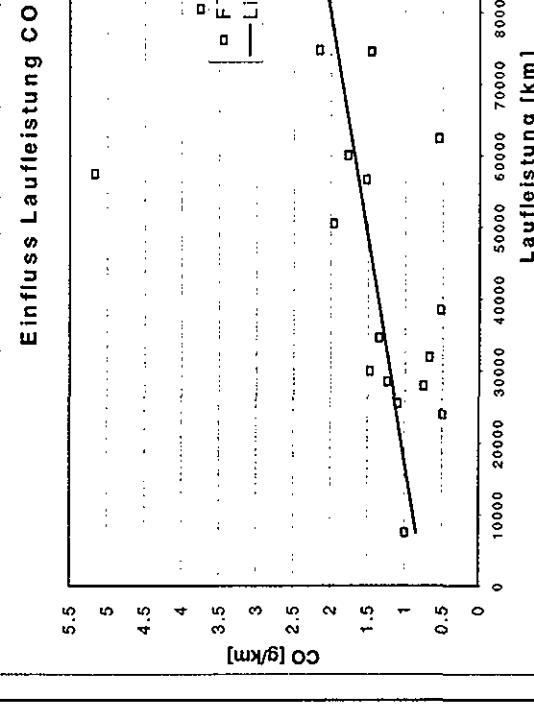
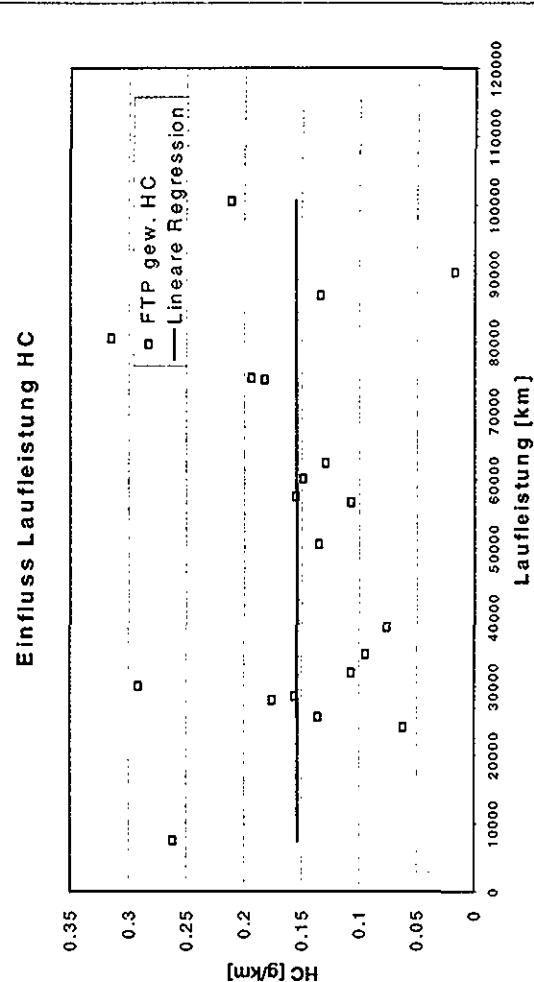


Die Beladung wurde beim Highwayzyklus mit vier Fahrzeugen, beim EMPA-Zyklus E (innerorts) mit fünf Fahrzeugen variiert. Der durchschnittliche Mehrverbrauch von 30 zu 90% Beladung liegt bei ca. 15% im Zyklus E und 10% beim Highway.

Abbildung C5.1

Einfluss der Laufleistung PW

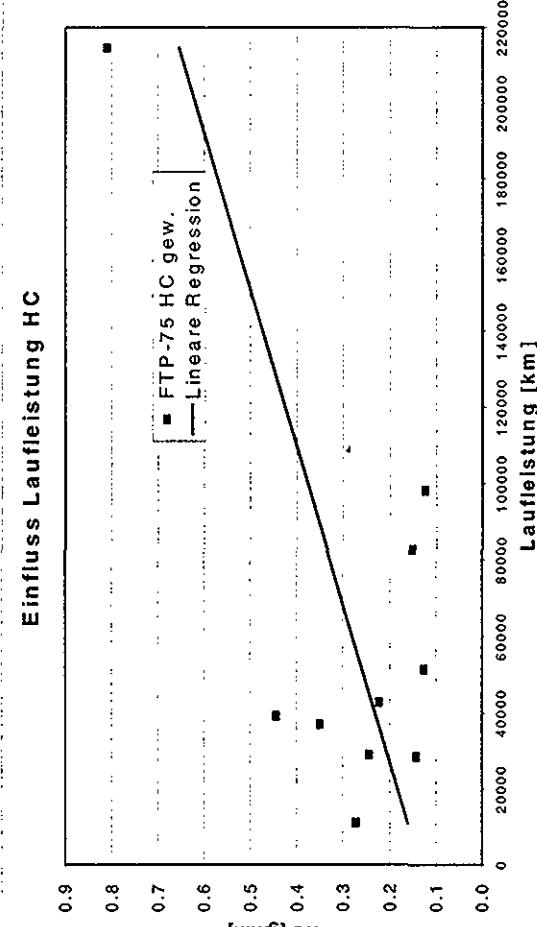
20 Fahrzeuge BUWAL 97



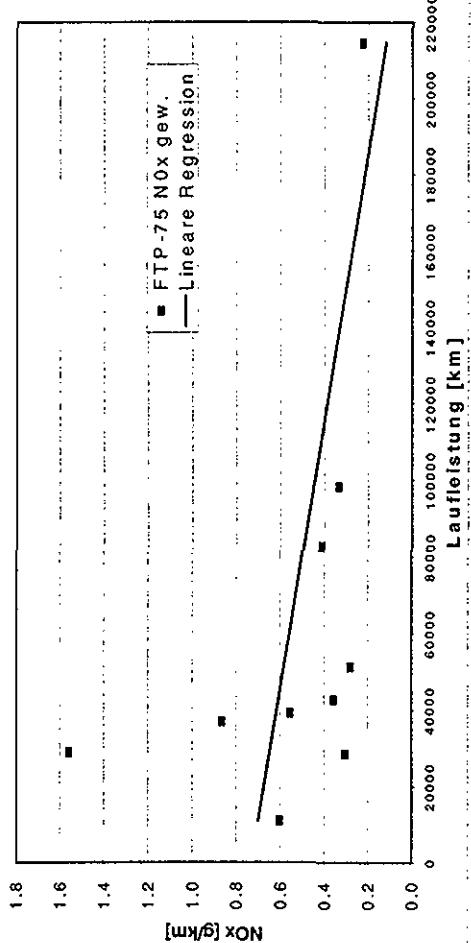
Die Diagramme zeigen den Einfluss der Laufleistung auf die verschiedenen Emissionen anhand des FTP-75 Zyklus für die 20 Personenvanagen.

Abbildung C5.2

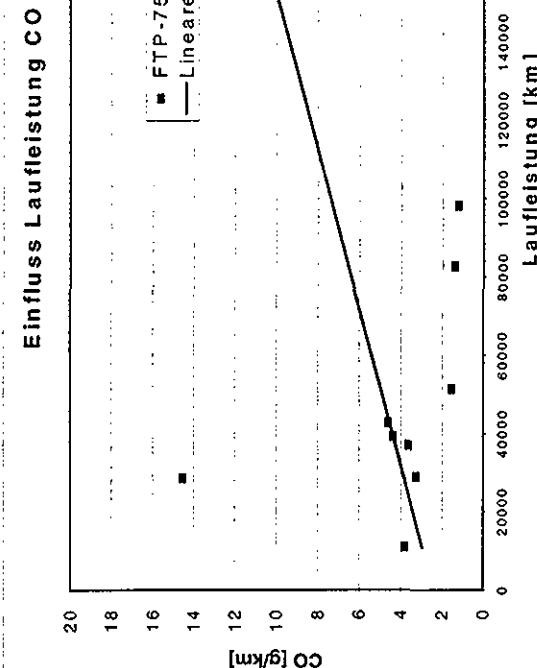
Einfluss der Laufleistung Lieferwagen



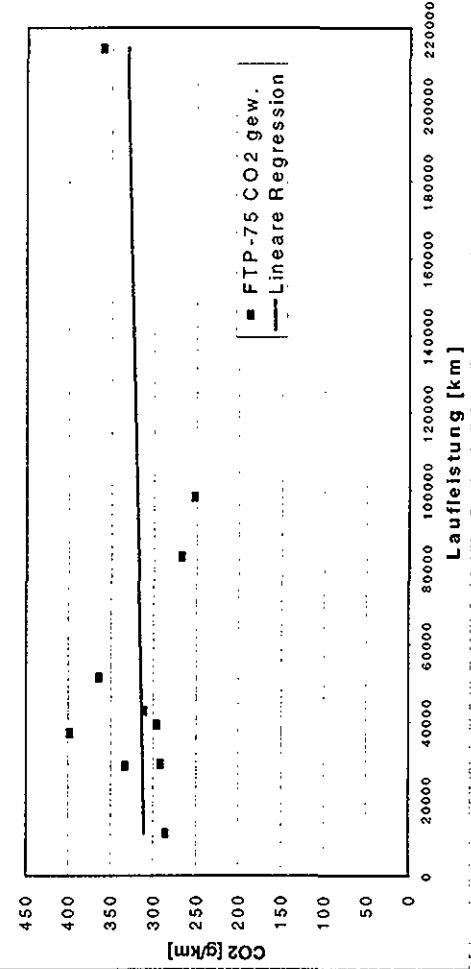
Einfluss Laufleistung NOx



10 Fahrzeuge BUWAL 97



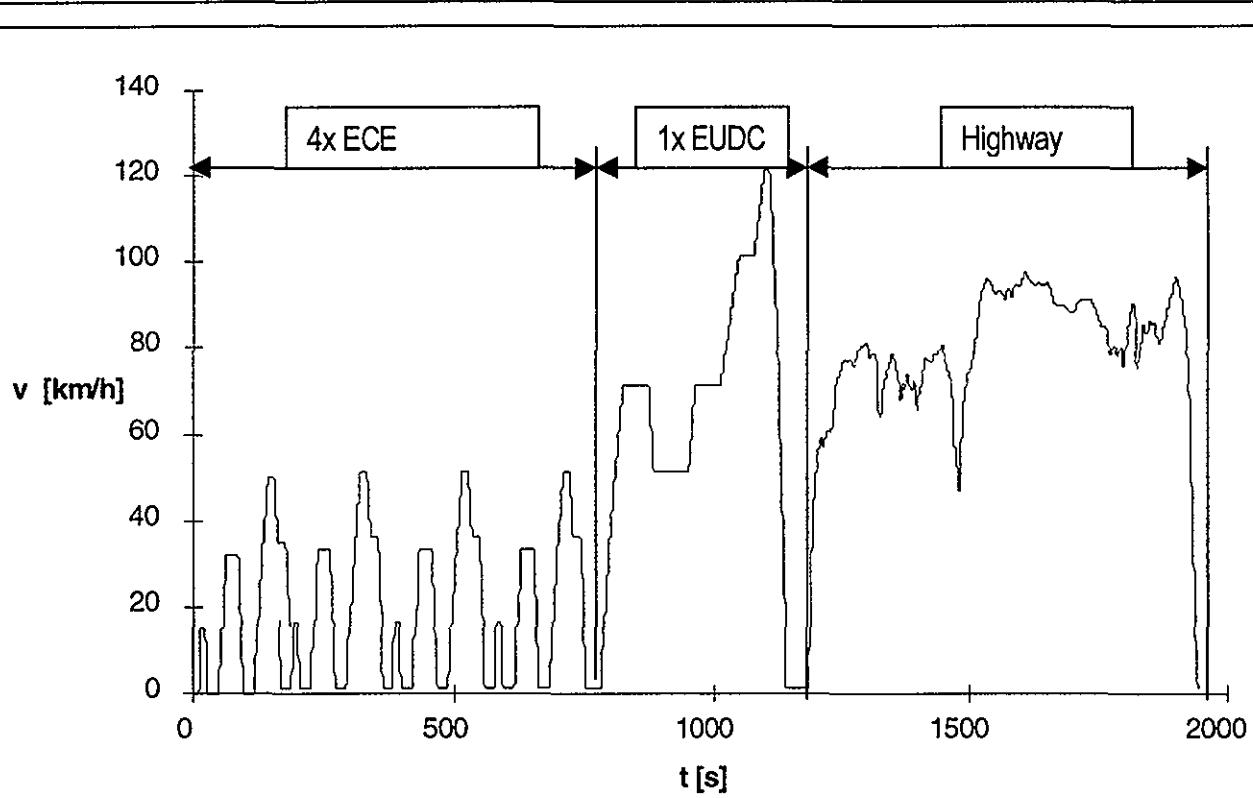
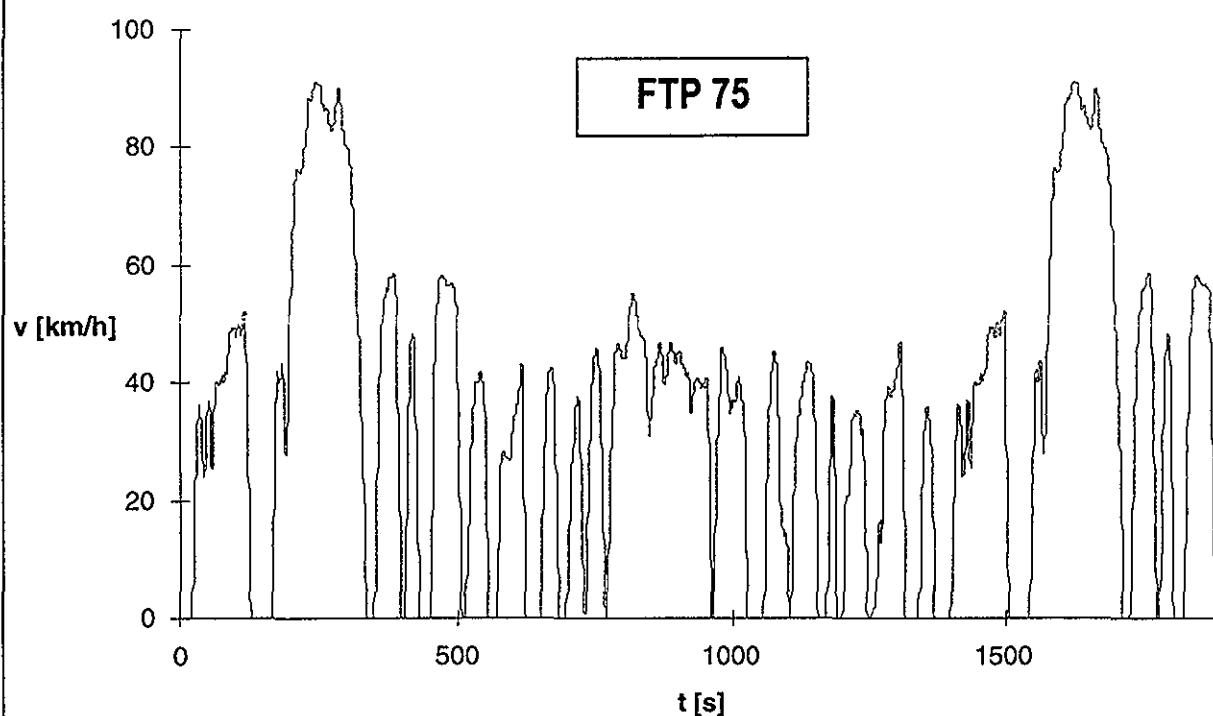
Einfluss Laufleistung CO2



Die Diagramme zeigen den Einfluss der Laufleistung auf die verschiedenen Emissionen anhand des FTP-75 Zyklus für die 10 Lieferwagen.

Abbildung C2.1

Die gesetzlichen Fahrzyklen

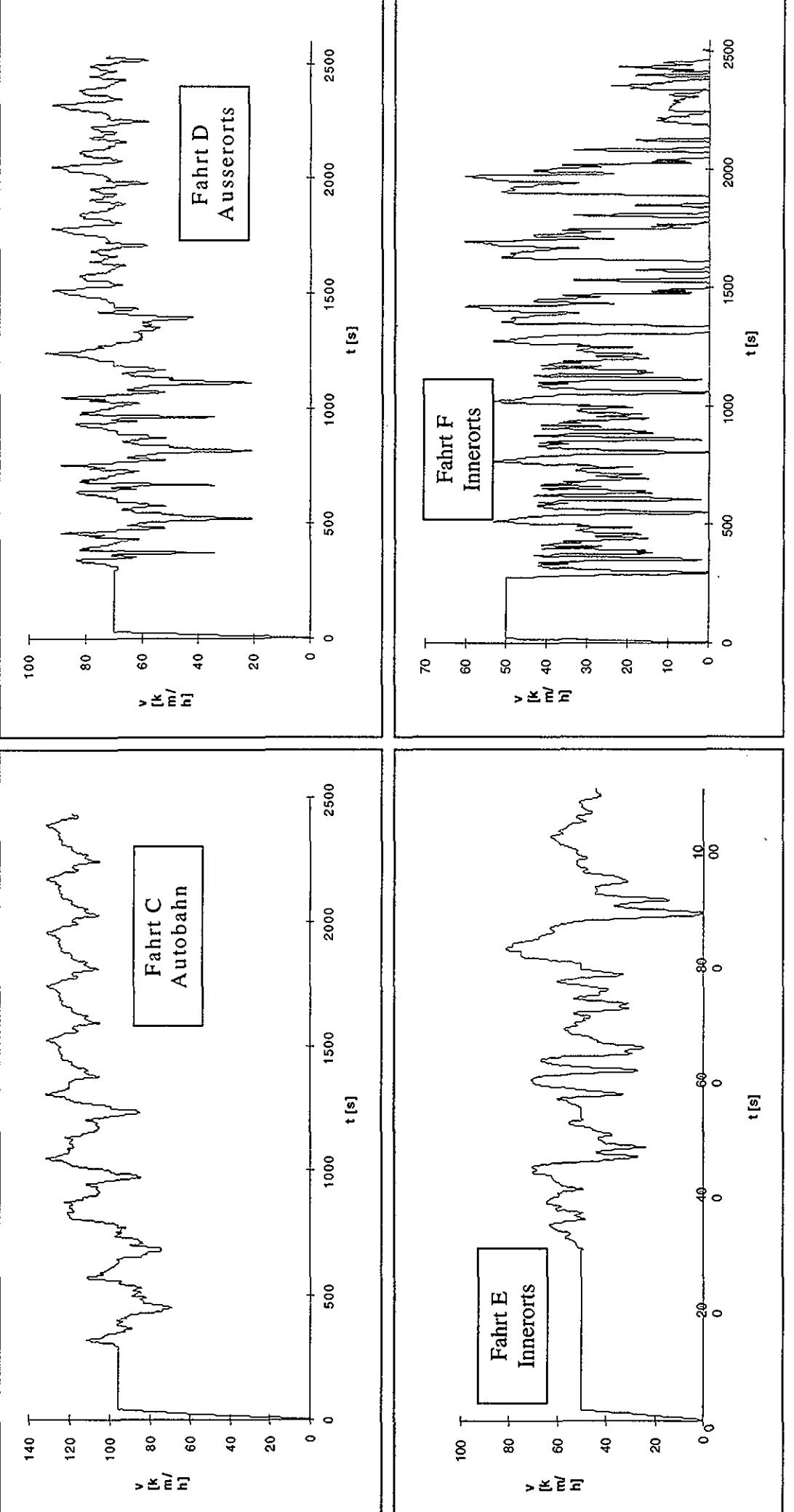


Oben ist der FTP-75 Zyklus abgebildet, während in der unteren Grafik die zwei Hauptteile des NEFZ (ECE&EUDC) sowie direkt anschliessend der Highway Zyklus zu sehen sind.

Abbildung C2.2

Fahrmusterbasierte Zyklen der EMPA

20 Fahrzeuge BUWAL 97



Die fahrmusterbasierten Zyklen des EMPA-Messprogramms

Tabelle C4.1

Messprogramm 97: Bagwerte CO

Fzg. Nr.	[g/km]																	
	FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III
1	3.94	0.74	0.94	3.94	0.56	0.34	0.25	0.27	0.26	1.60	0.68	0.47	0.96	1.88	0.60	0.52	0.44	1.69
2	3.36	0.46	0.58	3.19	0.50	0.52	0.36	0.19	0.07	0.58	0.42	0.13	0.98	0.74	0.34	0.73	0.48	0.82
3	3.55	1.24	1.43	2.97	0.88	0.21	0.28	0.40	0.28	4.56	0.31	0.16	0.89	1.14	1.28	0.56	0.77	1.14
4	5.46	0.42	2.25	5.09	0.32	0.63	0.45	0.76	0.48	4.19	0.33	0.29	0.16	1.07	0.24	0.49	0.71	2.80
5	4.30	0.41	0.50	3.56	0.08	0.04	0.02	0.01	0.01	1.70	0.09	0.05	0.03	0.35	0.13	0.56	0.32	1.54
6	4.28	0.07	0.27	4.28	0.15	0.21	0.38	0.61	0.73	1.00	0.13	0.14	0.10	0.17	0.08	0.09	0.13	0.88
7	2.37	0.00	0.01	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02
8	8.72	1.95	3.43	5.11	0.33	0.67	1.69	1.96	0.49	2.58	1.03	0.94	1.46	2.65	1.19	1.78	1.59	3.39
9	5.36	0.30	0.79	4.96	0.20	0.13	0.21	0.31	0.32	0.97	0.18	0.11	0.15	0.68	0.09	0.33	0.22	0.71
10	6.25	1.04	1.45	5.36	0.49	0.24	0.48	0.91	0.17	2.87	1.02	0.12	0.86	2.77	0.65	1.76	2.28	5.08
11	1.95	0.18	0.21	2.53	0.04	0.09	0.06	0.19	0.18	1.74	0.07	0.12	0.08	0.34	0.15	0.15	0.42	1.66
12	6.00	0.05	0.34	3.58	0.09	0.08	0.04	0.13	0.14	1.11	0.04	0.05	0.04	0.07	0.03	0.36	0.37	0.64
13	3.21	0.00	0.07	3.35	0.10	0.00	0.03	0.30	0.20	1.28	0.01	0.00	0.08	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01
14	3.88	0.71	1.28	7.86	0.34	0.32	0.38	0.82	0.25	1.22	0.66	0.31	0.39	1.02	0.64	1.08	0.79	2.79
15	4.18	1.68	1.52	4.05	0.27	0.44	0.25	0.24	0.22	2.22	1.26	1.03	0.75	0.77	0.78	1.64	1.73	2.30
16	2.13	0.05	0.21	3.49	0.49	0.05	0.28	1.09	1.97	2.73	0.14	0.09	0.01	0.07	0.12	0.22	0.03	0.06
17	2.69	0.00	0.73	4.74	3.06	0.26	0.82	8.19	17.55	1.40	0.16	0.22	-	-	0.00	0.00	0.01	0.01
18	2.71	0.49	0.95	3.76	0.66	0.36	0.96	2.13	0.27	2.17	0.47	0.43	0.40	0.25	0.36	0.19	0.48	1.13
19	13.47	2.52	3.95	-	-	-	-	-	-	1.01	1.12	21.68	11.22	4.01	1.23	1.65	0.83	6.92
20	4.10	0.14	0.23	5.86	0.21	0.28	0.44	1.04	1.26	0.85	0.02	0.11	0.10	0.42	0.13	0.12	0.17	1.93
Mittelwert	4.60	0.62	1.06	4.14	0.46	0.25	0.42	1.03	2.33	2.30	0.55	0.30	0.48	0.85	0.40	0.86	0.73	1.78
Stdabw.	58%	116%	102%	35%	145%	80%	100%	173%	257%	104%	163%	119%	108%	99%	170%	127%	100%	

Tabelle C4.2

Messprogramm 97: Bagwerte HC

Fzg. Nr.	Messprogramm 97: Bagwerte HC						[g/km]											
	FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III
1	0.513	0.060	0.167	0.504	0.104	0.046	0.042	0.057	0.063	0.148	0.079	0.057	0.157	0.130	0.055	0.067	0.050	0.193
2	0.413	0.045	0.100	0.466	0.051	0.013	0.010	0.015	0.008	0.082	0.029	0.005	0.067	0.094	0.022	0.074	0.041	0.105
3	0.458	0.056	0.094	0.517	0.049	0.016	0.015	0.017	0.014	0.115	0.026	0.013	0.157	0.072	0.082	0.047	0.065	0.111
4	0.451	0.022	0.113	0.630	0.034	0.030	0.039	0.046	0.038	0.063	0.014	0.013	0.027	0.028	0.012	0.041	0.038	0.372
5	0.657	0.016	0.046	0.836	0.019	0.010	0.010	0.007	0.005	0.051	0.007	0.007	0.016	0.021	0.018	0.040	0.020	0.366
6	0.960	0.011	0.213	1.468	0.021	0.010	0.018	0.091	0.148	0.033	0.007	0.007	0.031	0.011	0.006	0.015	0.012	0.063
7	0.257	0.007	0.019	0.115	0.007	0.004	0.005	0.004	0.003	0.003	0.007	0.005	0.004	0.018	0.012	0.009	0.019	0.018
8	0.715	0.164	0.302	0.600	0.045	0.027	0.064	0.075	0.031	0.232	0.041	0.033	0.072	0.120	0.054	0.122	0.093	0.320
9	1.287	0.021	0.057	0.791	0.019	0.010	0.021	0.029	0.027	0.045	0.008	0.005	0.058	0.033	0.008	0.027	0.021	0.168
10	0.713	0.066	0.109	0.670	0.053	0.035	0.041	0.071	0.050	0.113	0.062	0.026	0.057	0.119	0.041	0.110	0.133	0.429
11	0.380	0.066	0.061	0.326	0.025	0.041	0.028	0.063	0.070	0.063	0.021	0.031	0.032	0.047	0.030	0.042	0.074	0.278
12	0.387	0.013	0.030	0.292	0.017	0.016	0.010	0.032	0.032	0.021	0.007	0.008	0.017	0.011	0.008	0.014	0.014	0.078
13	0.410	0.019	0.046	0.504	0.016	0.006	0.009	0.022	0.014	0.024	0.007	0.006	0.032	0.014	0.007	0.021	0.013	0.052
14	0.292	0.037	0.102	0.438	0.028	0.018	0.017	0.031	0.026	0.106	0.030	0.020	0.044	0.095	0.026	0.104	0.062	0.221
15	0.490	0.093	0.163	0.684	0.037	0.020	0.027	0.034	0.033	0.067	0.029	0.018	0.047	0.034	0.025	0.083	0.141	0.544
16	0.271	0.019	0.038	0.294	0.032	0.010	0.018	0.042	0.069	0.055	0.011	0.009	0.016	0.017	0.014	0.019	0.018	0.051
17	0.655	0.013	0.125	0.844	0.161	0.081	0.115	0.287	0.541	0.088	0.056	0.093	-	-	0.043	0.049	0.176	
18	0.380	0.055	0.099	0.634	0.046	0.028	0.051	0.090	0.034	0.055	0.025	0.022	0.049	0.034	0.028	0.059	0.064	0.223
19	0.062	0.107	0.318	-	-	-	0.063	0.083	2.835	0.338	0.144	0.059	0.088	0.065	0.037	0.332	0.135	0.472
20	-	0.018	0.030	0.417	0.021	0.018	0.024	0.050	0.067	0.021	0.009	0.011	0.019	0.011	0.021	0.019	0.088	
Mittelwert	0.51	0.05	0.12	0.59	0.04	0.02	0.03	0.06	0.21	0.09	0.03	0.02	0.05	0.03	0.07	0.06	0.23	
Stdabw.	54%	87%	73%	50%	87%	80%	85%	108%	304%	89%	107%	103%	78%	78%	77%	107%	68%	

Tabelle C4.3

Messprogramm 97: Bagwerte NO_x

Fzg. Nr.	Messprogramm 97: Bagwerte NO _x						[g/km]											
	FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III
1	0.480	0.038	0.141	0.258	0.081	0.040	0.090	0.139	0.188	0.107	0.045	0.055	0.066	0.073	0.019	0.259	0.159	0.186
2	0.794	0.133	0.335	0.609	0.197	0.159	0.240	0.457	0.566	0.190	0.100	0.125	0.109	0.061	0.046	0.050	0.050	0.090
3	0.301	0.118	0.116	0.382	0.191	0.077	0.222	0.202	0.100	0.190	0.120	0.093	0.404	0.124	0.069	0.160	0.062	0.022
4	0.816	0.089	0.123	0.580	0.059	0.044	0.050	0.056	0.039	0.107	0.079	0.040	0.064	0.192	0.075	0.204	0.161	0.303
5	0.332	0.123	0.180	0.670	0.471	0.308	0.368	1.010	1.281	0.123	0.130	0.179	0.157	0.119	0.068	0.093	0.200	0.186
6	0.262	0.014	0.082	0.565	0.007	0.009	0.003	0.004	0.003	0.049	0.016	0.007	0.009	0.061	0.020	0.033	0.028	0.005
7	0.456	0.110	0.484	0.205	0.250	0.214	0.265	0.490	0.581	0.479	0.385	0.253	0.176	0.504	0.318	0.241	0.261	0.409
8	0.511	0.318	0.260	0.355	0.156	0.177	0.287	0.414	0.334	0.216	0.226	0.129	0.200	0.218	0.129	0.317	0.215	0.233
9	0.676	0.098	0.243	0.547	0.042	0.031	0.051	0.071	0.051	0.153	0.039	0.030	0.166	0.129	0.086	0.134	0.089	0.039
10	0.477	0.116	0.287	0.547	0.203	0.166	0.470	0.500	0.435	0.308	0.129	0.262	0.246	0.314	0.162	0.172	0.151	0.071
11	0.422	0.072	0.257	0.500	0.336	0.183	0.211	0.144	0.149	0.267	0.177	0.090	0.301	0.399	0.160	0.157	0.126	0.026
12	0.191	0.052	0.076	0.158	0.086	0.037	0.029	0.056	0.057	0.024	0.031	0.017	0.054	0.035	0.015	0.056	0.032	0.022
13	0.713	0.334	0.490	0.718	0.256	0.221	0.117	0.068	0.050	0.354	0.225	0.224	0.271	0.407	0.194	0.354	0.335	0.505
14	0.669	0.317	0.463	0.639	0.370	0.175	0.283	0.597	0.867	0.261	0.195	0.156	0.260	0.338	0.158	0.166	0.160	0.106
15	0.517	0.359	0.442	0.556	0.200	0.165	0.176	0.505	0.532	0.303	0.233	0.165	0.189	0.273	0.209	0.468	0.483	0.883
16	0.872	0.421	0.845	0.600	0.418	0.542	0.477	0.228	0.118	0.556	0.197	0.219	0.692	1.153	0.554	0.460	0.529	0.119
17	0.167	0.085	0.073	0.293	0.031	0.004	0.028	0.050	0.026	0.028	0.006	0.178	-	-	-	0.093	0.090	0.165
18	0.328	0.142	0.206	0.277	0.078	0.013	0.071	0.185	0.221	0.075	0.034	0.023	0.082	0.147	0.076	0.144	0.103	0.193
19	0.934	0.199	0.339	-	-	-	0.412	0.542	0.330	0.130	0.077	0.046	0.278	0.080	0.053	0.185	0.359	0.280
20	1.000	1.301	0.970	1.230	0.441	0.536	0.430	0.200	0.184	1.080	0.751	0.524	0.523	0.981	0.800	1.325	1.180	0.568
Mittelwert	0.55	0.22	0.32	0.51	0.16	0.21	0.30	0.31	0.25	0.16	0.14	0.22	0.30	0.17	0.25	0.24	0.22	
Stdabw.	46%	126%	76%	48%	72%	97%	74%	87%	107%	97%	106%	88%	76%	102%	117%	111%	110%	101%

Tabelle C4.4

Messprogramm 97: Bagwerte CO₂

Fzg. Nr.	Messprogramm 97: Bagwerte CO ₂						[g/km]											
	FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III
1	253	267	223	333	190	175	184	216	225	170	154	157	173	197	163	223	250	515
2	177	190	165	224	147	133	141	169	179	127	116	118	126	139	119	147	164	285
3	165	191	154	238	131	121	121	146	162	113	106	106	116	134	115	161	189	401
4	221	238	199	283	179	162	163	187	194	157	147	148	166	178	155	199	227	415
5	192	211	179	249	161	145	152	185	195	140	131	133	143	155	137	183	198	398
6	239	261	209	307	176	153	159	182	188	158	140	138	163	186	154	219	243	512
7	219	238	191	313	157	131	129	147	154	150	125	122	142	170	134	196	235	506
8	161	183	150	213	131	119	126	148	158	116	109	109	116	128	111	140	157	308
9	258	289	236	348	196	174	176	205	214	180	165	160	163	192	170	266	303	571
10	243	268	226	322	187	171	172	198	209	173	158	157	172	194	165	224	256	485
11	179	196	160	237	137	125	128	155	164	117	107	106	126	144	116	163	184	393
12	214	239	187	329	169	148	149	177	186	145	132	130	150	171	142	237	255	521
13	203	225	183	266	163	147	156	177	185	146	136	135	154	171	146	196	215	406
14	192	204	173	246	154	136	156	186	189	139	127	123	136	156	129	174	203	415
15	236	268	216	316	185	163	167	192	200	169	152	149	184	204	165	229	250	433
16	210	237	190	284	162	146	152	175	183	144	135	134	150	168	145	203	227	495
17	197	190	175	207	157	153	171	206	216	134	123	102	-	-	-	153	178	341
18	198	208	188	254	165	157	153	175	197	141	133	141	144	161	144	181	204	375
19	389	425	345	-	-	-	-	256	298	282	264	238	229	275	317	396	473	980
20	231	266	211	336	177	156	156	174	181	164	145	141	185	201	166	244	275	527
Mittelwert	213	234	193	283	166	148	152	178	148	135	135	148	167	142	196	222	440	
Stdabw.	23%	23%	22%	16%	12%	12%	12%	19%	19%	21%	21%	24%	24%	24%	30%	30%	33%	

Tabelle C4.5

Liefervagen Benzin: Bagwerte CO

Fzg. Nr.	FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III	HDC60	HDC90	E60 I	E60 II	E60 III	E90 I	E90 II	E90 III
1	9.75	1.27	4.15	5.89	9.04	0.49	4.82	21.80	21.60	6.38	1.25	0.42	0.19	2.70	0.66	1.82	1.81	1.26	1.06	4.01	0.74	5.67	1.51	11.22	2.99	
2	11.27	1.67	5.22	7.26	8.47	0.89	4.46	11.00	8.83	4.12	3.19	0.82	1.17	2.97	1.14	1.51	1.40	1.96	1.97	-	1.35	5.92	1.21	-	-	
3	5.59	0.29	1.29	3.32	7.20	0.26	4.11	15.68	18.91	2.35	0.27	0.23	0.40	0.61	0.40	0.39	0.94	0.60	0.43	-	0.15	1.61	0.22	-	-	
4	4.53	0.31	0.47	3.64	3.69	0.08	0.31	7.91	8.80	0.21	0.14	0.08	0.18	0.46	0.21	0.35	0.31	0.39	0.22	0.22	0.18	0.63	0.26	0.43	0.71	0.27
5	6.15	0.84	5.74	6.20	2.65	5.21	6.51	3.18	1.14	2.76	1.83	2.33	0.23	1.02	1.02	1.80	3.26	19.18	4.33	5.96	0.40	1.58	1.43	0.20	1.70	1.51
6	23.65	13.21	20.72	9.45	32.27	11.94	29.07	24.14	22.18	16.64	14.98	12.88	8.35	13.99	9.12	11.54	10.10	17.76	16.49	23.26	9.76	19.64	13.09	13.81	25.46	13.21
7	2.84	0.86	1.35	1.72	6.10	1.15	3.96	20.81	22.10	3.68	0.50	0.53	0.96	1.88	1.42	1.53	0.88	1.81	-	-	-	-	-	-	-	-
8	9.17	1.89	5.52	-	-	6.72	21.56	17.98	8.00	3.31	1.74	1.27	6.07	2.06	1.45	2.17	20.67	2.39	4.17	2.94	9.08	2.17	4.68	14.75	3.42	
9	7.35	2.50	3.01	5.94	8.68	-	5.67	22.33	20.41	3.38	2.51	1.80	2.88	1.90	6.94	4.67	22.37	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	60.76	2.15	3.29	6.21	1.79	1.77	2.23	3.15	4.20	2.56	2.09	1.80	1.72	0.07	0.04	2.70	3.16	2.11	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelwert	14.06	2.50	5.08	5.51	8.88	2.72	6.78	15.16	14.61	5.01	3.01	2.26	1.73	3.42	1.80	3.00	2.87	8.81	3.84	7.52	2.22	6.30	2.78	4.13	10.77	4.28
Stdabw.	124%	154%	114%	42%	103%	149%	119%	54%	55%	92%	145%	168%	143%	122%	148%	118%	100%	110%	150%	120%	156%	105%	166%	136%	95%	120%

Tabelle C4.6

Liefervagen Benzin: Bagwerte HC

Fzg. Nr.	FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III	HDC60	HDC90	E60 I	E60 II	E60 III	E90 I	E90 II	E90 III	
1	0.870	0.042	0.259	0.538	0.159	0.024	0.076	0.230	0.355	0.212	0.033	0.022	0.029	0.163	0.023	0.052	0.049	0.097	0.057	0.096	0.037	0.238	0.030	0.085	0.295	0.137	
2	0.725	0.033	0.207	0.382	0.109	0.010	0.035	0.061	0.044	0.174	0.020	0.009	0.048	0.137	0.015	0.049	0.047	0.164	0.131	-	0.046	0.276	0.020	-	-		
3	0.461	0.026	0.065	0.314	0.119	0.040	0.099	0.249	0.332	0.068	0.024	0.035	0.031	0.051	0.024	0.028	0.047	0.059	0.058	-	0.014	0.060	0.016	-	-		
4	0.493	0.020	0.045	0.369	0.081	0.012	0.015	0.123	0.148	0.015	0.011	0.019	0.024	0.016	0.070	0.035	0.030	0.159	0.227	1.237	0.200	0.233	0.039	0.019	0.055	0.014	
5	0.717	0.059	0.240	0.692	0.110	0.143	0.187	0.070	0.035	0.068	0.054	0.070	0.053	0.070	0.053	0.035	0.030	0.159	0.227	1.237	0.200	0.233	0.084	0.062	0.057	0.057	
6	1.249	0.647	0.791	0.646	0.708	0.398	0.665	1.755	2.293	0.590	0.529	0.444	0.345	0.692	0.423	0.638	0.524	1.922	0.568	0.625	0.399	0.985	0.533	0.512	1.167	0.502	
7	0.433	0.063	0.111	0.308	0.112	0.019	0.054	0.359	0.510	0.071	0.015	0.010	0.032	0.108	0.038	0.082	0.052	0.111	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	0.964	0.249	0.423	-	-	-	0.318	0.633	0.634	0.417	0.243	0.191	0.204	0.405	0.187	0.268	0.308	1.246	0.259	0.313	0.249	0.472	0.183	0.328	0.684	0.265	
9	1.062	0.152	0.193	0.596	0.179	-	0.123	0.726	1.133	0.097	0.044	0.041	0.05	0.168	0.062	0.341	0.177	0.766	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	0.480	0.024	0.117	0.386	0.056	0.056	0.042	0.050	0.061	0.071	0.046	0.051	0.043	0.069	0.042	0.032	0.060	0.066	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mittelwert	0.75	0.13	0.25	0.47	0.18	0.09	0.16	0.43	0.55	0.18	0.10	0.09	0.09	0.19	0.09	0.17	0.15	0.57	0.19	0.26	0.12	0.30	0.12	0.20	0.45	0.20	
Stdabw.	38%	148%	90%	32%	111%	151%	123%	123%	126%	104%	162%	154%	117%	113%	150%	119%	107%	118%	98%	86%	122%	111%	155%	103%	104%	101%	101%

Tabelle C4.7

Lieferwagen Benzin: Bagwerte NO_x

Tabelle C4.7		Liefewagen Benzin: Bagwerte NO _x																		[g/km]							
Fzg. Nr.		FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III	HDC60	HDC90	E60 I	E60 II	E60 III	E90 I	E90 II	E90 III
1	1.279	0.299	0.672	1.003	0.522	0.619	0.408	0.380	0.256	0.541	0.341	0.517	0.347	0.293	0.095	0.387	0.423	0.387	0.835	0.929	0.507	0.496	0.338	0.706	0.690	0.367	
2	0.613	0.203	0.460	0.541	0.665	0.367	0.674	1.032	1.432	0.590	0.274	0.312	0.259	0.339	0.228	0.328	0.340	0.494	0.542	-	0.234	0.517	0.278	-	-	-	
3	0.699	0.133	0.248	0.522	0.221	0.081	0.084	0.155	0.271	0.131	0.052	0.033	0.056	0.205	0.095	0.212	0.165	0.141	0.148	-	0.088	0.375	0.132	-	-	-	
4	0.583	0.172	0.460	0.375	0.332	0.181	0.423	0.783	0.874	0.301	0.235	0.179	0.237	0.273	0.167	0.528	0.387	0.158	0.379	0.414	0.272	0.395	0.196	0.217	0.425	0.244	
5	2.341	1.494	1.098	2.280	1.420	0.765	0.717	4.146	6.281	1.041	0.842	0.959	1.976	1.720	0.584	1.160	0.587	0.274	1.309	1.009	2.225	2.011	0.741	2.394	2.290	0.935	
6	0.298	0.154	0.301	0.175	0.225	0.110	0.088	0.064	0.032	0.138	0.080	0.088	0.122	0.203	0.120	0.160	0.141	0.135	0.205	0.143	0.116	0.246	0.118	0.213	0.296	0.169	
7	0.767	0.433	0.111	0.762	0.446	0.396	0.495	0.700	0.380	0.543	0.453	0.313	0.563	0.613	0.451	0.714	0.519	0.325	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	1.013	0.287	0.723	-	-	0.960	2.507	3.194	0.639	0.484	0.376	0.437	0.707	0.334	0.525	0.500	0.421	0.640	0.829	0.625	0.948	0.444	0.807	1.403	0.626		
9	1.379	0.758	0.682	0.993	0.288	-	0.262	0.286	0.233	0.824	0.622	0.316	0.861	0.973	0.569	1.148	1.026	1.009	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	0.775	0.116	0.312	0.415	0.589	0.053	0.429	1.508	1.908	0.246	0.069	0.055	0.118	0.118	0.036	0.144	0.072	0.125	-	-	-	-	-	-	-	-	
Mittelwert	0.97	0.40	0.51	0.78	0.52	0.32	0.45	1.16	1.49	0.50	0.35	0.31	0.50	0.54	0.27	0.53	0.42	0.35	0.58	0.66	0.58	0.71	0.32	0.87	1.02	0.47	
Stabw.	59%	106%	57%	78%	71%	82%	67%	111%	131%	60%	75%	87%	115%	90%	76%	71%	66%	77%	69%	129%	86%	103%	81%	68%	103%	81%	67%

Tabelle C4

Lieferwagen Benzin: Bagwerte CO_2

Tabelle C4.8		Lieferwagen Benzin: Bagwerte CO ₂																		[g/km]							
Fzg. Nr.		FTP-75 I	FTP-75 II	FTP-75 III	NEFZ I	NEFZ II	Highway	C I	C II	C III	D I	D II	D III	E I	E II	E III	F I	F II	F III	HDC60	HDC90	E60 I	E60 II	E60 III	E90 I	E90 II	E90 III
1	278	303	258	347	222	211	231	278	288	196	184	190	188	218	178	259	280	360	221	231	207	238	197	221	252	203	
2	311	331	274	391	231	214	232	282	312	212	193	196	213	244	227	201	288	311	564	228	-	216	254	203	-	-	-
3	364	384	326	438	275	252	273	338	360	242	222	227	250	288	234	330	354	719	261	-	229	292	-	248	-	-	-
4	257	263	230	312	209	190	206	256	278	181	165	170	178	202	164	219	245	440	201	245	214	171	187	214	233	186	192
5	288	310	259	361	227	206	219	284	307	198	175	182	205	232	185	262	285	537	213	215	248	193	214	253	214	192	250
6	365	376	327	445	285	271	290	333	334	242	221	234	248	286	230	326	337	636	288	290	264	306	236	281	330	250	250
7	260	286	239	332	203	191	202	229	239	181	169	174	187	214	172	250	264	506	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	292	311	270	-	-	-	237	283	311	206	193	202	207	234	197	264	293	573	240	248	223	254	208	235	268	217	-
9	391	412	378	527	338	-	331	399	431	304	272	277	305	343	285	383	409	809	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	349	341	307	439	285	244	259	327	351	258	226	223	252	283	229	311	356	680	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelwert	316	332	287	399	253	222	248	301	321	222	202	208	223	254	208	289	313	582	236	239	223	258	205	231	267	210	210
Stabdw.	15%	14%	16%	17%	18%	13%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	13%	13%	13%	12%	12%	11%	13%	14%	12%	12%