
Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

*Im Rahmen des UBA-Vorhabens
Nr. F+E 298 43 100/02 (alt 205 06 100/02)*

*Im Auftrag von INFRAS,
Mühlemattstrasse 45, CH-3007 Bern*

Autor: Heinz Steven

RWTÜV Fahrzeug GmbH

**Ginsterweg 5
D 52146 Würselen
Tel.: ++49 24 05-45 55 0
Fax: ++49 24 05-45 55 20
E-Mail: Heinz.Steven@rwtuev.de**

08. 12. 2003

Inhalt	Seite
1. EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG	3
2. DATENGRUNDLAGE	4
3. MOTORRÄDER	9
3.1. Fahrverhalten von Motorrädern, Einschränkungen bei der Reproduktion auf dem Rollenprüfstand	9
3.2. Analysen und Ergebnisse	12
3.2.1. Vorgehensweise bei der Auswertung, Ergebnisbeispiele	12
3.2.2. Zusammenstellung der Ergebnisse, Festlegung von Fahrzeugschichten	26
4. KLEINKRAFTRÄDER	41
4.1. Messergebnisse für verschiedene Fahrzyklen	41
5. ZUSAMMENFASSUNG	62

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Im Rahmen der Zuarbeiten zum Update des Handbuchs für Emissionsfaktoren sollte auf der Grundlage einer Analyse der WMTC-Daten zum Fahrverhalten und neuer Emissions-Messdaten ein Vorschlag für eine neue Klassifizierung der Motorräder (Schichten) unter Berücksichtigung der Emissionsgesetzgebung in der Schweiz und in der EU (vgl. Tabelle 1) erarbeitet werden. In einem zweiten Schritt sollten für diese neuen Schichten repräsentative Emissionsfaktoren auch prospektiv (bis EURO III) bestimmt werden, wobei die bisher verwendete Fahrmusterklassifizierung (vgl. Tabelle 2) möglichst beibehalten werden sollte.

Die Ermittlung der Emissionsfaktoren umfasst die Schadstoffe HC, CO und NOx sowie das für globale Klimaeffekte bedeutsame CO2, wobei bereits an dieser Stelle darauf hingewiesen sei, dass die im Bericht angegebenen CO2-Werte **im Abgas gemessene Werte** sind und nicht das aus dem Kraftstoffverbrauch berechnete Gesamt-CO2.

Darüber hinaus sollten alle bisher verfügbaren Messdaten in einer Datenbank zusammengefasst werden. Es war vorgesehen, hier auch Daten aus dem EU-Artemis-Projekt einzubeziehen. Dies konnte jedoch nicht geschehen, da diese Daten wegen zeitlicher Verzögerungen im Projekt noch nicht verfügbar sind.

Test cycle	Regulation		in force from	Engine	Test mass in kg	CO in g/km	HC in g/km	NOx in g/km
ECE R 40	ECE R 40/01		1979	2-stroke	< 100	16	10	
ECE R 40	ECE R 40/01		1979	2-stroke	100 bis 300	$16 + 24 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	$10 + 5 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	
ECE R 40	ECE R 40/01		1979	2-stroke	>300	40	15	
ECE R 40	ECE R 40/01		1979	4-stroke	< 100	25	7	
ECE R 40	ECE R 40/01		1979	4-stroke	100 bis 300	$25 + 25 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	$7 + 3 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	
ECE R 40	ECE R 40/01		1979	4-stroke	>300	50	10	
ECE R 40	ECE R 40		1988	2-stroke	< 100	12.8	8	
ECE R 40	ECE R 40		1988	2-stroke	100 bis 300	$12.8 + 19.2 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	$8 + 4 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	
ECE R 40	ECE R 40		1988	2-stroke	>300	32	12	
ECE R 40	ECE R 40		1988	4-stroke	< 100	17.5	4.2	
ECE R 40	ECE R 40		1988	4-stroke	100 bis 300	$17.5 + 17.5 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	$4.2 + 1.8 \cdot (m_{\text{test}} - 100) / 200$	
ECE R 40	ECE R 40		1988	4-stroke	>300	35	6	
ECE R 40	FAV 3-2		01.01.90	2-stroke	all	8	3	0.1
ECE R 40	FAV 3-2		01.01.90	4-stroke	all	13	3	0.3
ECE R 40	EU 97/24	Euro 1	1999	2-stroke	all	8	4	0.1
ECE R 40	EU 97/24	Euro 1	1999	4-stroke	all	13	3	0.3
					engine capacity			
ECE R 40, coldstart	EU new	Euro 2	2003	all	$\leq 150 \text{ cm}^3$	5.5	1.2	0.3
ECE R 40, coldstart	EU new	Euro 2	2003	all	$> 150 \text{ cm}^3$	5.5	1	0.3
ECE R 40, coldstart	EU new	Euro 3	2006	all	$\leq 150 \text{ cm}^3$	2	0.8	0.15
NEDC, coldstart	EU new	Euro 3	2006	all	$> 150 \text{ cm}^3$	2	0.3	0.15

Tabelle 1: Entwicklung der Abgasgesetzgebung in Europa (m_test ist die Fahrzeugleermasse + 75 kg)

Da die Emissionen im Rahmen der Typzulassung zukünftig auch mit Kaltstart erfasst werden müssen, war für eine Abschätzung der Auswirkung zukünftiger Gesetzgebung auf die (warmen) Emissionsfaktoren auch die Bestimmung des Kaltstarteinflusses erforderlich. Dies war im ursprünglichen Auftrag nicht vorgesehen.

Driving pattern	average speed in km/h
ZR1	19
ZR2	26
ZR3	41.5
ZR4	63.5
ZR5	69
ZR6	79.8
ZR7	84.8
ZR8	107
ZR9	115
ZR10	139

Tabelle 2: Fahrmusterklassifizierung des Handbuchs für Emissionsfaktoren

2. Datengrundlage

In die Analysen konnten neuere Messergebnisse aus der Schweiz, aus einem UBA-Vorhaben des TÜV-Nord/TÜV Automotive und aus den schweizerischen und deutschen Beiträgen zur Validierung Step 2 des WMTC einbezogen werden. Angaben zu den Fahrzeugen sind in Tabelle 3 bis Tabelle 5 zusammengestellt. Im UBA-Vorhaben und in der Schweiz wurden sowohl Kleinkrafträder als auch Motorräder gemessen, in die Validierung des WMTC sind nur Motorräder einbezogen worden.

Die Messergebnisse aus dem UBA-Vorhaben des TÜV-Nord/TÜV Automotive sowie aus der Validierung Step 2 des WMTC umfassen auch modale Daten, allerdings nicht für Kleinkrafträder. Die Validierung Step 2 des WMTC umfasste noch weitere 14 Fahrzeuge mit modalen Daten und weitere 28 Fahrzeuge mit Beutelwerten.

Die jeweils gemessenen Zyklen sind in Tabelle 6 bis Tabelle 8 zusammengestellt. In Tabelle 7 bedeuten: Bieler 1 – Zusammenfassung von Zentrum, Peripherie und Überland, Bieler 2 – Zusammenfassung von Highway und einem nicht näher beschriebenen Realzyklus und Bieler 3 – Zusammenfassung von Zentrum, Peripherie und ECE R40/2. NEDC bezeichnet den Pkw-Zyklus nach 98/69/EC.

WMTC und NEDC wurden mit Kaltstart gemessen. Es zeigt sich, dass die 3 Messserien sehr unterschiedliches Untersuchungsdesign aufweisen. Allen gemeinsam ist lediglich der derzeit gültige Prüfzyklus nach ECE R40.

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

step	measurement campaign	veh_no	veh_CH	reg year	make	type	regulation	reduction system	Pn in kW	cap in cm ³	engine type
30	1992	1	HTAB1992-05	1990	Honda	Vision Met.	FAV 3-1	no		49	2-stroke
35	1992	15	HTAB1992-22	1990	Piaggio	SI SIV 1	ECE R 47	no		49	2-stroke
34	2000	4		1999	Yamaha	50	FAV-3	no		49	2-stroke
33	1997	10		1998	Honda	X8R-S	FAV-3	Oxicat	3.95	49	2-stroke
33	1997	9		1998	Honda	SFX 50	FAV-3	Oxicat		49	2-stroke
33	1997	8		1997	Yamaha	CW 50	FAV-3	Oxicat	2.9	49	2-stroke
33	1997	7		1991	Piaggio	Sfera, old catalyst	FAV-3	Oxicat	3.3	49	2-stroke
33	1997	11		1991	Piaggio	Sfera, new catalyst	FAV-3	Oxicat	3.3	49	2-stroke
33	1997	5		1997	MBK	Ovetto	FAV-3	Oxicat	2.9	49	2-stroke
33	1997	2		1997	MBK	BWS 50	FAV-3	Oxicat	3.5	49	2-stroke
33	1997	1		1997	Peugeot	Speedake	FAV-3	Oxicat	2.35	49	2-stroke
33	1997	4		1997	Aprilia	Amico	FAV-3	Oxicat	1.75	49	2-stroke
34	2000	3		1999	Yamaha	50	FAV-3	Oxicat		49	2-stroke
30	1992	4	HTAB1992-12	1992	Piaggio	Vespa LX 125	FAV 3-2	Oxicat		123	2-stroke
30	1992	5	HTAB1992-10	1990	Honda	Spacy 125	FAV 3-2	no		124	4-stroke
33	1997	3		1992	Yamaha	SR 125	FAV-3	no	8.8	124	4-stroke
34	2000	2		1999	Aprilia	125	FAV-3	no		124	2-stroke
30	1992	3	HTAB1992-15	1991	Yamaha	TZR 125	FAV 3-1	Oxicat		124	2-stroke
33	1997	6		1997	Piaggio	Hexagon	FAV-3	oxicat	10.2	124	2-stroke
34	2000	1		1999	Aprilia	125	FAV-3	oxicat		124	2-stroke
32	1997	101		1997	Honda	NSR 125 F	FAV 3-2	Oxicat		125	2-stroke
32	1997	102		1997	Yamaha	TDR 125 R	FAV 3-2	Oxicat		125	2-stroke
30	1992	6	HTAB1992-06	1988	Honda	250 CN	FAV 3-1	no		244	4-stroke
30	1992	7	HTAB1992-09	1989	Yamaha	600 XT	FAV 3-1	no		595	4-stroke
32	1997	104		1997	Yamaha	XT 600 E	FAV 3-2	no		595	4-stroke
32	1997	103		1997	Honda	NX 650	FAV 3-2	no		644	4-stroke
32	1997	105		1997	Honda	VFR 750 F	FAV 3-2	no		747	4-stroke
30	1992	8	HTAB1992-08	1989	Suzuki	750 GSX R	FAV 3-1	no		748	4-stroke
32	1997	106		1997	Kawasaki	ZX-7R	FAV 3-2	no		748	4-stroke
35	1995	2	HTAB1995-03	1995	Triumph	Daytona Super III 900	ECE R 40	no		885	4-stroke
32	1997	108		1997	Kawasaki	ZX - 10	FAV 3-2	no		997	4-stroke
30	1992	9	HTAB1992-11	1989	Honda	CBR 1000	FAV 3-2	no		998	4-stroke
32	1997	107		1997	Honda	CBR 1000 F	FAV 3-2	no		998	4-stroke
32	1997	110		1997	BMW	R 1100 RT	FAV 3-2	3 way cat.		1084	4-stroke
32	1997	109		1997	Honda	P E 1100	FAV 3-2	no		1084	4-stroke
30	1992	10	HTAB1992-14	1991	Yamaha	XVZ 1300 Venture Royale	FAV 3-2	Oxicat		1293	4-stroke

Tabelle 3: Zusammenstellung der technischen Daten der in der Schweiz gemessenen Mofas und Mopeds

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

vehicle no	Registration year	Engine type	Reduction system	Engine capacity in cm ³	rated power in kW	rated speed in min ⁻¹
41	1996	2-stroke	no	49	1	3250
51	1996	2-stroke	no	49	1.42	4500
50	2000	2-stroke	no	49	2	7000
38	1999	2-stroke	oxidation catalyst	49	2.8	6750
40	1995	2-stroke	no	49	2.8	6000
39	1999	2-stroke	oxidation catalyst	49	3	7000
52	1995	2-stroke	oxidation catalyst	49	3	7000
43	1996	4-stroke	no	124	7	7600
31	1996	4-stroke	no	124	8	9500
48	1999	2-stroke	no	124	10.2	7500
25	1996	2-stroke	no	124	11	7000
49	2000	4-stroke	3-way catalyst	124	11	9250
29	1997	4-stroke	no	125	9	9500
34	1996	4-stroke	no	125	9	8800
44	1999	2-stroke	no	176	14	8000
24	1997	4-stroke	no	244	13	7000
8	1997	2-stroke	oxidation catalyst	249	41	11000
33	1999	4-stroke	no	398	20	7250
15	1999	4-stroke	no	487	25	8000
14	1995	4-stroke	no	499	17	6000
26	2000	4-stroke	no	499	24	8500
37	1998	4-stroke	no (KCAS)	499	37	9000
13	1998	4-stroke	no	535	32	7500
21	1999	4-stroke	no	583	37	8000
47	1997	4-stroke	no	599	70	11500
23	1997	4-stroke	no	599	72	12500
19	1994	4-stroke	no	600	63	11000
22	1994	4-stroke	no	600	72	12000
32	1999	4-stroke	no	609	20	6000
18	1996	4-stroke	no	641	33	6800
9	1996	4-stroke	oxidation catalyst	652	35	6500
20	1997	4-stroke	no	652	36	6250
35	2000	4-stroke	3-way catalyst	652	37	6500
2	1984	4-stroke	no	797	37	6500
1	1999	4-stroke	3-way catalyst	848	37	5250
3	1991	4-stroke	no	849	57	7500
4	1991	4-stroke	3-way catalyst, retrofit	849	57	7500
11	1994	4-stroke	no	885	72	9000
36	2000	4-stroke	oxidation catalyst	899	106	11000
7	1995	4-stroke	no	904	57	7200
45	1996	4-stroke	no	916	80	9000
27	2000	4-stroke	3-way catalyst	929	108	11000
12	1998	4-stroke	no	998	72	10000
10	1992	4-stroke	3-way catalyst	1003	72	9000
28		4-stroke	no (CAS)	1052	72	9500
17	1999	4-stroke	3-way catalyst	1085	57	6500
30	2000	4-stroke	3-way catalyst	1137	100	9000
42	1999	4-stroke	no	1157	72	8500
6	1995	4-stroke	3-way catalyst, retrofit	1188	72	8000
16	1995	4-stroke	no	1188	72	8000
46	1997	4-stroke	no	1338	41	5000

Tabelle 4: Zusammenstellung der technischen Daten der im Rahmen des UBA-Projekts gemessenen Fahrzeuge

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

vehicle no	Registration year	Engine type	Reduction system	transmission	no_gear	Engine capacity in cm³	rated power in kW	rated speed in min-1
34	2001	4-stroke	oxidation catalyst	automatic		124	8	7500
67	2001	4-stroke	3 way catalyst	automatic		125	11	9250
35	1999	4-stroke	no	manual	5	249	15	8000
36	2000	4-stroke	oxidation catalyst	automatic		250	15.5	7500
39	2001	4-stroke	3 way catalyst + Air injection	manual	6	599	80	12500
137	2000	4-stroke	3 way catalyst	manual	5	652	25	6000
65	1992	4-stroke	no	manual	6	748	54.4	7000
68	2001	4-stroke	3 way catalyst	manual	6	1064	67	7800
38	2001	4-stroke	3 way catalyst	manual	5	1170	45	5000
66	2001	4-stroke	3 way catalyst	manual	5	1171	72	6750
40	2001	4-stroke	3 way catalyst	manual	5	1298	105.5	8000

Tabelle 5: Zusammenstellung der technischen Daten der im Rahmen der Validierung Step 2 des WMTC gemessenen Fahrzeuge

step	measurement campaign	veh_no	cap	CH HWDC	ECE R 15/00	ECE R 40	ISB-3	ISB-HIW	Konstante 20km/h	Konstante 30km/h	Konstante 40km/h	Konstante 50km/h	Konstante V-max	US 06	US FTP 2	US highway	US-FTP 1
30	1992	1	49			X											
30	1992	2	49			X											
33	1997	1	49		X	X	X		X	X	X		X				
33	1997	2	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
33	1997	4	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
33	1997	5	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
33	1997	7	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
33	1997	8	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
33	1997	9	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
33	1997	10	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
33	1997	11	49		X	X	X		X	X	X	X	X				
34	2000	3	49			X	X										
34	2000	4	49			X	X										
30	1992	4	123	X		X											
30	1992	3	124	X		X											
30	1992	5	124	X		X											
33	1997	3	124		X	X	X	X						X	X	X	X
33	1997	6	124		X	X	X	X						X	X	X	X
34	2000	1	124			X	X	X									
34	2000	2	124			X	X	X									
32	1997	101	125	X		X											
32	1997	102	125	X		X											
30	1992	6	244	X		X											
30	1992	7	595	X		X											
32	1997	104	595	X		X											
32	1997	103	644	X		X											
32	1997	105	747	X		X											
30	1992	8	748	X		X											
32	1997	106	748	X		X											
32	1997	108	997	X		X											
30	1992	9	998	X		X											
32	1997	107	998	X		X											
32	1997	109	1084	X		X											
32	1997	110	1084	X		X											
30	1992	10	1293	X		X											

Tabelle 6: Gemessene Zyklen für die in der Schweiz untersuchten Fahrzeuge

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

vehicle no	Engine type	Engine capacity in cm ³	Bieler-1	Bieler-2	Bieler-3	ECE R47 Typ I	ECE-R40-2	NEDC	v-max
41	2-stroke	49				x			x
51	2-stroke	49				x			x
50	2-stroke	49				x			x
38	2-stroke	49				x			x
40	2-stroke	49				x			x
39	2-stroke	49				x			x
52	2-stroke	49							x
43	4-stroke	124					x	x	
31	4-stroke	124					x	x	
48	2-stroke	124	x	x	x		x	x	
25	2-stroke	124	x	x	x		x	x	
49	4-stroke	124					x	x	
29	4-stroke	125					x	x	
34	4-stroke	125					x	x	
44	2-stroke	176					x	x	
24	4-stroke	244					x	x	
8	2-stroke	249	x	x	x		x	x	
33	4-stroke	398					x	x	
15	4-stroke	487	x	x	x		x		
14	4-stroke	499	x	x	x		x	x	
26	4-stroke	499					x	x	
37	4-stroke	499					x	x	
13	4-stroke	535	x	x	x		x	3	
21	4-stroke	583					x	x	
47	4-stroke	599					x	x	
23	4-stroke	599					x	x	
19	4-stroke	600	x	x	x		x	x	
22	4-stroke	600					x	x	
32	4-stroke	609					x	x	
18	4-stroke	641	x	x	x		x	x	
9	4-stroke	652	x	x	x		x	x	
20	4-stroke	652	x	x	x		x	x	
35	4-stroke	652					x	x	
2	4-stroke	797	x	x	x		x	x	
1	4-stroke	848	x	x	x		x	x	
3	4-stroke	849	x	x	x		x	3	
4	4-stroke	849					x	x	
11	4-stroke	885	x	x	x				
36	4-stroke	899					x	x	
7	4-stroke	904	x	x	x		x		
45	4-stroke	916					x	x	
27	4-stroke	929					x	x	
12	4-stroke	998	x	x	x		x	x	
10	4-stroke	1003					x	x	
28	4-stroke	1052					x	x	
17	4-stroke	1085	x	x	x		x	x	
30	4-stroke	1137					x	x	
42	4-stroke	1157					x	x	
6	4-stroke	1188					x	x	
16	4-stroke	1188	x	x	x		x	x	
46	4-stroke	1338					x	x	

Tabelle 7: Gemessene Zyklen für die im Rahmen des UBA-Projekts gemessenen Fahrzeuge

vehicle no	Engine type	Engine capacity in cm ³	ECE R 40	NEDC	WMTC
34	4-stroke	124	x	x	x
67	4-stroke	125	x	x	x
35	4-stroke	249	x	x	x
36	4-stroke	250	x	x	x
39	4-stroke	599	x	x	x
137	4-stroke	652	x	x	x
65	4-stroke	748	x		x
68	4-stroke	1064	x	x	x
38	4-stroke	1170	x	x	x
66	4-stroke	1171	x	x	x
40	4-stroke	1298	x	x	x

Tabelle 8: Gemessene Zyklen für die im Rahmen der Validierung Step 2 des WMTC gemessenen Fahrzeuge

3. Motorräder

3.1. Fahrverhalten von Motorrädern, Einschränkungen bei der Reproduktion auf dem Rollenprüfstand

Die Analysen hinsichtlich des Fahrverhaltens von Motorrädern lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Bei gleichen Verkehrssituationen werden Motorräder mit höheren Geschwindigkeiten betrieben als Pkw (Bild 1).
- Bei gleicher Geschwindigkeit werden Motorräder stärker beschleunigt als Pkw, vor allem beim Anfahren und beim Übergang von Innerorts zu Außerorts (Bild 2). Dies ist dadurch zu erklären, dass Motorräder in der Regel ein höheres Leistungsgewicht (Nennleistung/(Leermasse+75 kg) aufweisen, denn ähnlich wie bei den Pkw steigt die Beschleunigung (bei gegebener Geschwindigkeit) mit zunehmendem Leistungsgewicht an.
- Bei Motorrädern zeigt sich eine erhebliche Bandbreite im Fahrverhalten, die auf individuellen Fahrereinfluss beruht. Dies gilt für das Geschwindigkeitsverhalten (Bild 3) und die Beschleunigungen (Bild 4), aber auch für die Motordrehzahlen (Bild 5).

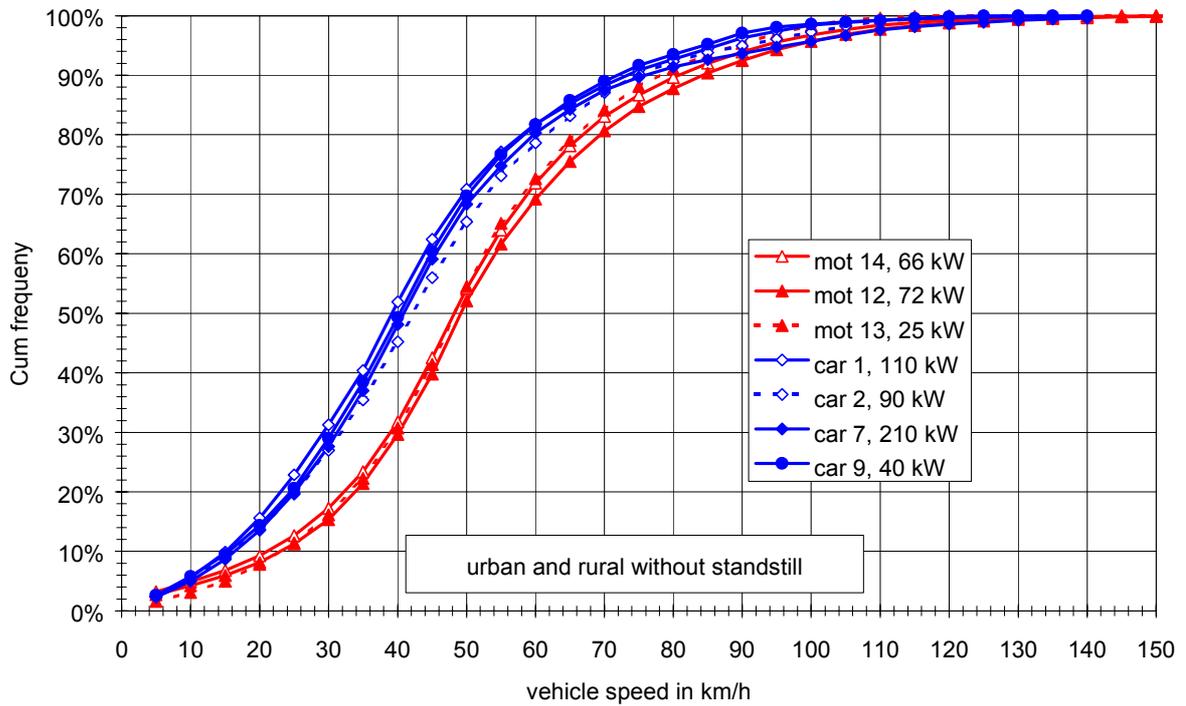


Bild 1: Geschwindigkeitsverteilungen von Pkw und Motorrädern im realen Verkehr

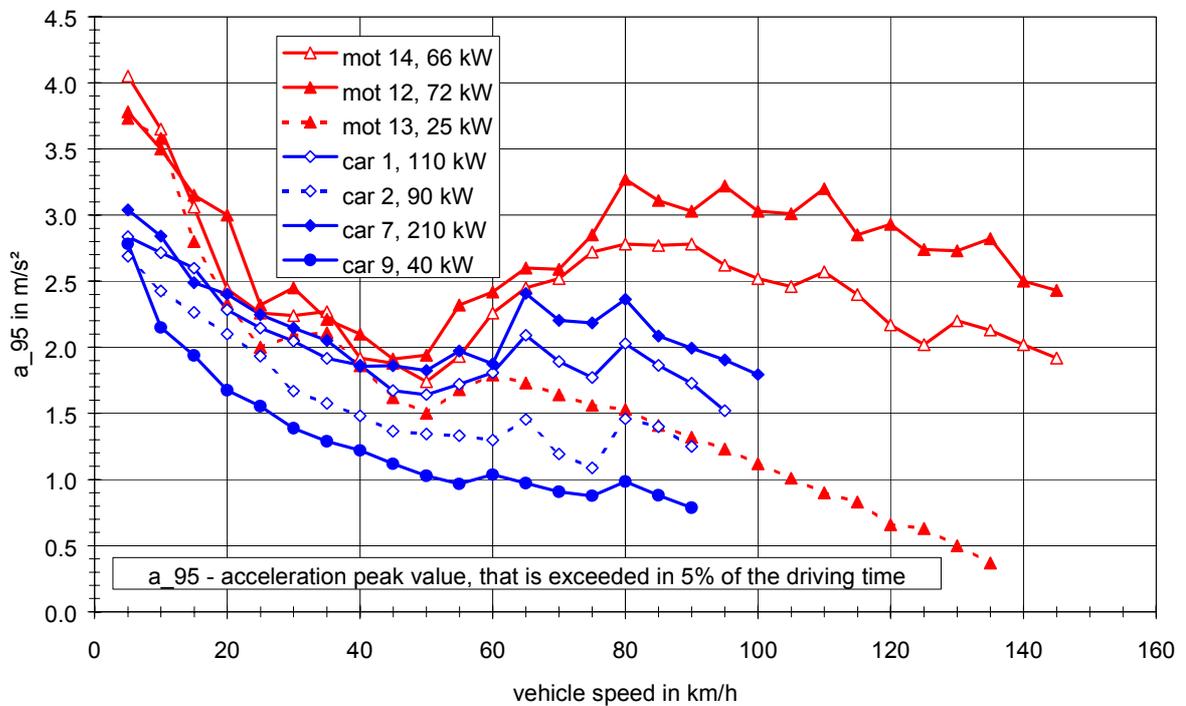


Bild 2: Beschleunigungsspitzenwerte von Pkw und Motorrädern im realen Verkehr in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit (Innerorts und Außerorts)

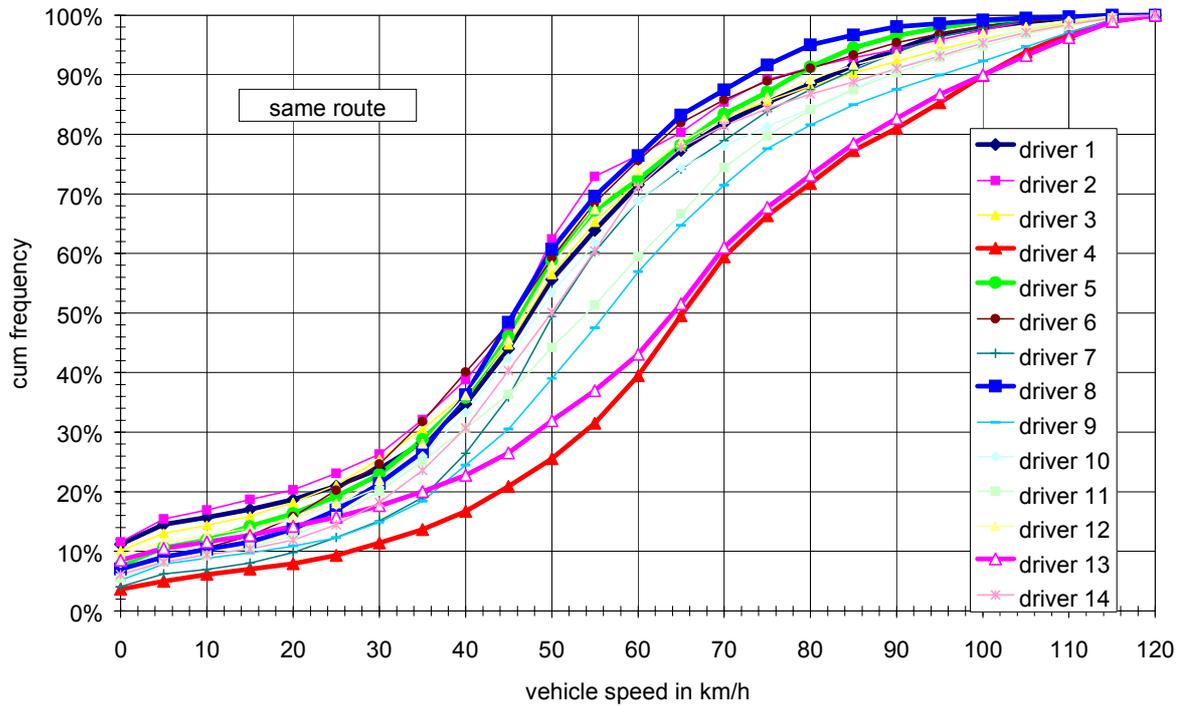


Bild 3: Geschwindigkeitsverteilungen unterschiedlicher Fahrer

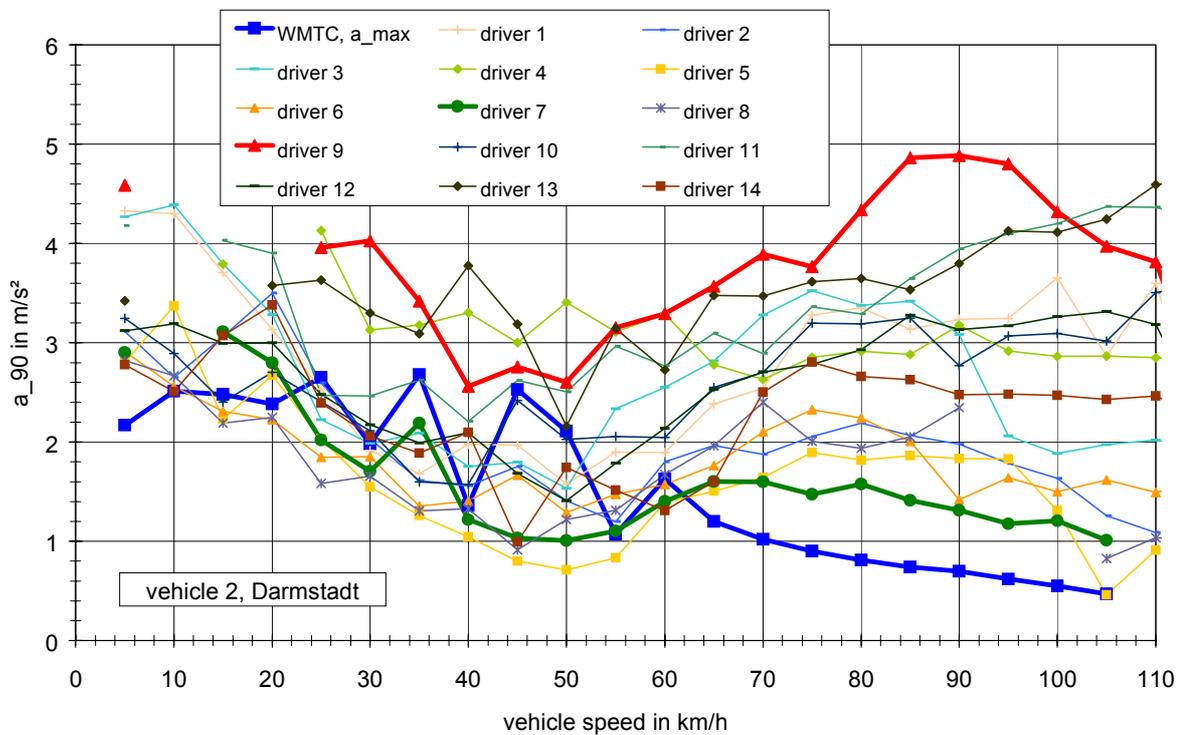


Bild 4: Individual driving behaviour influence on acceleration

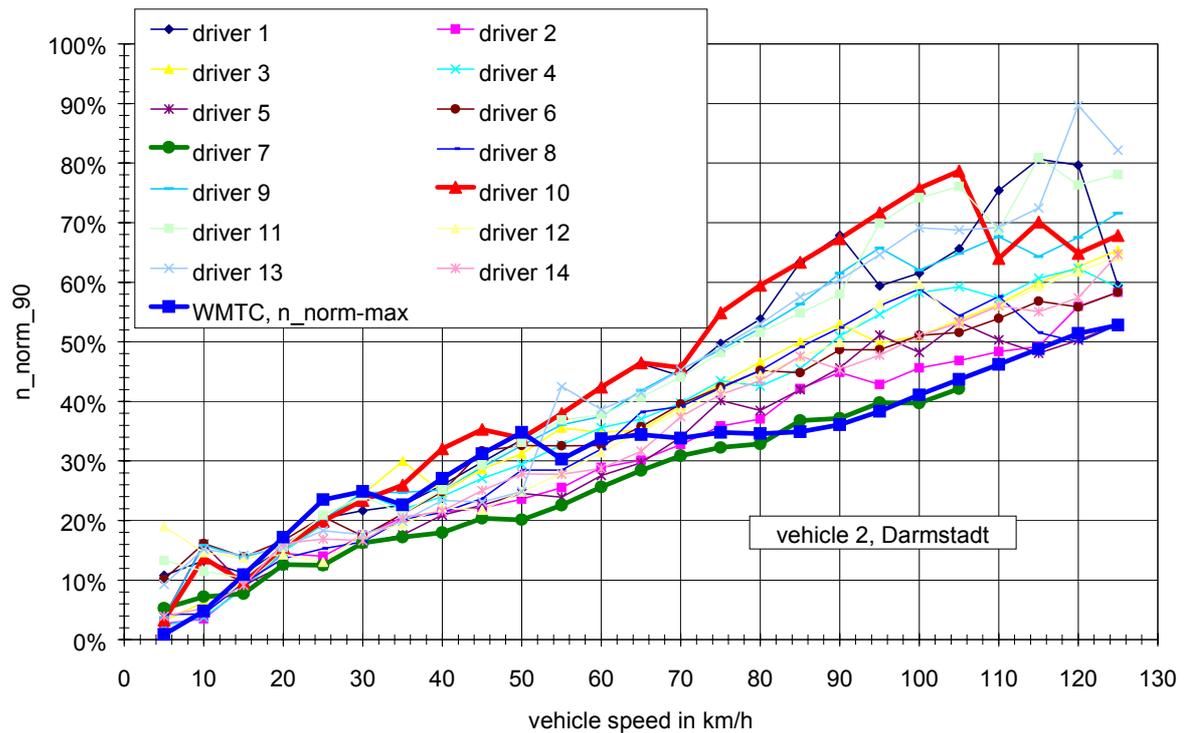


Bild 5: Individual driving behaviour influence on engine speed

Die bei den Untersuchungen zum Fahrverhalten der Motorräder gemessenen realen Geschwindigkeitsverläufe können jedoch auf dem Rollenprüfstand nur für sehr leistungsschwache Typen reproduziert werden. Für leistungsstarke Typen sind die Leistungen, die von der Rolle maximal aufgebracht werden können, viel zu niedrig. Die Beschleunigungen werden auf der Rolle zudem durch Reifenschlupf begrenzt.

Der WMTC, der ja reales Fahrverhalten reproduzieren soll, wurde im Laufe seiner Entwicklung mehrmals hinsichtlich der Beschleunigungen und der Beschleunigungsänderungen „entschärft“, um die Fahrbarkeit auf der Rolle zu gewährleisten. Darüber hinaus stellt der WMTC ohnehin einen Kompromiss dar, da auch leistungsschwache Fahrzeuge dem Geschwindigkeitsverlauf folgen können sollen.

Daraus folgt, dass Schadstoffemissionen für leistungsstarke Fahrzeuge praktisch nur für moderate Fahrweise vorliegen.

3.2. Analysen und Ergebnisse

3.2.1. Vorgehensweise bei der Auswertung, Ergebnisbeispiele

Es wurde bereits dargestellt, dass die Datenlage für die aus den 3 Untersuchungen zur Verfügung stehenden Messergebnisse sehr uneinheitlich ist und dass der derzeitige Typprüf-Zyklus praktisch das einzige Bindeglied ist. Die Analyse der Ergebnisse lässt jedoch erkennen, dass es höchst problematisch ist, von den Ergebnissen des Typprüf-Zyklus auf die E-

missionen in realen Verkehrssituationen zu schließen, da das Emissionsverhalten häufig auf diesen Zyklus optimiert worden ist.

Es liegen somit auch keine Messergebnisse vor, aus denen Emissionen für die in Tabelle 2 dargestellten Fahrmuster durch Linearkombination bestimmt werden können. Andererseits war es auch nicht möglich, aus den vorliegenden Modaldaten Emissionsfunktionen abzuleiten, weder in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Beschleunigung, noch in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Motorbelastung und insbesondere nicht für Fahrzeuge mit 3-Wege-Katalysator. Dennoch zeigten sich bei den meisten Fahrzeugen Abhängigkeiten der Emissionen von der mittleren Geschwindigkeit für Teilzyklen, wenn diese ausreichend lang gewählt wurden, um den Einfluss der Zeitverschiebung zwischen Betriebszustand und Probenahmestelle vernachlässigbar werden zu lassen. Dies ist bei Teilzyklen von 3 Minuten oder mehr gewährleistet.

Daher wurde bei der Analyse der Messergebnisse wie folgt vorgegangen:

Für die Fahrzeuge, für die Modaldaten vorliegen, wurden alle verfügbaren Zyklen in Teilzyklen aufgesplittet, wobei Stillstandszeiten als eigene Zykleteile zusätzlich separat betrachtet wurden. Diese Aufspaltung macht nur Sinn, wenn mindestens 2 verschiedene mittlere Geschwindigkeiten größer Null zustande kommen. Also kamen hier eigentlich nur der NEDC und der WMTC in Betracht. Der NEDC wurde in seine Grundzyklen (4mal Stadt je 195 Sekunden, mittl. Geschwindigkeit etwa 18 km/h, 1mal Außerorts 400 Sekunden, mittl. Geschwindigkeit etwa 61,5 km/h) aufgeteilt; zusätzlich wurden die Emissionen bei 120 km/h separiert. Der WMTC wurde in Teilstücke zu je 300 Sekunden zerlegt, so dass 6 Teilstücke mit mittl. Geschwindigkeiten von 25 km/h, 23,5 km/h, 55,5 km/h, 53,5 km/h, 83 km/h und 106 km/h entstanden. Da beide Zyklen mit Kaltstart gefahren wurden, wurden beim NEDC die ersten beiden Stadtzyklen und beim WMTC das erste 300 s Teilstück nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse von Wiederholungsfahrten wurden nicht gemittelt, um die Wiederholstreuung beurteilen zu können. Aus diesen Grunde wurde eine entsprechende Aufteilung auch für den ECE R 40 vorgenommen. Für die einzelnen Teilstücke sowie die Stillstandsphasen wurden dann die Emissionen in g/h über der Durchschnittsgeschwindigkeit dargestellt. In Bild 6 bis Bild 29 sind Beispiele für 7 verschiedene Fahrzeuge mit Katalysator dargestellt.

Die Ergebnisse auch der anderen Fahrzeuge lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Für CO₂ und NO_x zeigt sich bei allen Fahrzeugen der erwartete Verlauf (überproportionaler Anstieg der Emissionen mit der Fahrzeuggeschwindigkeit), wobei allerdings bei NO_x stärkere Streuungen auftreten können.

Für HC und CO zeigen sich im allgemeinen stärkere Streuungen, auch bei Wiederholungsmessungen; darüber hinaus ist das Geschwindigkeitsverhalten bei Kat-Fahrzeugen stärker durch die Regelcharakteristika der Katalysatoren bestimmt. Während bei Fahrzeugen ohne Katalysatoren die Emissionen in g/h im allgemeinen ansteigen, können bei Kat-Fahrzeugen auch Maxima im Bereich mittlerer Geschwindigkeiten auftreten. Der realitätsnähere WMTC zeigt deutlich größere Wiederholstreuungen als NEDC/ECE R 40.

In den o.g. Bildern sind auch Approximationsfunktionen über der Geschwindigkeit dargestellt. Hierzu ist anzumerken, dass Extrapolationen weit über 120 km/h hinaus nicht verwendet werden sollten, da sie zu zweifelhaften Ergebnissen führen können. Für Geschwindigkeiten bis 140 km/h ergeben die Extrapolationen jedoch keine großen Unstimmigkeiten, so dass der Geschwindigkeitsbereich der Fahrmuster der Tabelle 2 abgedeckt ist.

Bei einigen Fahrzeugen wurde der WMTC mit unterschiedlichen Schaltdrehzahlen (WMTC und WMTC, high revs) gefahren. Dies muss nicht in jedem Fall zu Unterschieden in den Emissionen führen.

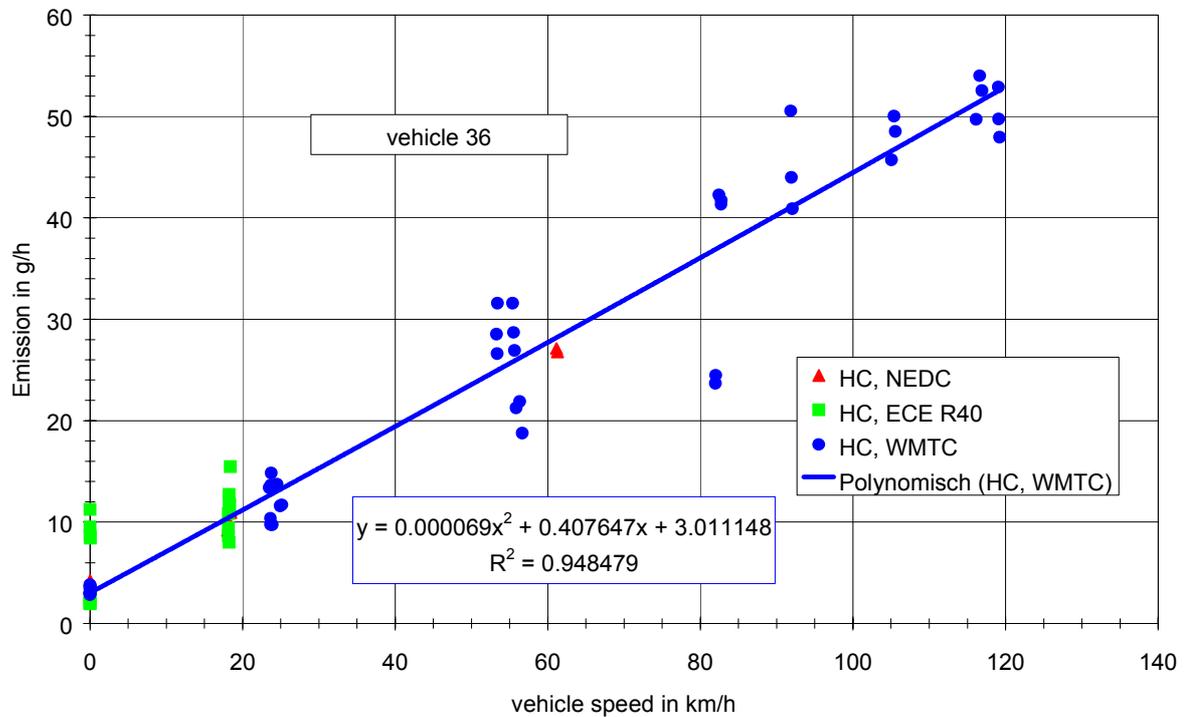


Bild 6: HC Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für einen 250 cm³ Motorroller mit Oxikat

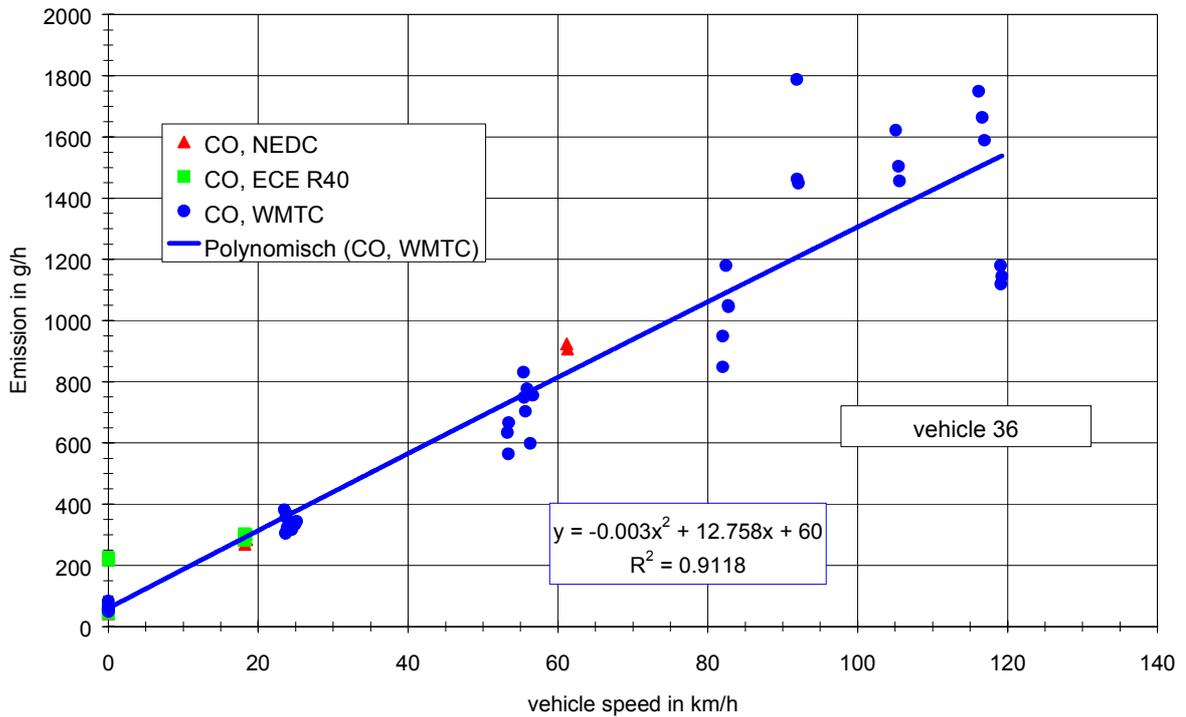


Bild 7: CO Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für einen 250 cm³ Motorroller mit Oxikat

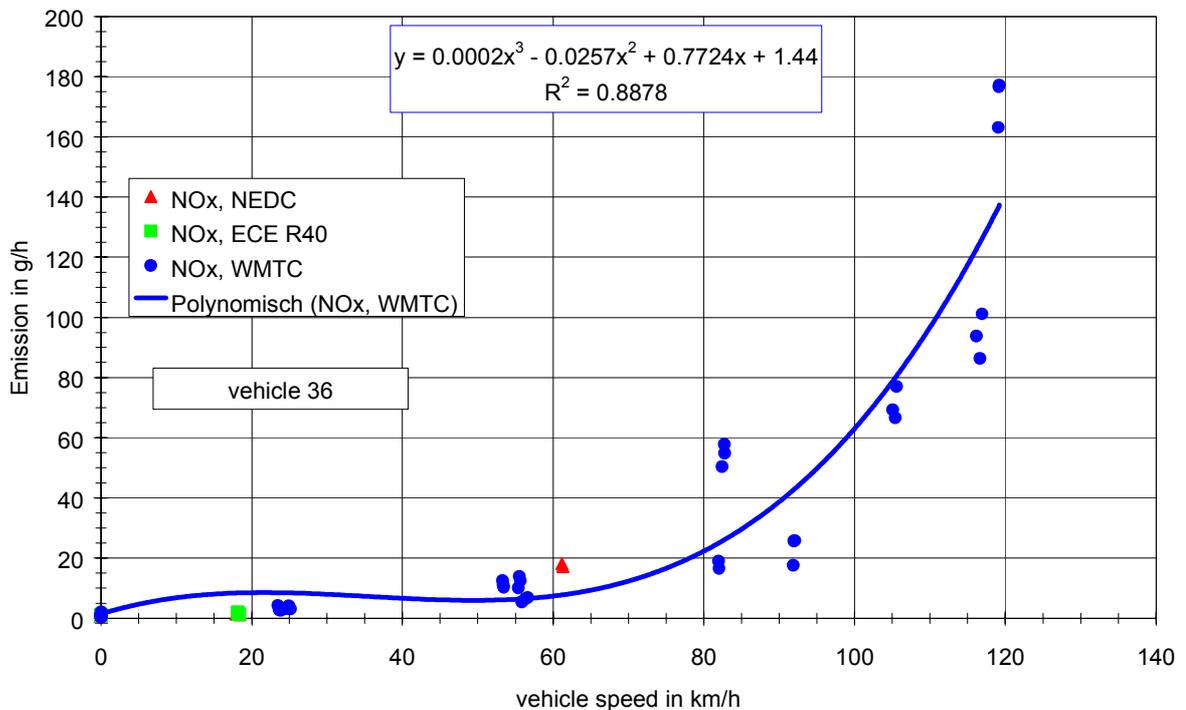


Bild 8: NOx Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für einen 250 cm³ Motorroller mit Oxikat

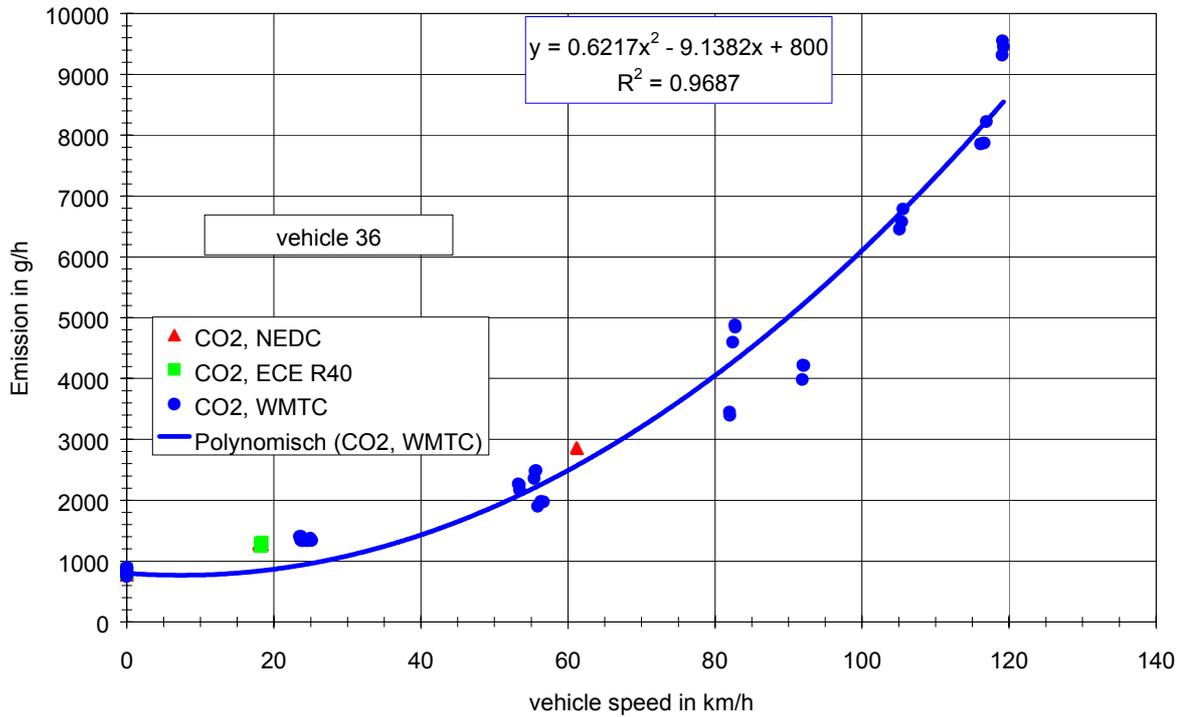


Bild 9: CO2 Emissionen (Messwerte im Abgas) in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für einen 250 cm³ Motorroller mit Oxikat

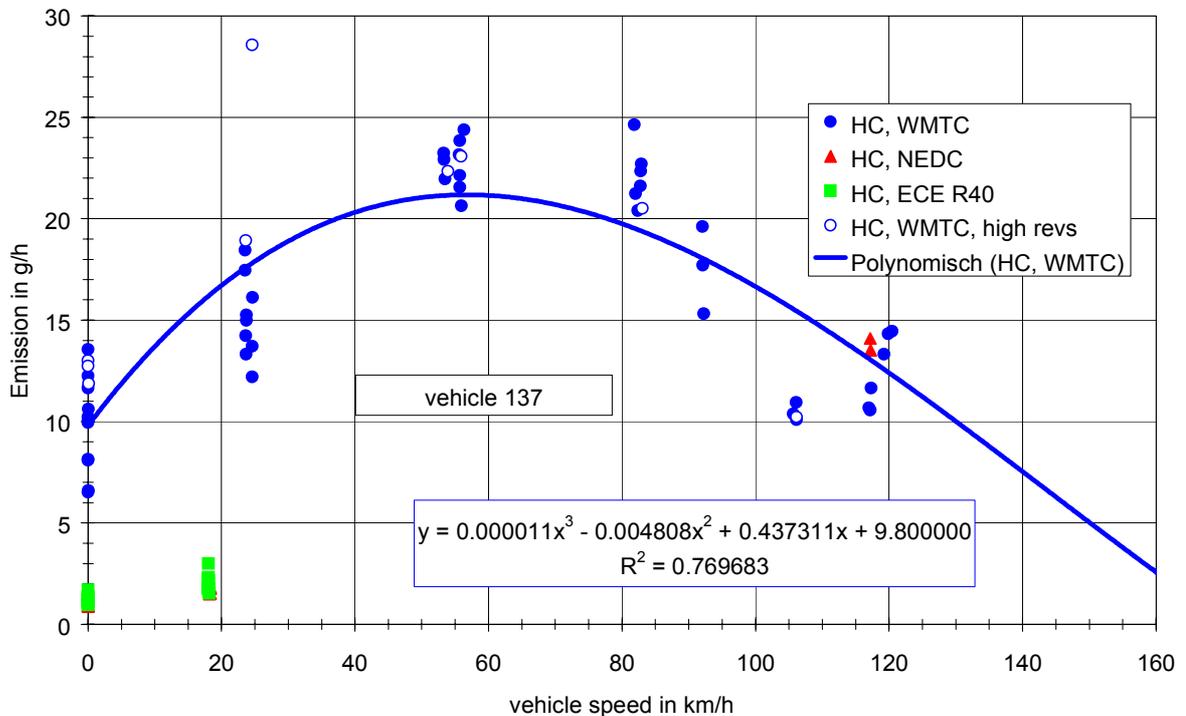


Bild 10: HC Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 650 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat ohne Zykluserkennung

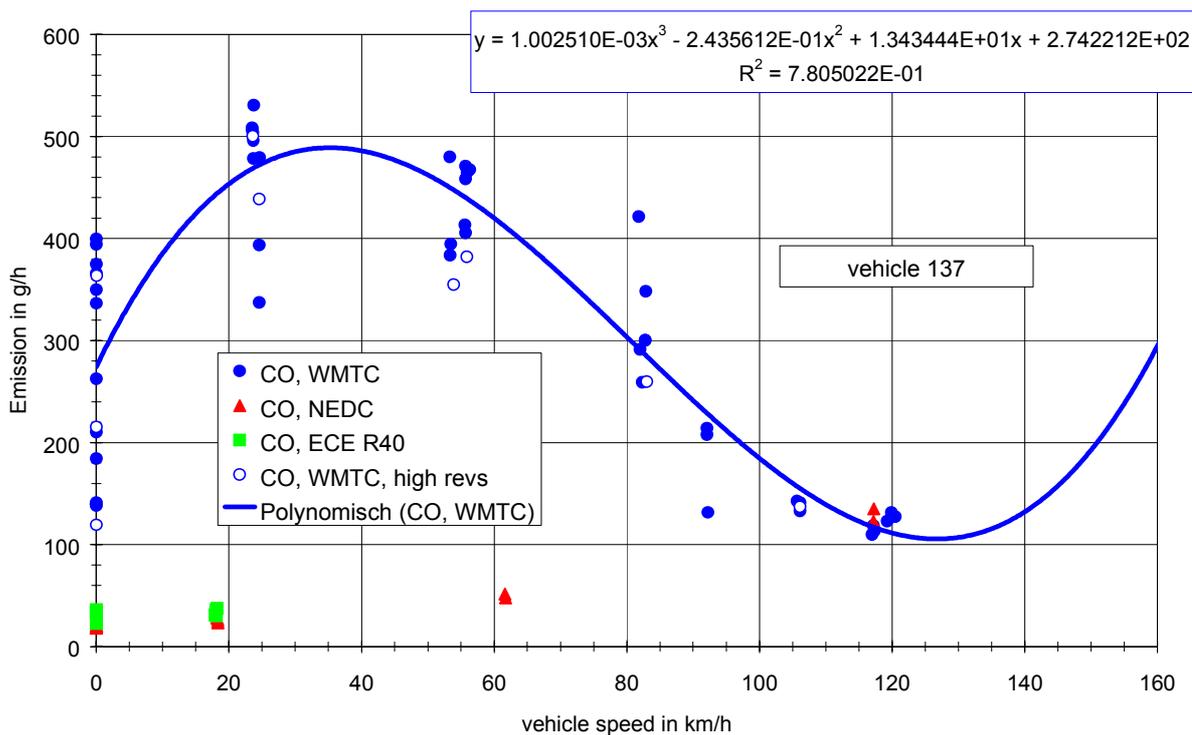


Bild 11: CO Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 650 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

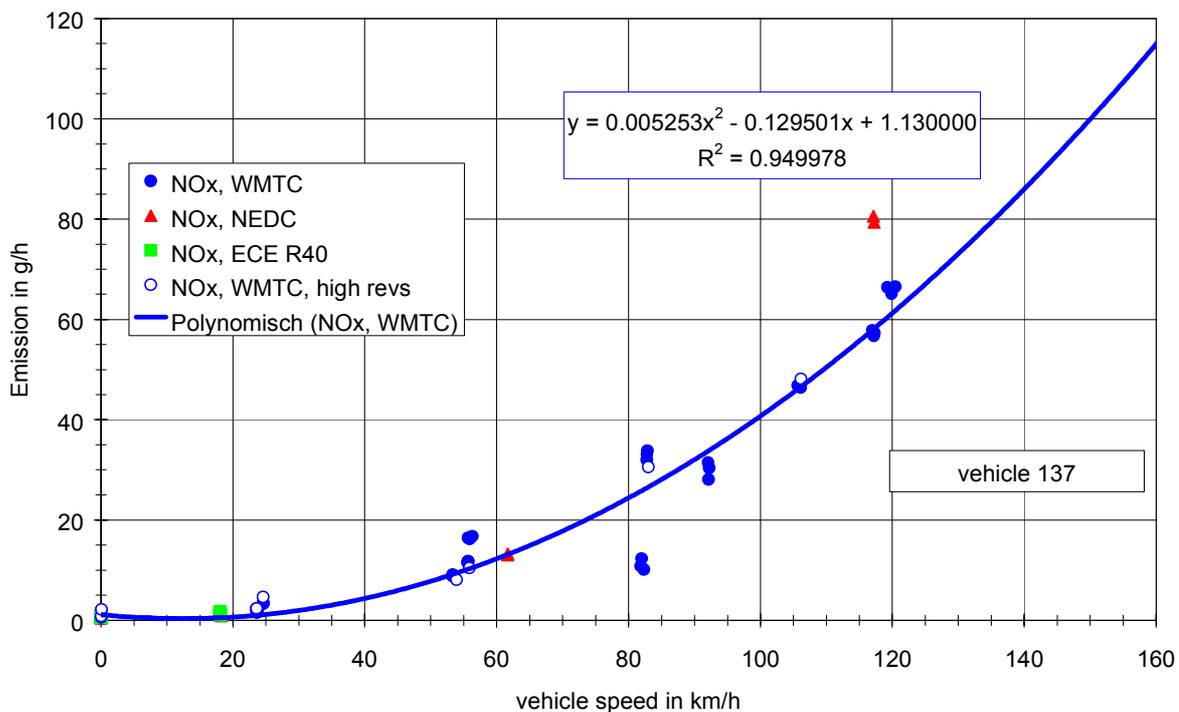


Bild 12: NOx Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 650 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

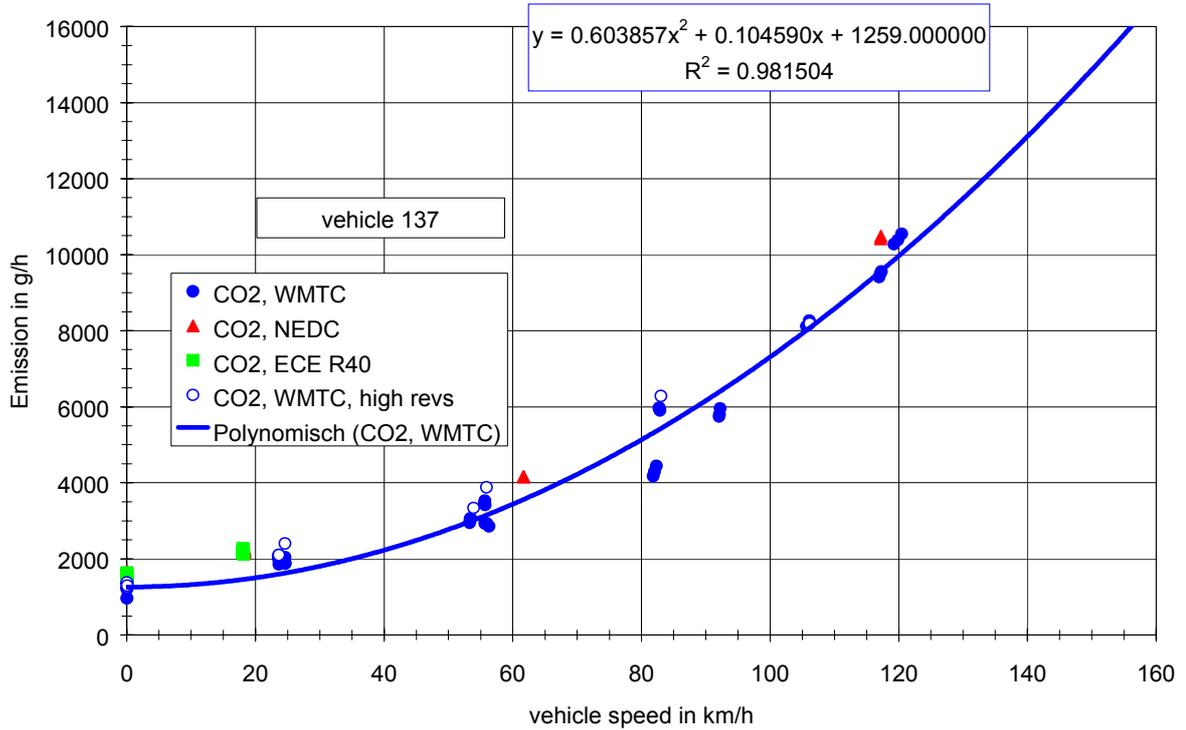


Bild 13: CO2 Emissionen (Messwerte im Abgas) in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 650 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

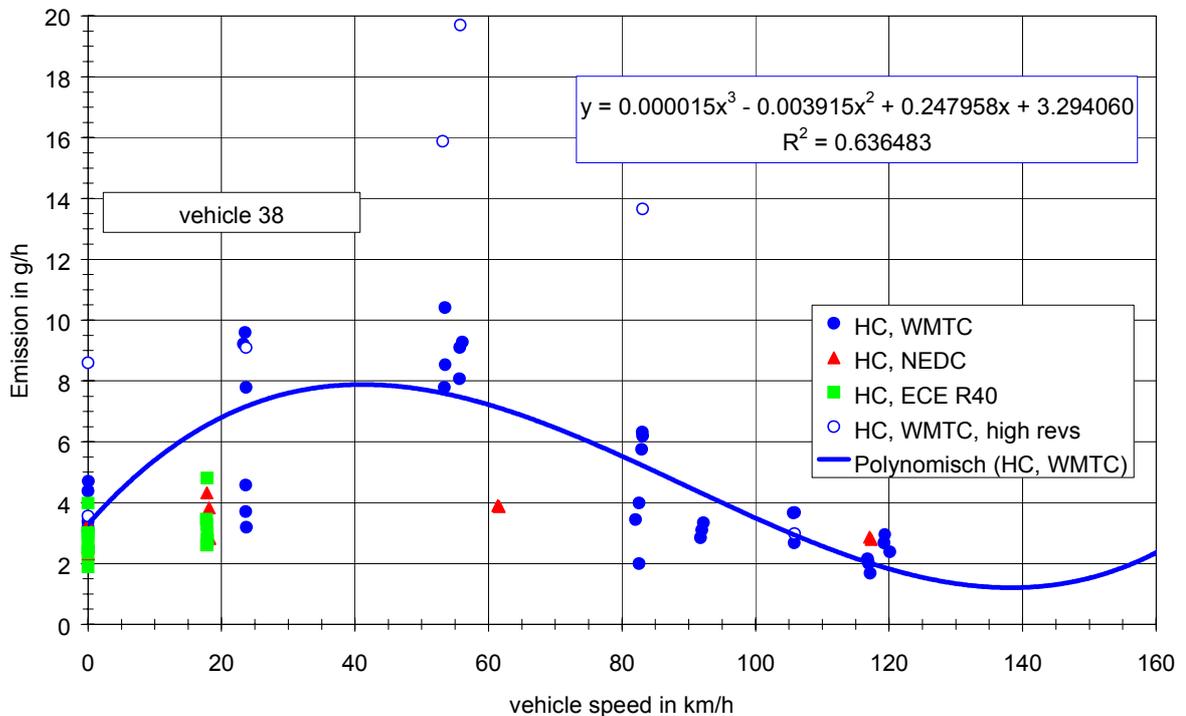


Bild 14: HC Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1200 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

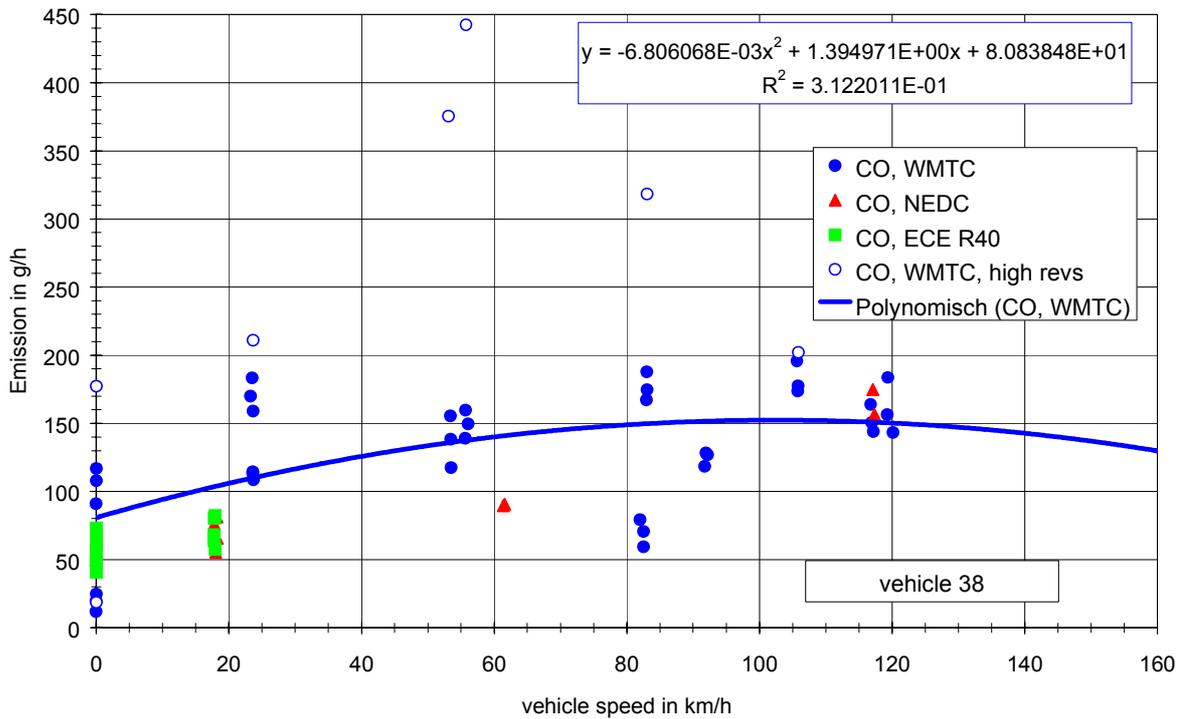


Bild 15: CO Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1200 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

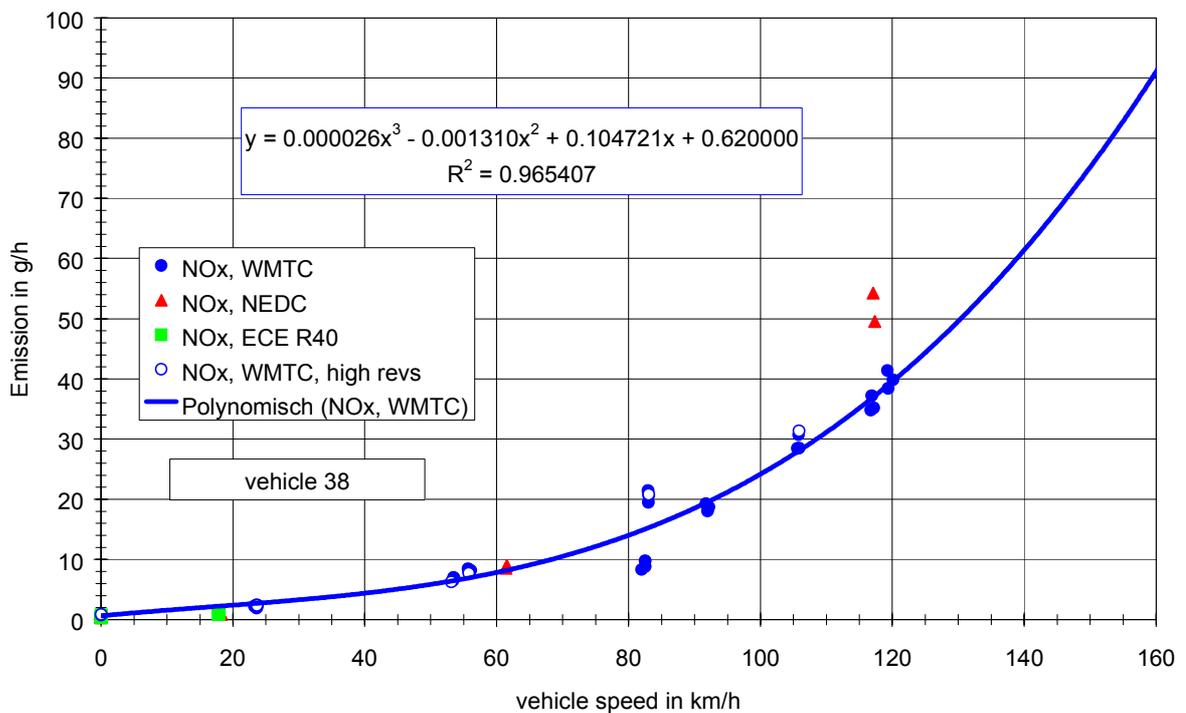


Bild 16: NOx Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1200 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

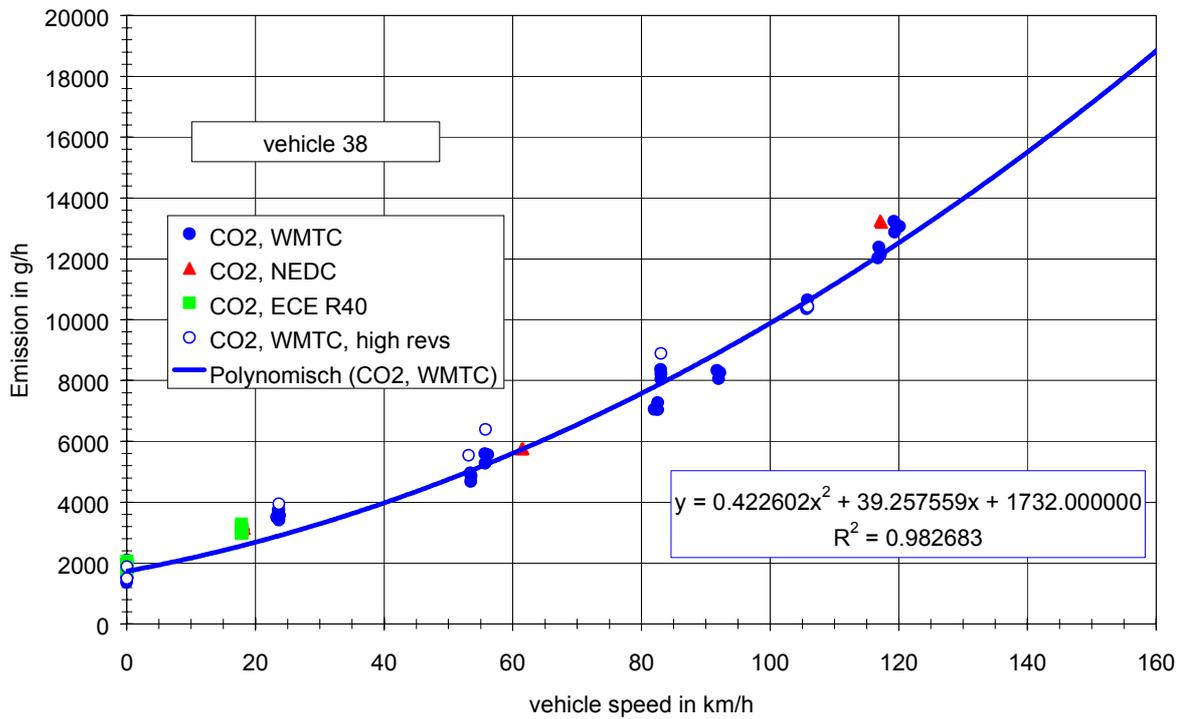


Bild 17: CO2 Emissionen (Messwerte im Abgas) in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1200 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

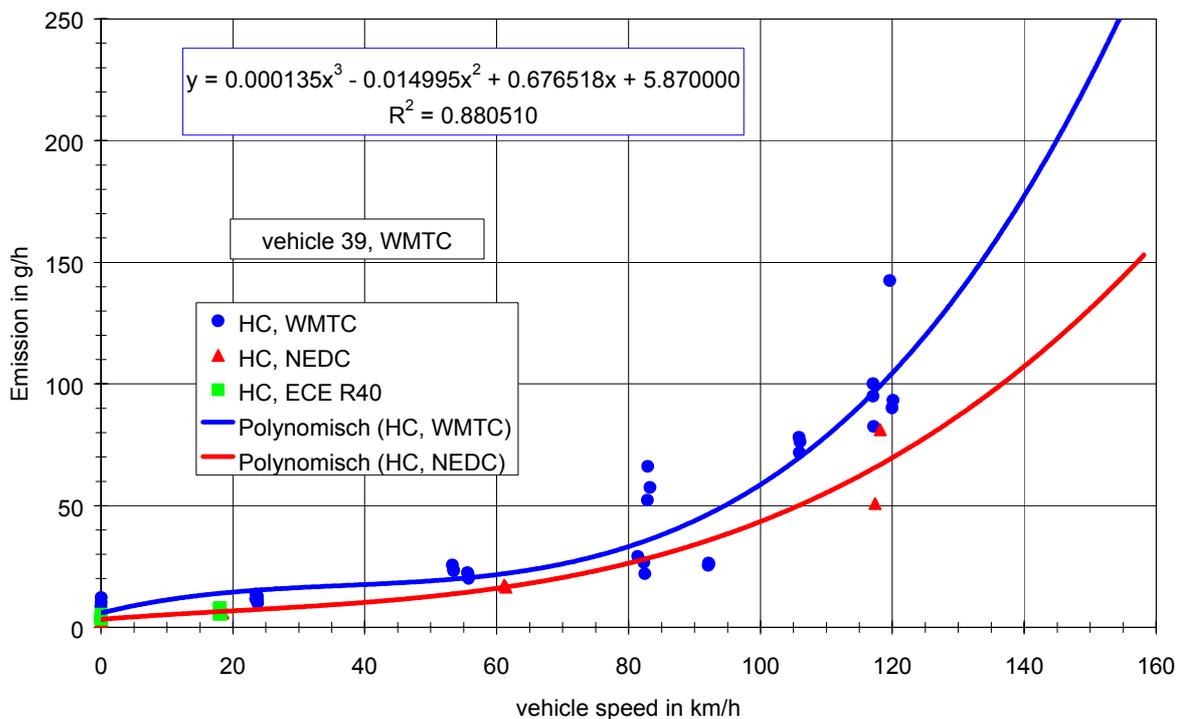


Bild 18: HC Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 600 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

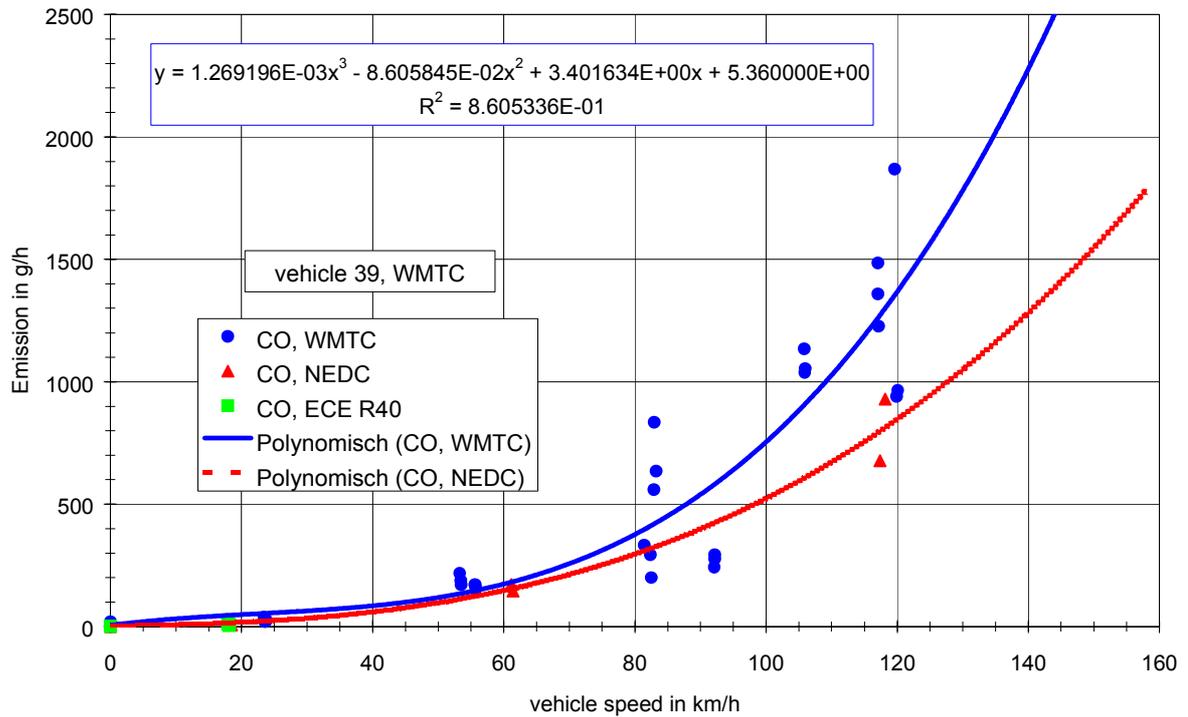


Bild 19: CO Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 600 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

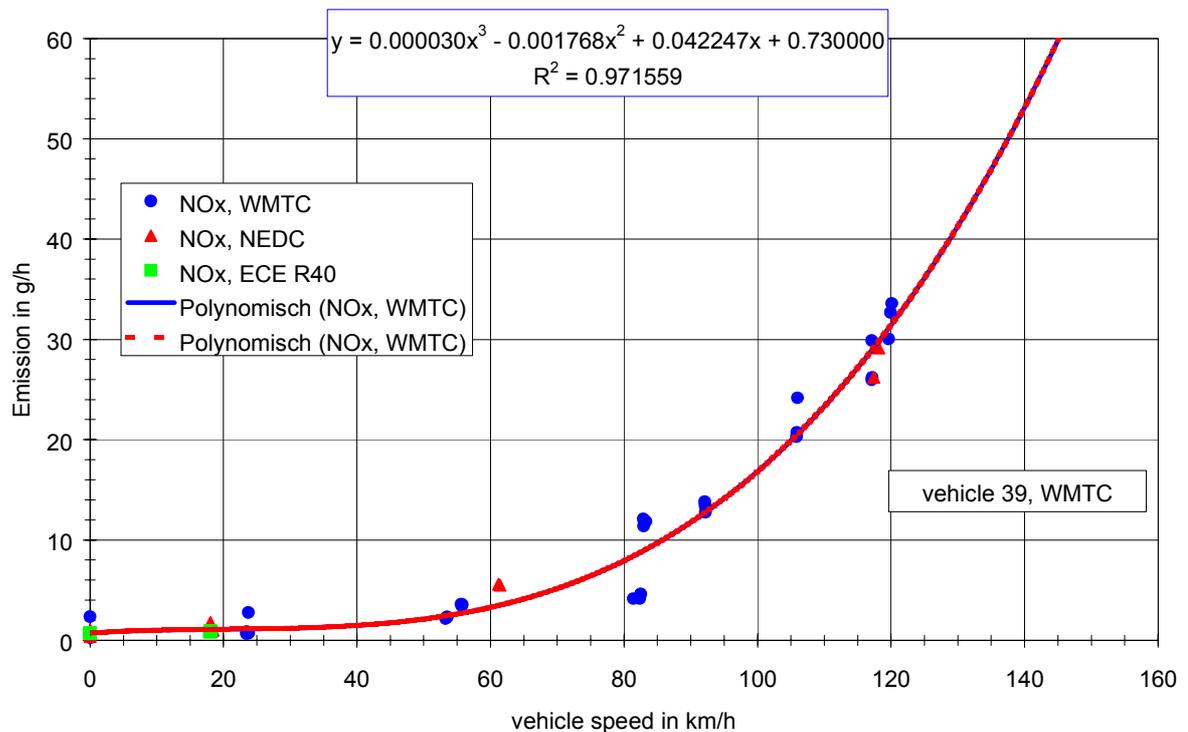


Bild 20: NOx Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 600 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

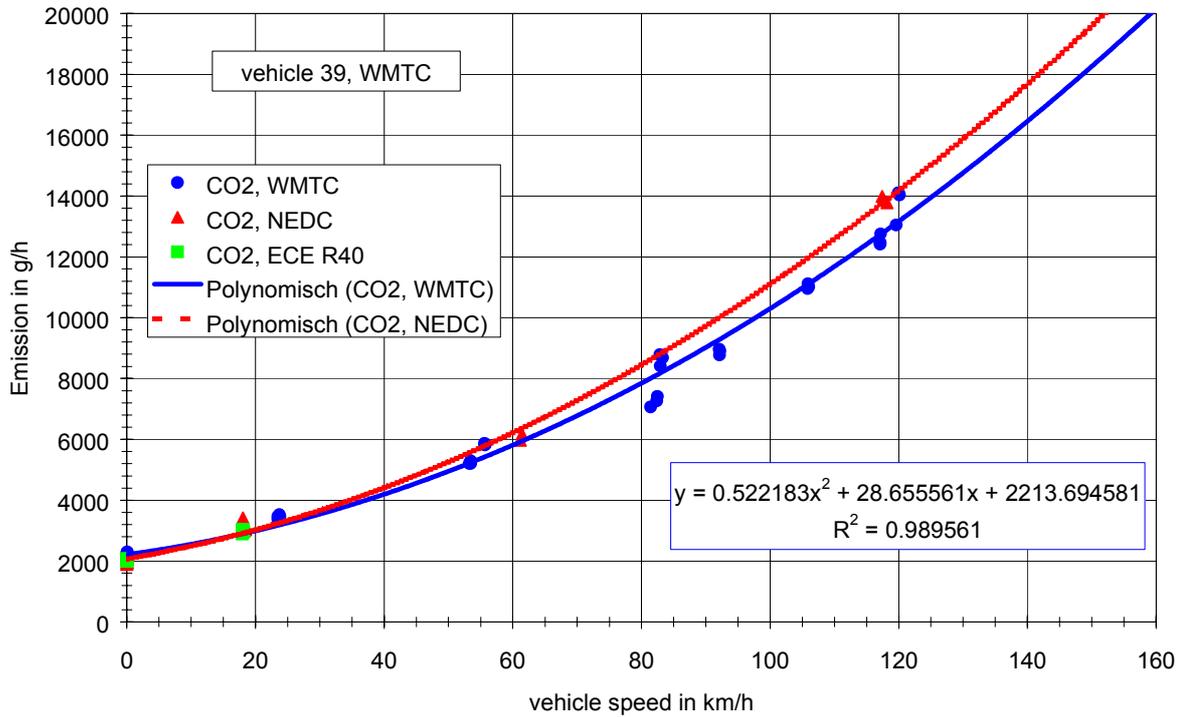


Bild 21: CO2 Emissionen (Messwerte im Abgas) in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 600 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

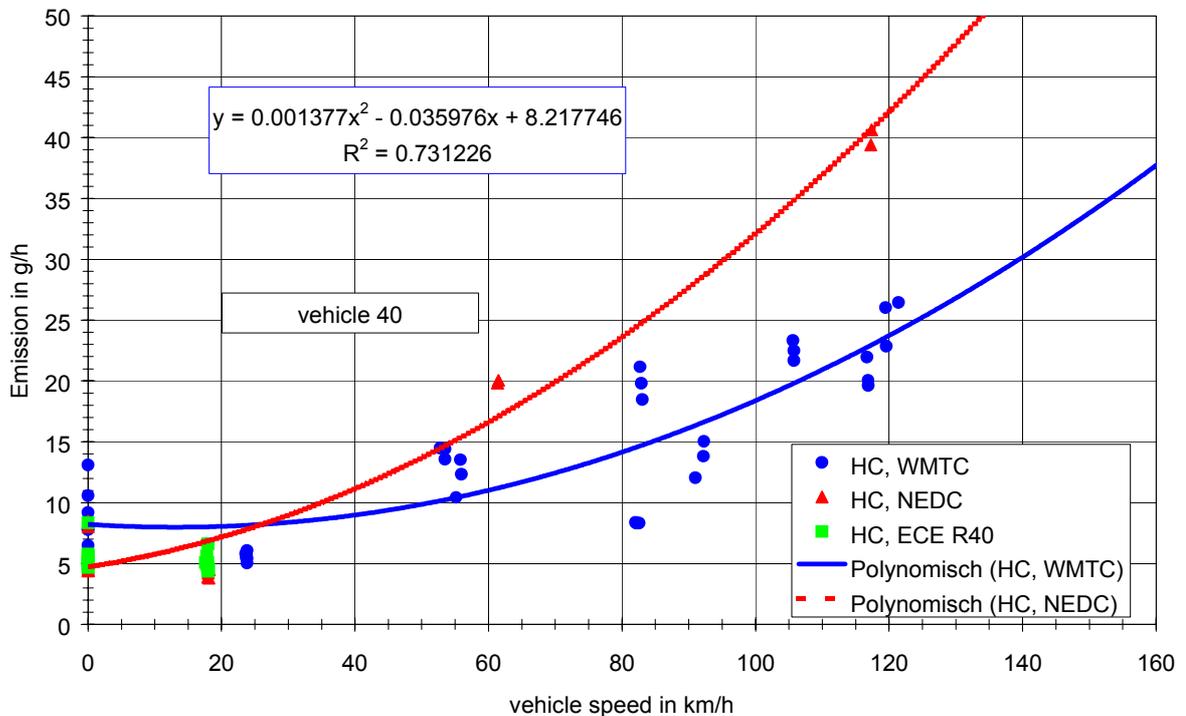


Bild 22: HC Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1300 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

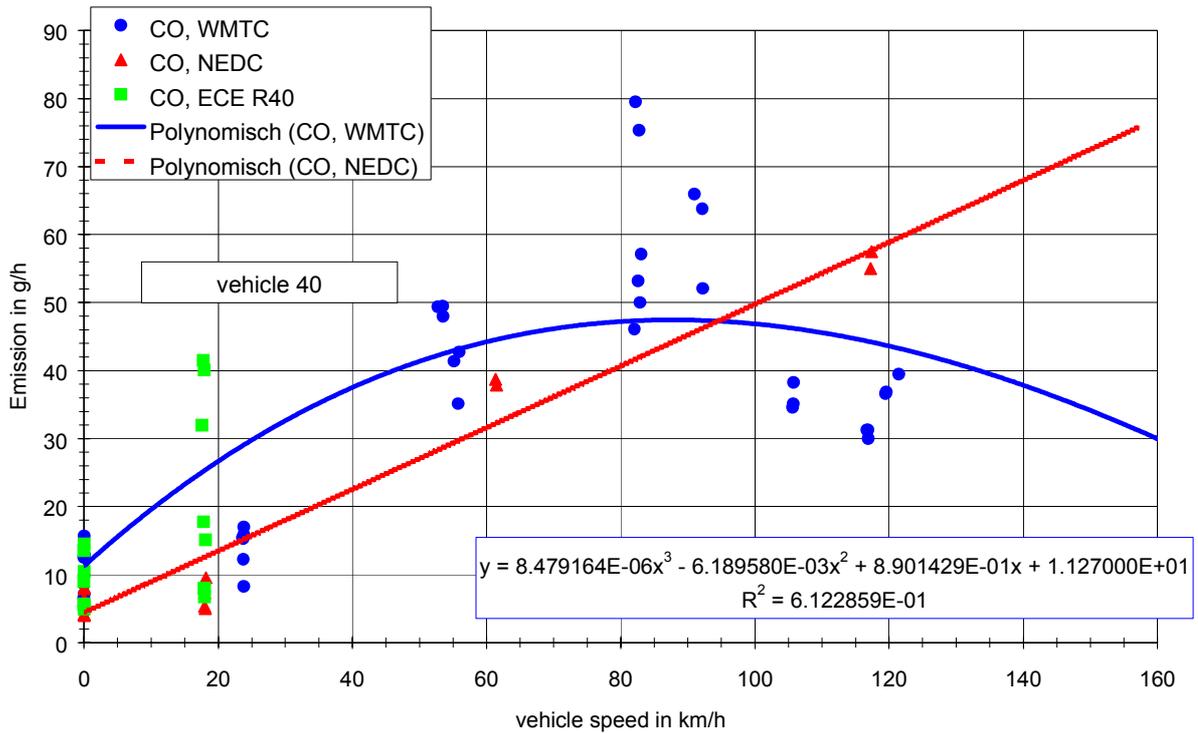


Bild 23: CO Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1300 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

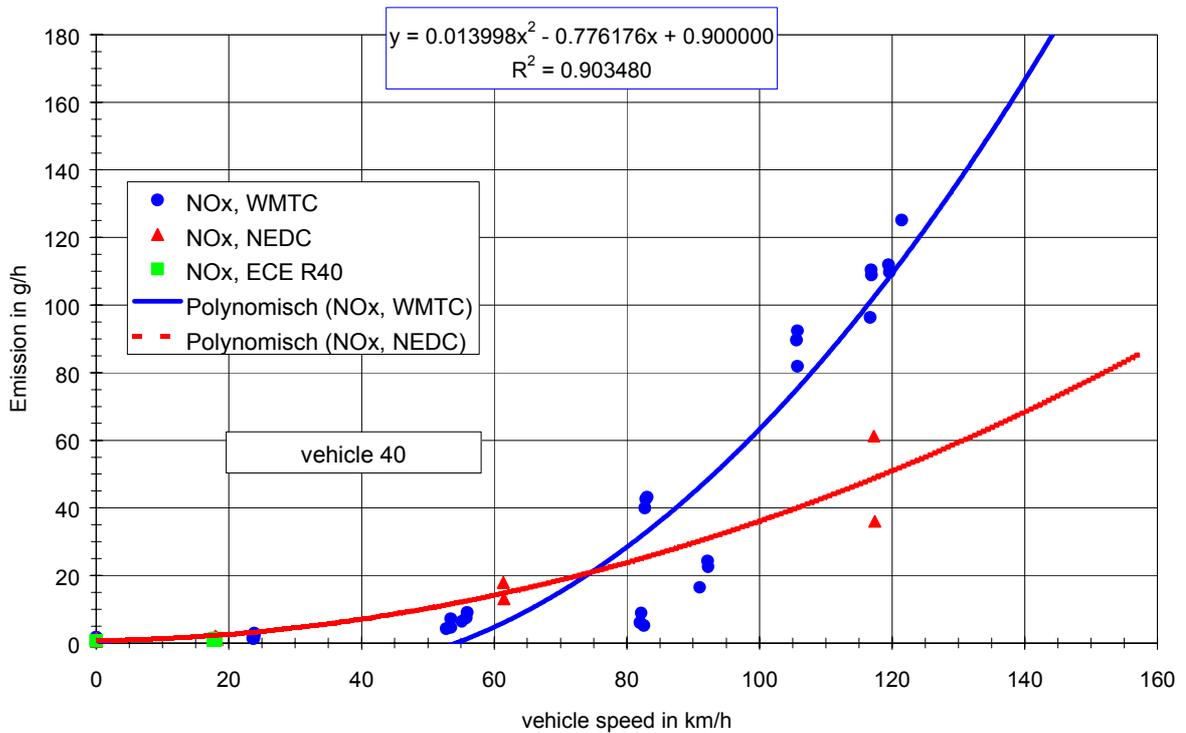


Bild 24: NOx Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1300 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

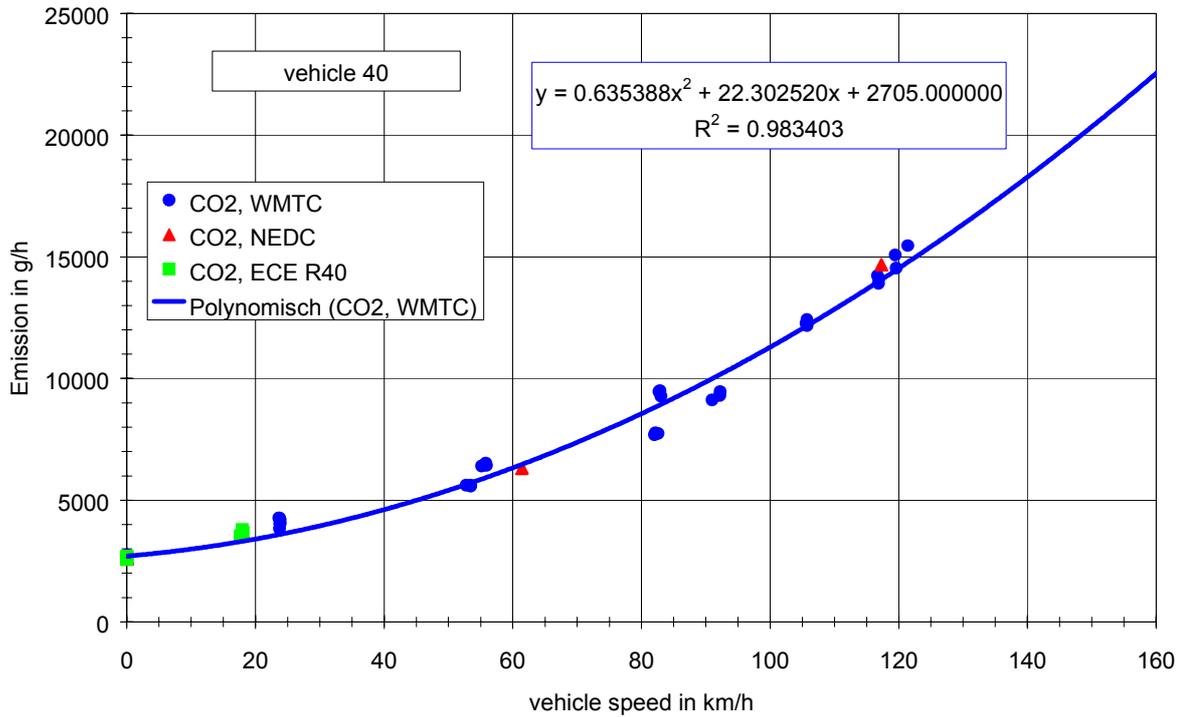


Bild 25: CO2 Emissionen (Messwerte im Abgas) in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1300 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat

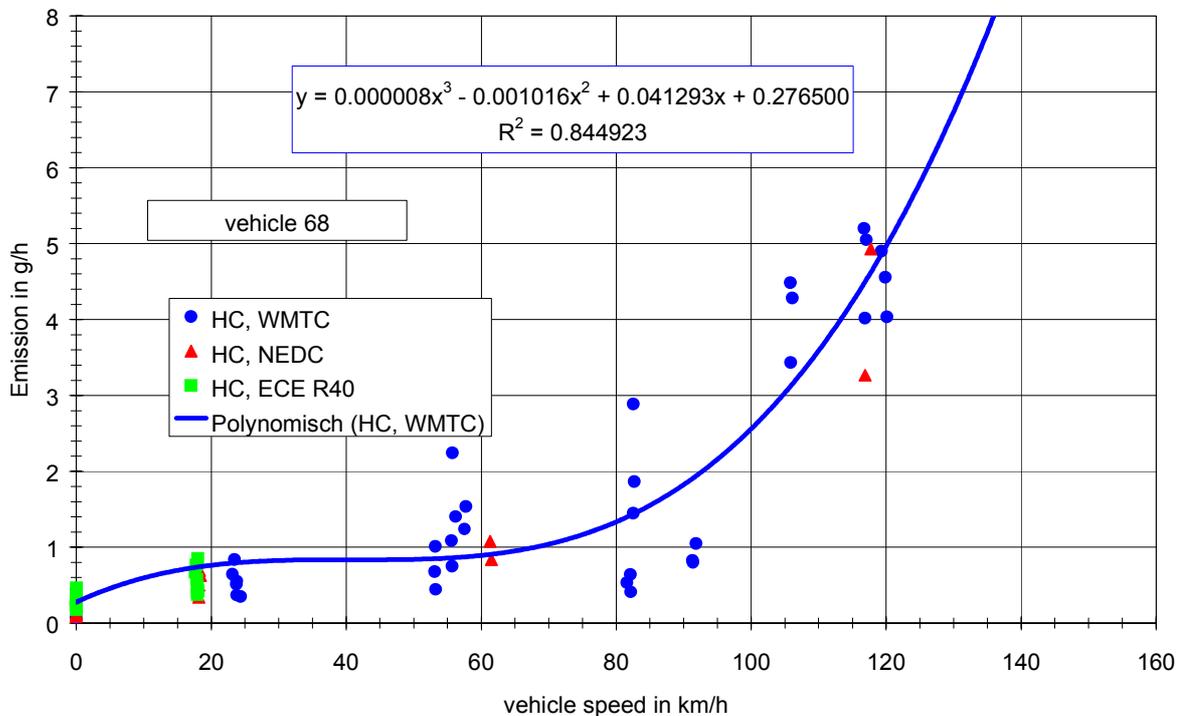


Bild 26: HC Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1100 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat und extrem niedrigem Emissionsniveau

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

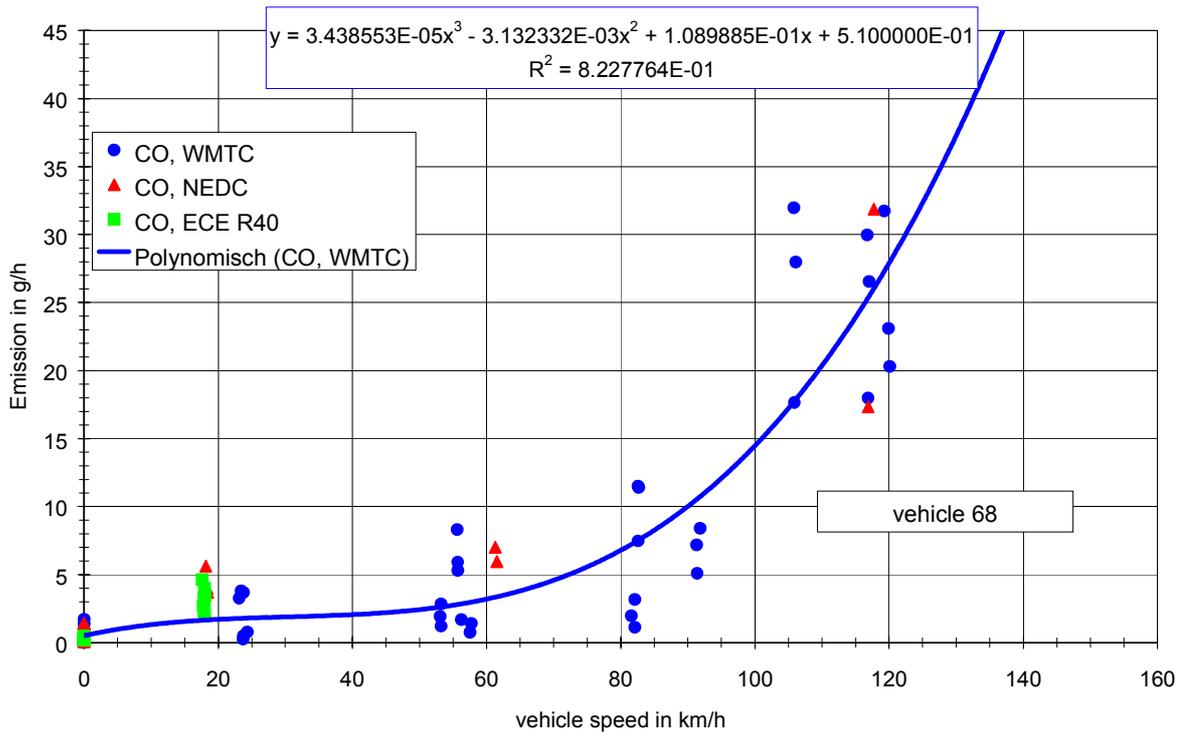


Bild 27: CO Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1100 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat und extrem niedrigem Emissionsniveau

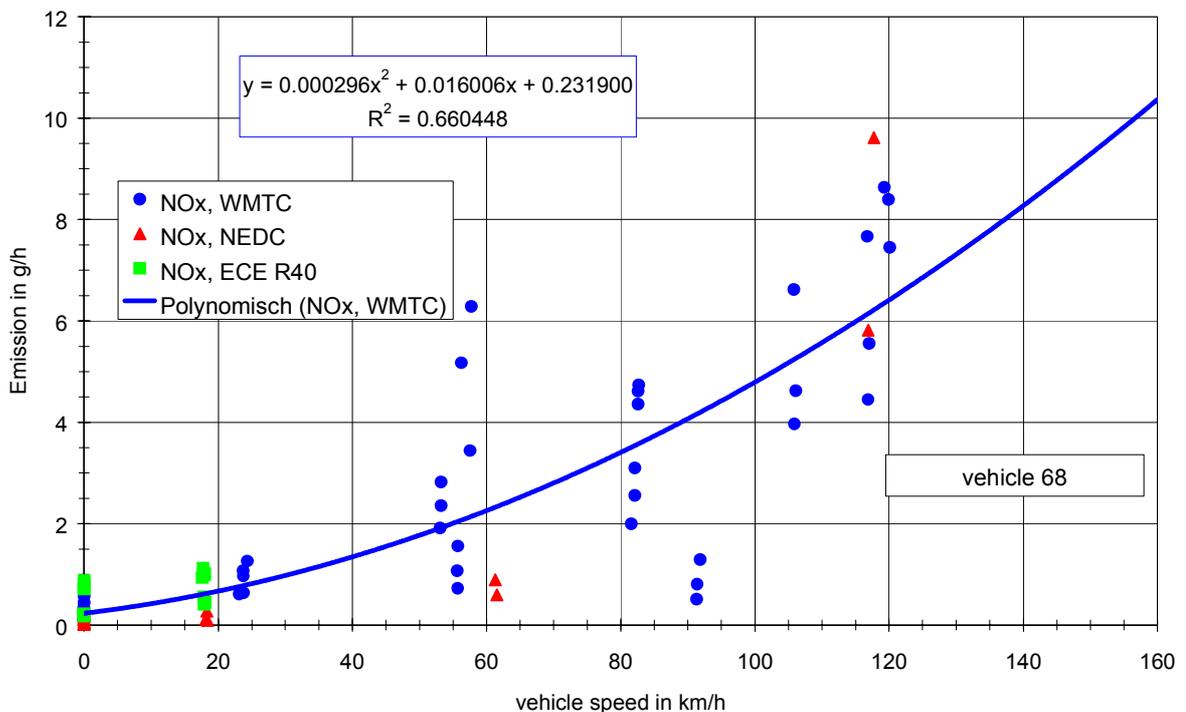


Bild 28: NOx Emissionen in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1100 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat und extrem niedrigem Emissionsniveau

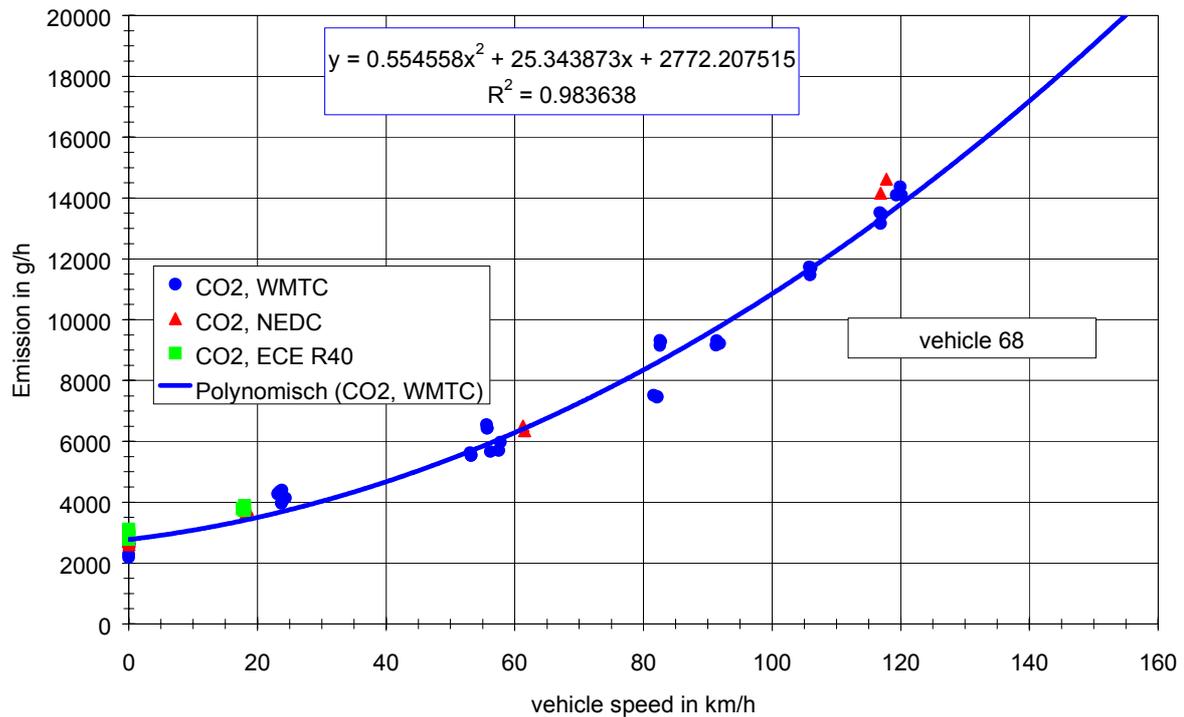


Bild 29: CO₂ Emissionen (Messwerte im Abgas) in Abhängigkeit von der Durchschnittsgeschwindigkeit für ein 1100 cm³ Motorrad mit 3-Wege-Kat und extrem niedrigem Emissionsniveau

3.2.2. Zusammenstellung der Ergebnisse, Festlegung von Fahrzeugschichten

In einem weiteren Schritt wurden die Ergebnisse durch Polynome bis zu 3. Grades approximiert und durch Division durch die Geschwindigkeit auf g/km bezogen. Diese Kurven wurden dann über der Geschwindigkeit vergleichend gegenübergestellt. Die Ergebnisse sind in Bild 30 bis Bild 37 zusammengestellt.

Parallel dazu wurde die Ergebnisse nach ECE R40 für alle Fahrzeuge - auch die, für die keine modalen Ergebnisse vorliegen, - entsprechend den für sie geltenden gesetzlichen Regelungen sowie ihrer Schadstoffminderungsmaßnahmen in folgenden Schichten zusammengefasst:

- ECE R 40/01, > 250 cm³, no
- ECE R 40, ≤ 150 cm³, 2str, no
- ECE R 40, ≤ 150 cm³, 2str, oxicat
- ECE R 40, ≤ 250 cm³, 2str, oxicat
- ECE R 40, > 250 cm³, 3WC
- ECE R 40, ≤ 150 cm³, 4str, no
- ECE R 40, ≤ 250 cm³, 4str, no

- ECE R 40, > 250 cm³, 4str, no
- ECE R 40, > 250 cm³, 4str, oxicat
- EU 97/24, <= 150 cm³, 2str, no
- EU 97/24, <= 250 cm³, 2str, no
- EU 97/24, <= 150 cm³, 2str, oxicat
- EU 97/24, <= 150 cm³, 4str, 3WC
- EU 97/24, > 250 cm³, 4str, 3WC
- EU 97/24, <= 150 cm³, 4str, air inj.
- EU 97/24, >250 cm³, 4str, air inj.
- EU 97/24, <= 150 cm³, 4str, no
- EU 97/24, <= 250 cm³, 4str, no
- EU 97/24, > 250 cm³, 4str, no
- EU 97/24, <= 150 cm³, 4str, oxicat
- EU 97/24, <= 250 cm³, 4str, oxicat
- EU 97/24, > 250 cm³, 4str, oxicat

In Bild 39 bis Bild 42 sind die Ergebnisse dargestellt. Sie zeigen eher einen Zusammenhang mit den jeweiligen Abgasgrenzwertstufen als mit den technischen Minderungsmaßnahmen (z.B. G-kat). Daher wurde für das Handbuch-Update folgende Klassifizierung nach Grenzwertstufen vorgeschlagen:

- ECE R 40, <=150 cm³, 2-str
- ECE R 40, >150 up to 250 cm³, 2-str
- ECE R 40, <=150 cm³, 4-str
- ECE R 40, >150 up to 250 cm³, 4-str
- ECE R 40, > 250 cm³, 4-str
- EURO I, <=150 cm³, 2-str
- EURO I, >150 up to 250 cm³, 2-str
- EURO I, <= 150 cm³, 4-str
- EURO I, >150 up to 250 cm³, 4-str
- EURO I, > 250 cm³, 4-str
- EURO II, <=150 cm³, 2-str
- EURO II, >150 up to 250 cm³, 2-str
- EURO II, <= 150 cm³, 4-str
- EURO II, >150 up to 250 cm³, 4-str
- EURO II, > 250 cm³, 4-str
- EURO III, <=150 cm³, 2-str

- EURO III, >150 up to 250 cm³, 2-str
- EURO III, <=150 cm³, 4-str
- EURO III, >150 up to 250 cm³, 4-str
- EURO III, > 250 cm³, 4-str

Innerhalb dieser Schichten wurden die vorliegenden Ergebnisse nach ECE R40 gemittelt. Ein zweiter Mittelwert wurde für diejenigen Fahrzeuge aus der jeweiligen Schicht berechnet, für die modale Ergebnisse vorliegen. Für diese wurden dann die Approximationskurven gemittelt und mit dem Verhältnis des Mittelwertes der Gesamtschicht und der „modalen“ Teilschicht multipliziert. Die so erhaltenen Korrekturfaktoren sind in Tabelle 9 angegeben. Dieses Ergebnis wird als repräsentativ für die jeweilige Schicht betrachtet. Die beschriebene Vorgehensweise konnte bis EURO I angewandt werden.

Beispiel: $NO_x(v) = a_3 \cdot v^3 + a_2 \cdot v^2 + a_1 \cdot v + a_0$, $NO_x(v)$ in g/h, a_0 = NO_x -Emission im Leerlauf. Die Approximationsfunktion stellt den Mittelwert aus n Fahrzeugen dar, für die modale Emissionsergebnisse vorliegen. Für weitere m Fahrzeuge liegen zusätzlich Gesamtergebnisse vor, aber keine Modaldaten. Der Mittelwert der Gesamtergebnisse aller n+m Fahrzeuge ist M_NOx_g , der Mittelwert der n Fahrzeuge ist M_NOx_n . Der Korrekturfaktor berechnet sich dann zu M_NOx_g / M_NOx_n und die Koeffizienten der „korrigierten“ Approximationsfunktion zu

$$a_{3k} = a_3 \cdot M_NOx_g / M_NOx_n, a_{2k} = a_2 \cdot M_NOx_g / M_NOx_n,$$

$$a_{1k} = a_1 \cdot M_NOx_g / M_NOx_n, a_{0k} = a_0 \cdot M_NOx_g / M_NOx_n.$$

Für die Schichten EURO II und EURO III wurde wie folgt vorgegangen:

Für Euro II erfolgt die Messung nach ECE R40 aber ohne die 40 s Vorlaufzeit im Leerlauf. Daher wurden hier nur die Grenzwerte ins Verhältnis gesetzt und mit dem Faktor 0,67 multipliziert. Dieser Faktor berücksichtigt, dass die Emissionen im WMTC in vielen Fällen höher sind als im ECE R 40 oder im NEDC (siehe vorherige Bilder). Um ihn zu bestimmen, wurden aus den WMTC-Approximationsfunktionen die jeweiligen Werte für die Durchschnittsgeschwindigkeit des ECE R 40 bestimmt und mit den Messwerten nach ECE R 40 ins Verhältnis gesetzt. Im Mittel liegen diese Werte nahe an 0,67. Die im realen Betrieb zu erwartende Minderung gegenüber EURO I ergibt sich damit zu:

$$\text{Minderung gegenüber EURO I} = \left(\frac{\text{Grenzwert}(EuroII)}{\text{Grenzwert}(EuroI)} - 1 \right) \cdot 0,67$$

Für EURO III werden Fahrzeuge unter 150 cm³ im selben Zyklus (ECE R40) gemessen wie nach EURO II aber mit Kaltstart. Um eine Abschätzung über die Höhe der Emissionen machen zu können, wurden zunächst die Emissionsdifferenz in g zwischen WMTC, Teil 1 mit Kaltstart und mit Warmstart bestimmt. Diese wurden dann zu den Ergebnissen nach ECE R40 addiert und in eine prozentuale Erhöhung in g/km umgerechnet. Die Minderung gegenüber EURO II ergibt sich damit zu

$$\text{Minderung gegenüber EURO II} = \left(\frac{\text{Grenzwert}(EuroIII)}{\text{Grenzwert}(EuroII) \cdot (1 + \text{Kaltstarterhöhung})} - 1 \right) \cdot 0,67$$

Für Fahrzeuge ab 150 cm³ erfolgt die Messung entweder nach dem NEDC oder dem WMTC. Nach dem bisherigen Stand der Diskussion ist der NEDC wahrscheinlicher, so dass er hier berücksichtigt wurde. Deshalb wurden die Mittelwerte des NEDC je Schicht zu den Grenzwerten nach EURO III ins Verhältnis gesetzt und mit dem Faktor 0,67 zur Berücksichtigung der Verschlechterung für Realzyklen multipliziert.

Die Minderungen gegenüber EURO I / EURO II sind in Tabelle 10 zusammengestellt, für CO₂ wurden keine Änderungen angenommen. Emissionskurven in g/km wurden dann für EURO II und EURO III durch Multiplikation der Kurven für EURO I mit den Minderungen der Tabelle 10 bestimmt.

Die Emissionskurven sind in Bild 43 bis Bild 51 zusammengestellt. Aus diesen wurden dann die Emissionsfaktoren für die Fahrmuster nach Tabelle 2 berechnet, die in Tabelle 20 bis Tabelle 23 angegeben sind. Es ist zu beachten, dass die in Tabelle 23 angegebenen CO₂-Werte nicht die bisher dargestellten Messwerte im Abgas repräsentieren sondern aus dem Kraftstoffverbrauch rückgerechnet wurden, so dass die gesamte Kohlenstoffbilanz berücksichtigt ist. Der Kraftstoffverbrauch wurde aus den HC-, CO- und CO₂-Messwerten nach folgender Formel bestimmt:

$$\text{Kraftstoffverbrauch in l/100 km} = \frac{0,1154}{D_{kr}} \cdot (0,866 \cdot HC + 0,429 \cdot CO + 0,273 \cdot CO_2)$$

HC, CO und CO₂ sind jeweils Emissionen in g/km

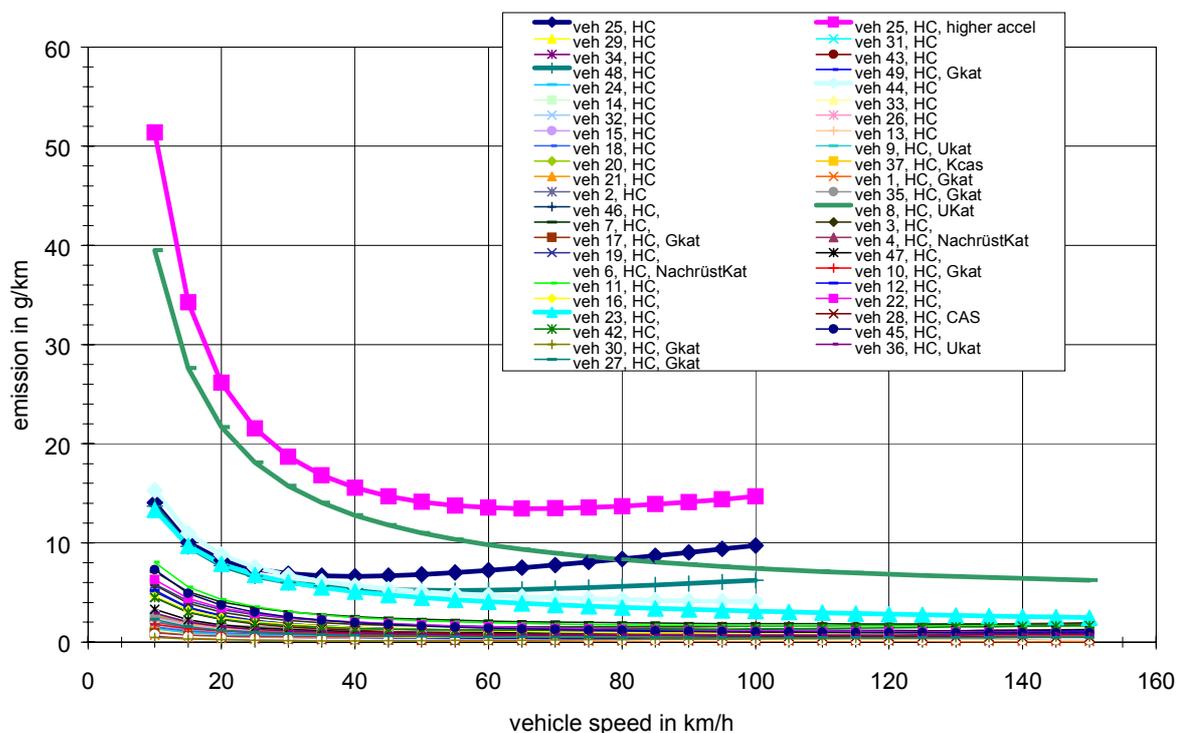


Bild 30: Approximationskurven für HC einschließlich 2-Takt Fahrzeuge, UBA-Vorhaben

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

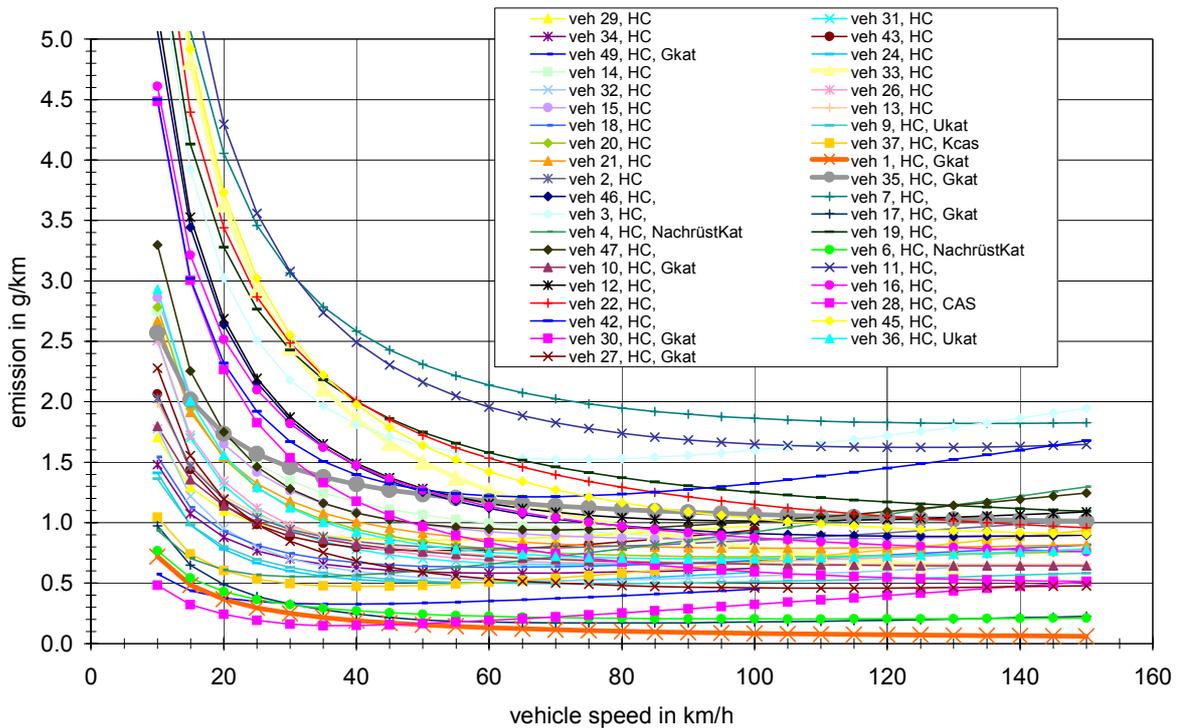


Bild 31: Approximationskurven für HC ohne 2-Takt Fahrzeuge, UBA-Vorhaben

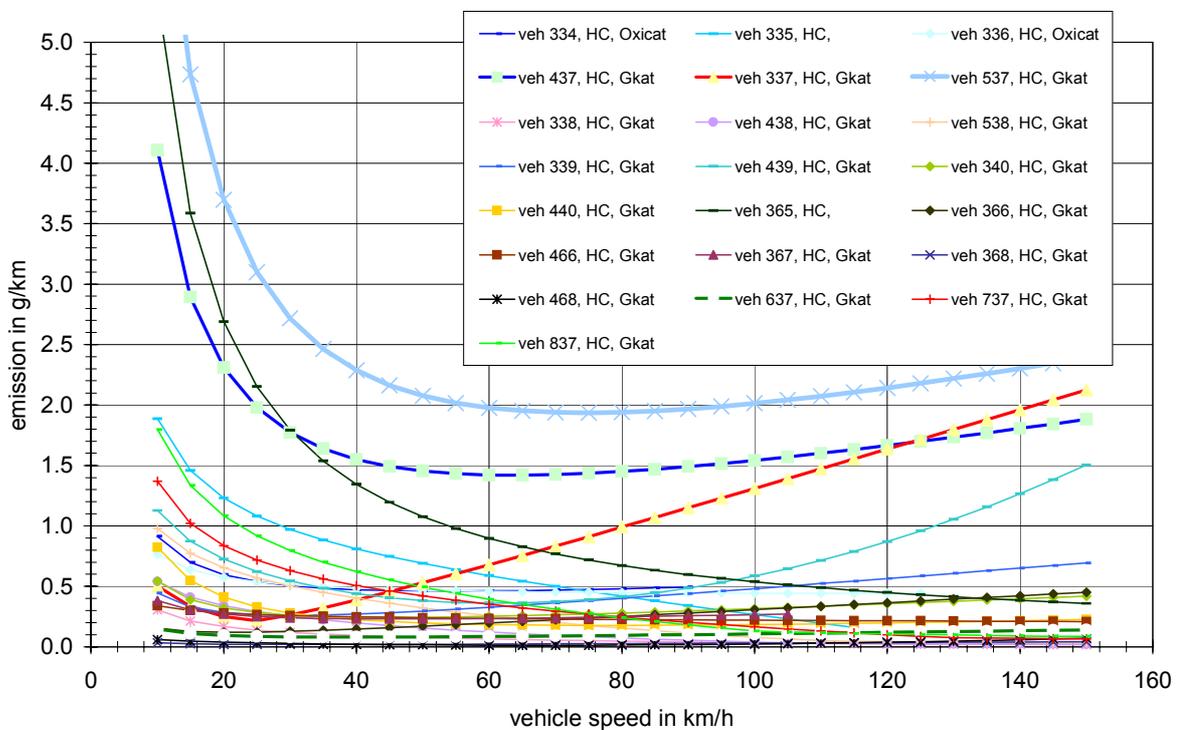


Bild 32: Approximationskurven für HC ohne 2-Takt Fahrzeuge, WMTC

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

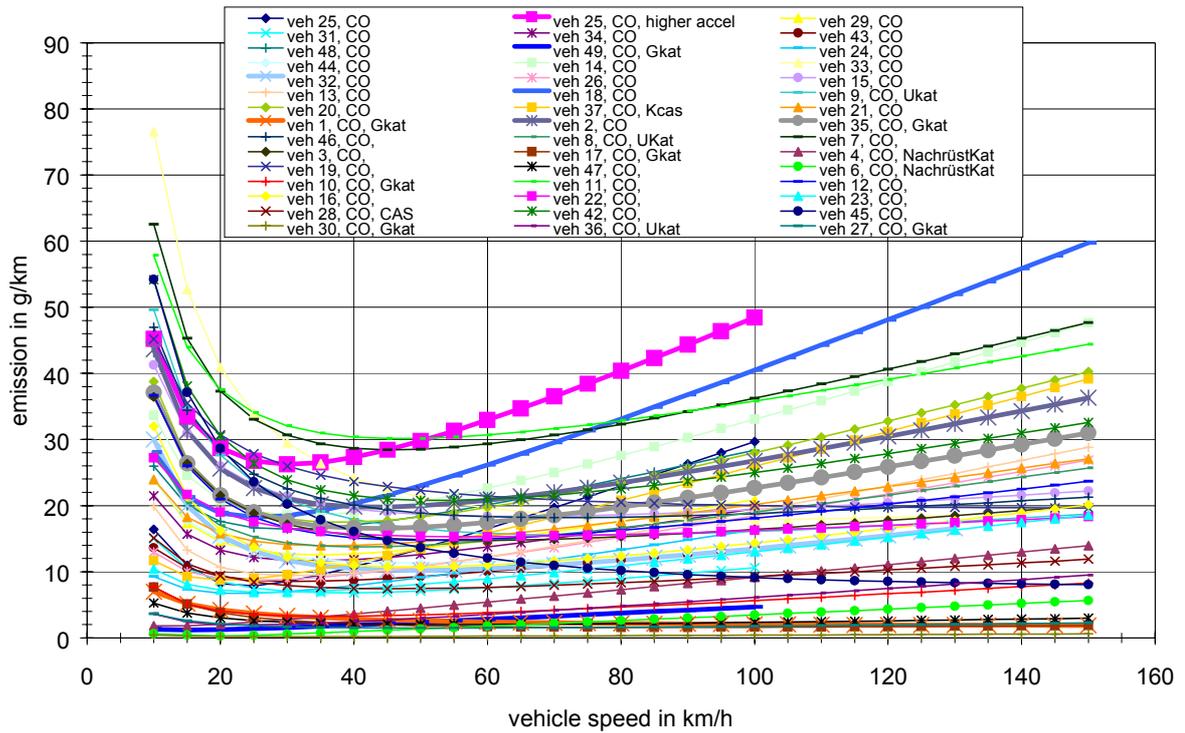


Bild 33: Approximationskurven für CO, UBA-Vorhaben

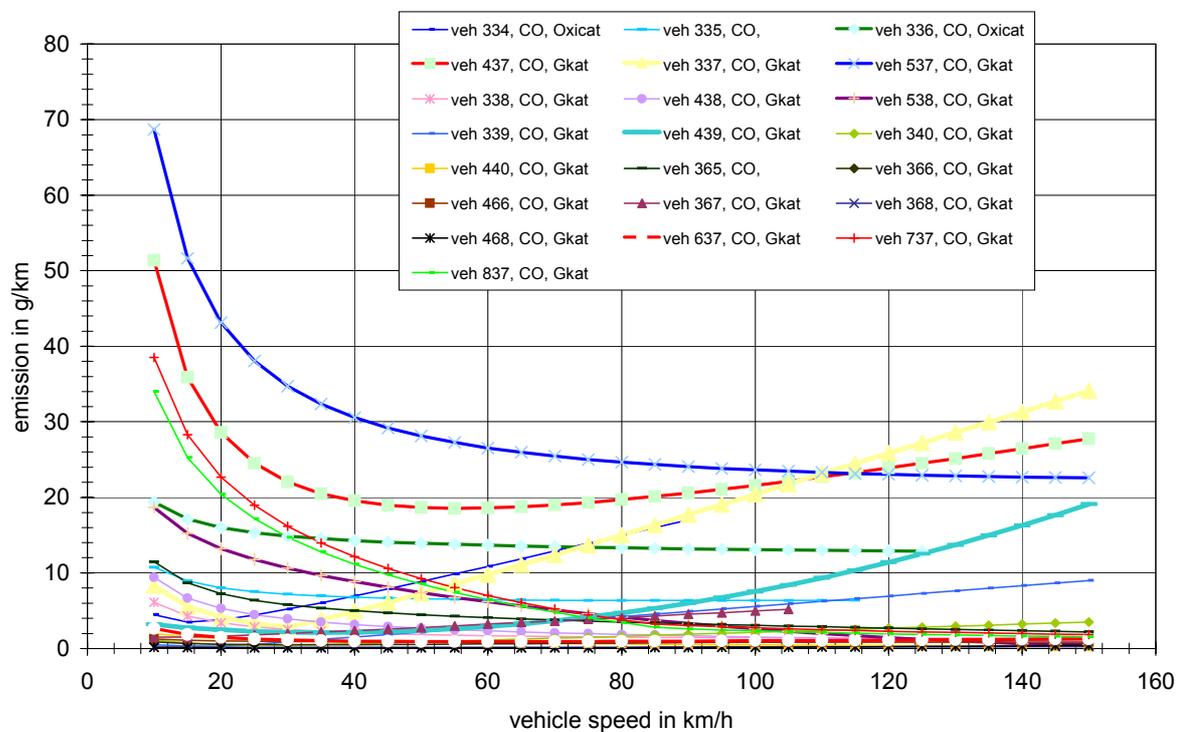


Bild 34: Approximationskurven für CO, WMTC

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

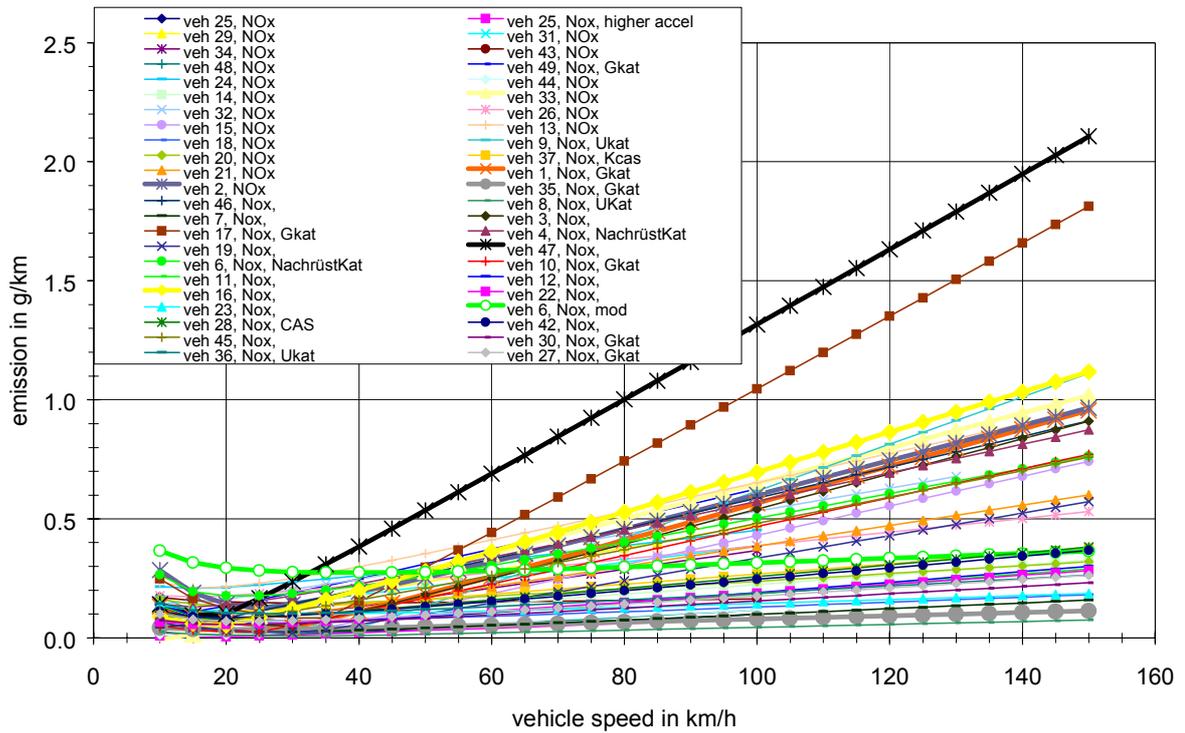


Bild 35: Approximationskurven für NOx, UBA-Vorhaben

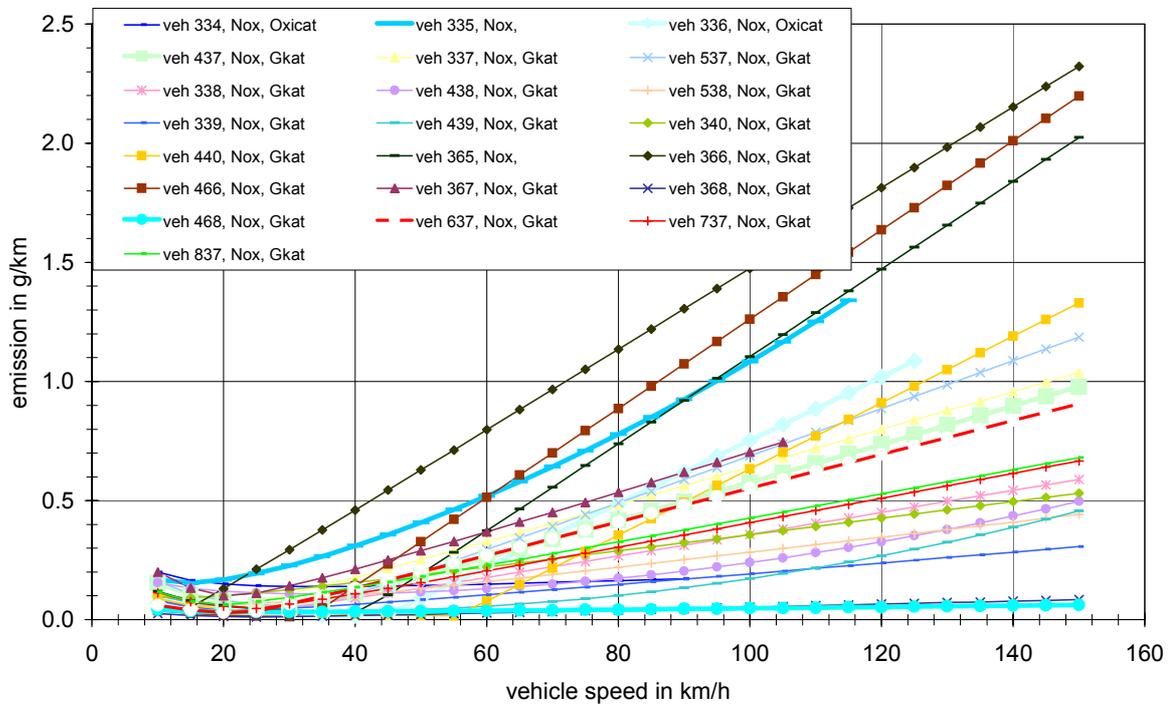


Bild 36: Approximationskurven für NOx, WMTC

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

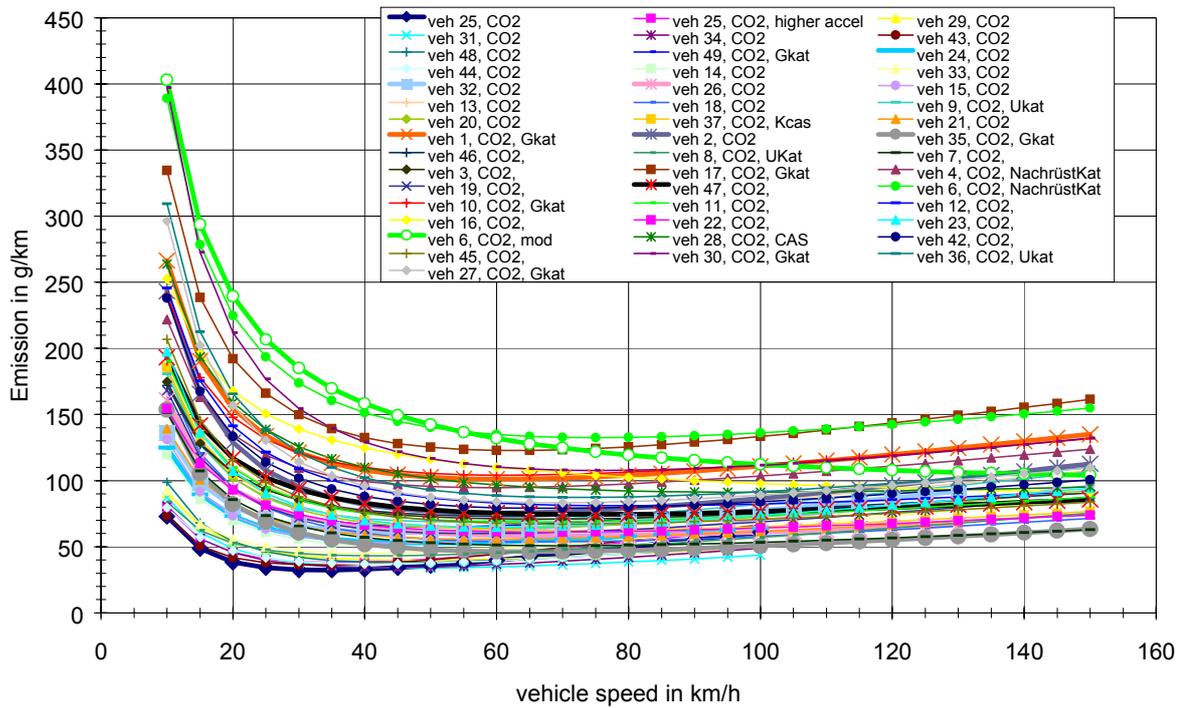


Bild 37: Approximationskurven für CO2 (Messwerte im Abgas), UBA-Vorhaben

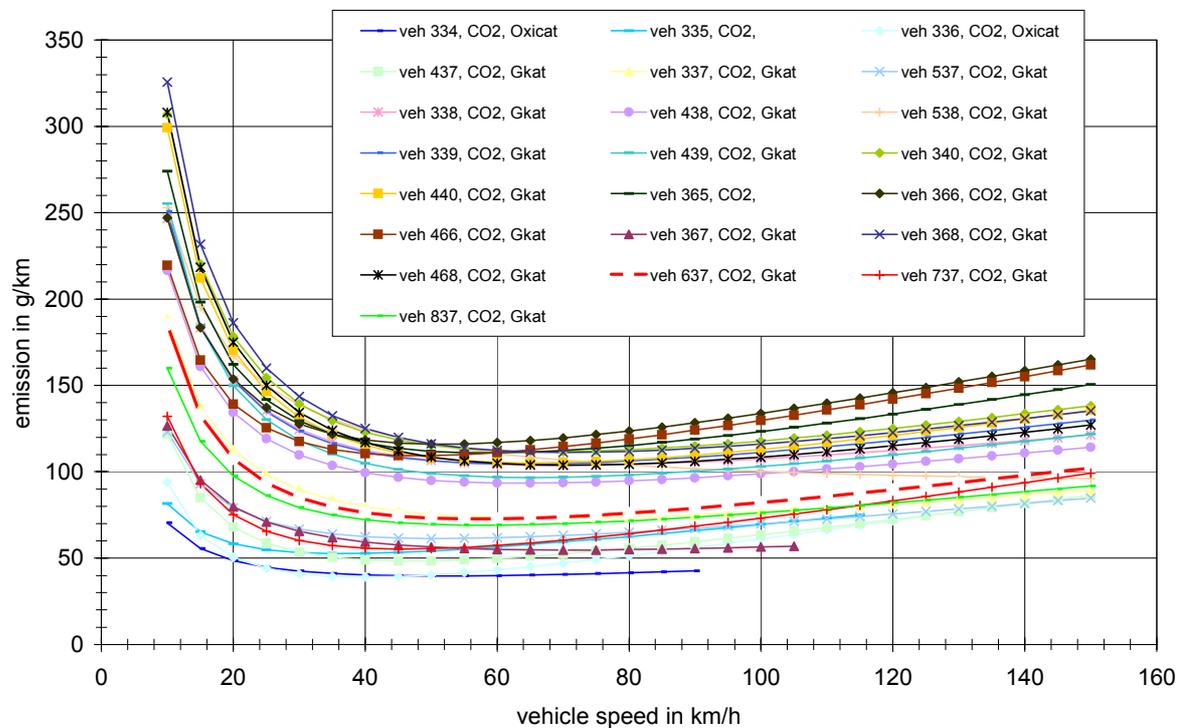


Bild 38: Approximationskurven für CO2 (Messwerte im Abgas), WMTC

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

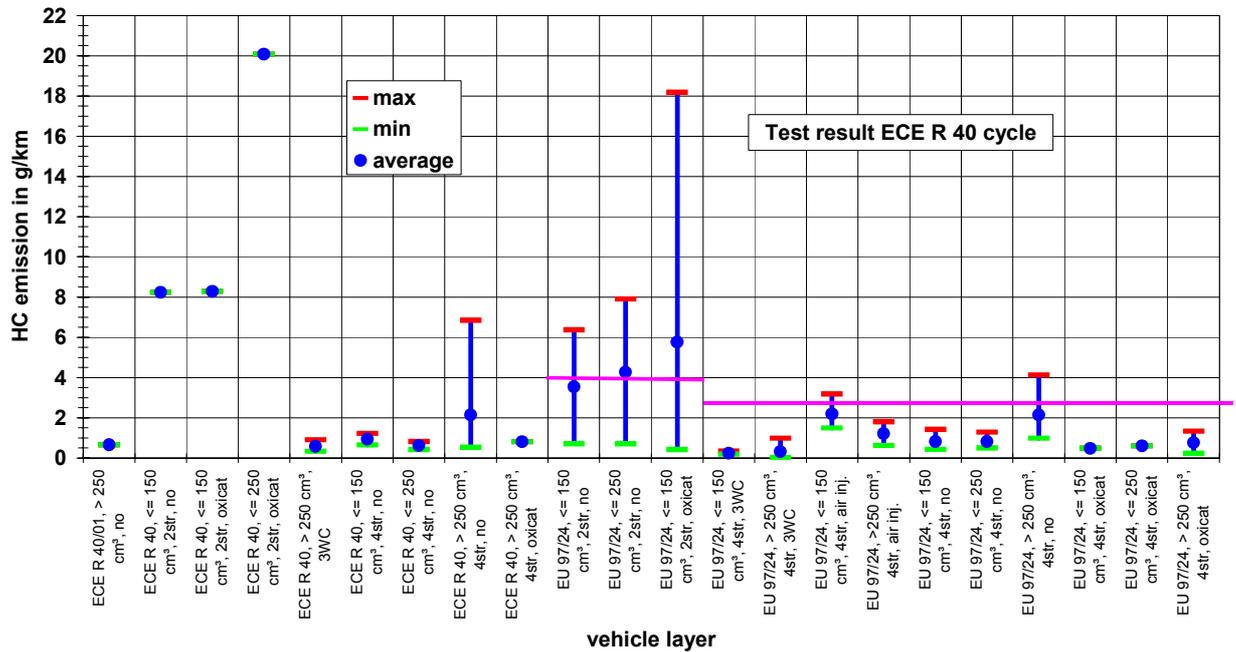


Bild 39: HC-Ergebnisse nach ECE R 40 für verschiedene Fahrzeugschichten (average bezeichnet die arithmetischen Mittelwerte)

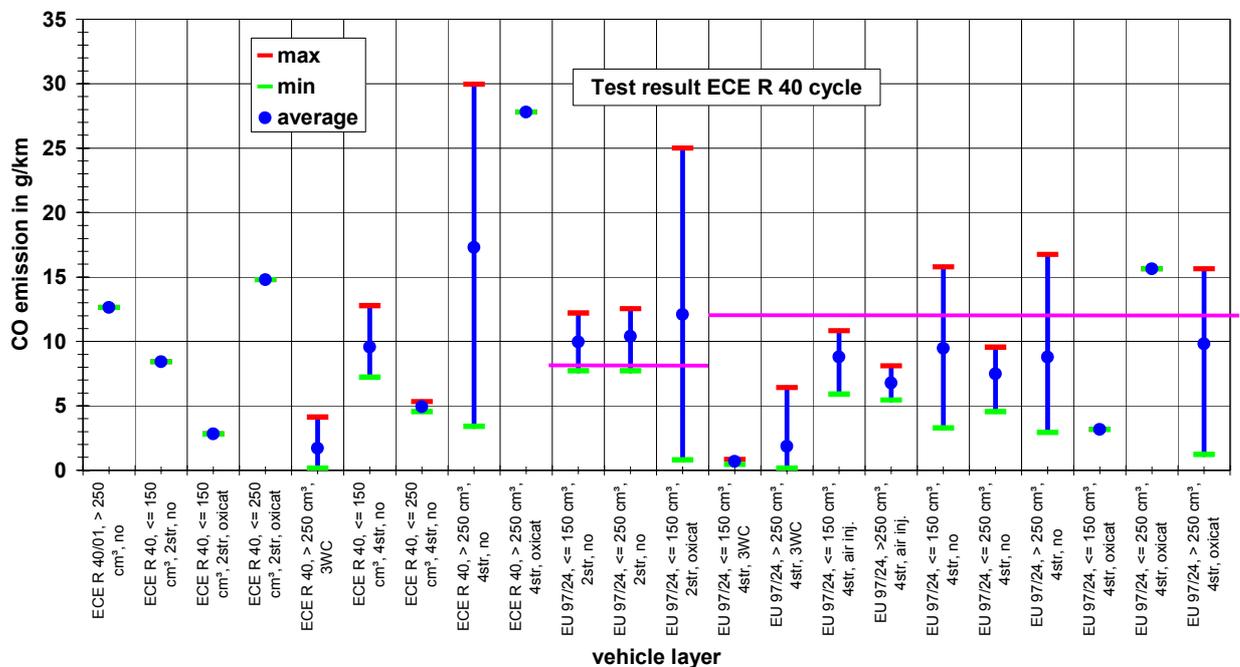


Bild 40: CO-Ergebnisse nach ECE R 40 für verschiedene Fahrzeugschichten (average bezeichnet die arithmetischen Mittelwerte)

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

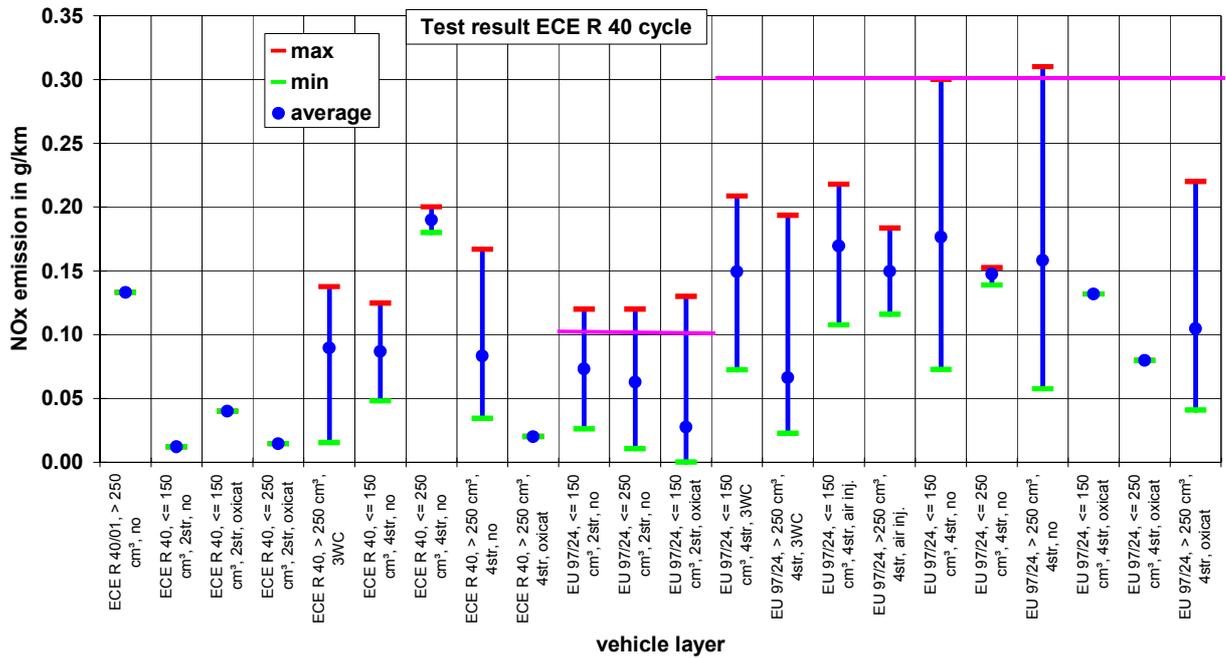


Bild 41: NOx-Ergebnisse nach ECE R 40 für verschiedene Fahrzeugschichten (average bezeichnet die arithmetischen Mittelwerte)

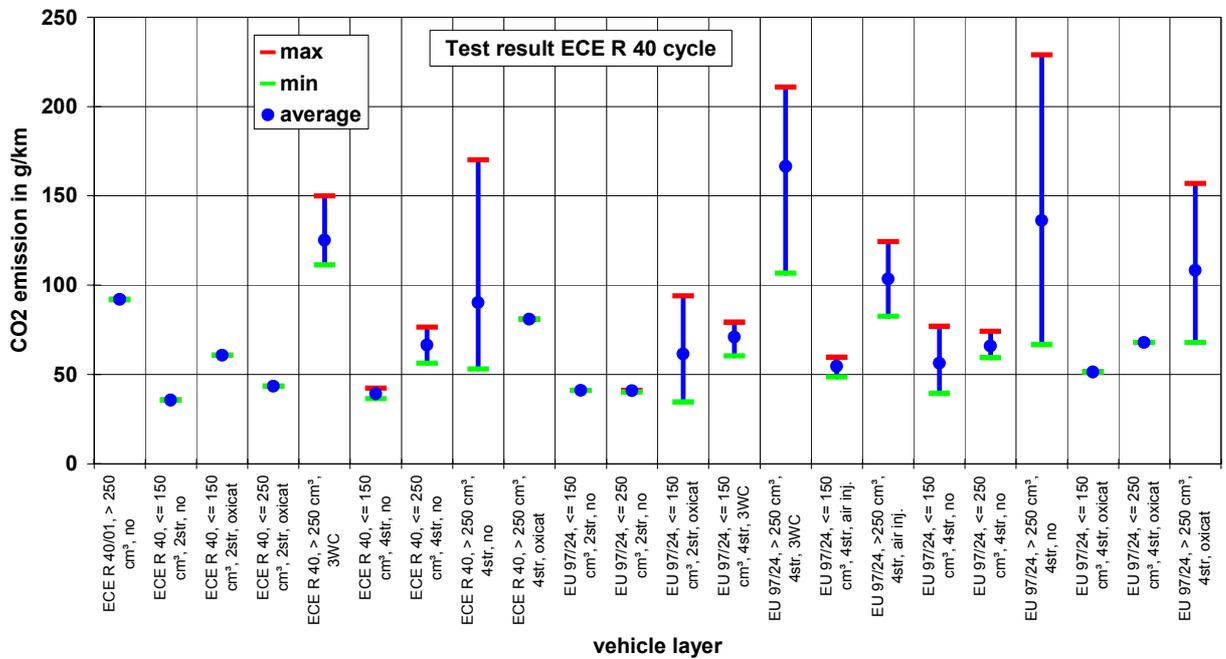


Bild 42: CO2-Ergebnisse (Messwerte im Abgas) nach ECE R 40 für verschiedene Fahrzeugschichten (average bezeichnet die arithmetischen Mittelwerte)

Fahrzeugschicht	Korrekturfaktoren			
	HC	CO	NOx	CO2
ECE R 40, <=150 cm ³ , 2-str	1.00	0.67	2.16	1.35
ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	1.00	1.00	1.00	1.00
ECE R 40, <=150 cm ³ , 4-str	1.00	1.00	1.00	1.00
ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	1.00	0.93	1.06	1.18
ECE R 40, > 250 cm ³ , 4-str	1.00	1.00	1.00	1.00
EURO I, <=150 cm ³ , 2-str	0.83	0.95	1.44	1.00
EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	1.00	1.00	1.00	1.00
EURO I, <=150 cm ³ , 4-str	1.00	0.89	1.09	1.00
EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	1.00	1.17	1.03	0.92
EURO I, > 250 cm ³ , 4-str	1.30	0.91	1.49	1.00

Tabelle 9: Korrekturfaktoren zur Bestimmung repräsentativer Approximationskurven E(v) (Verhältnis des Mittelwertes der Gesamtschicht und der „modalen“ Teilschicht, siehe Seite 27)

engine capacity	Stufe	Minderung gegenüber EURO I		
		CO in g/km	HC in g/km	NOx in g/km
<= 150 cm ³ , 2-Takt	EURO II	-20.9%	-46.9%	134.0%
<= 150 cm ³ , 4-Takt	EURO II	-38.7%	-40.2%	0.0%
> 150 cm ³	EURO II	-38.7%	-44.7%	0.0%
		Minderung gegenüber EURO II		
<= 150 cm ³	EURO III	-44.8%	-37.6%	-49.2%
> 150 cm ³	EURO III	-28.1%	-50.9%	-33.9%

Tabelle 10: prozentuale Minderungen der Schadstoffemissionen gegenüber EURO I/EURO II

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

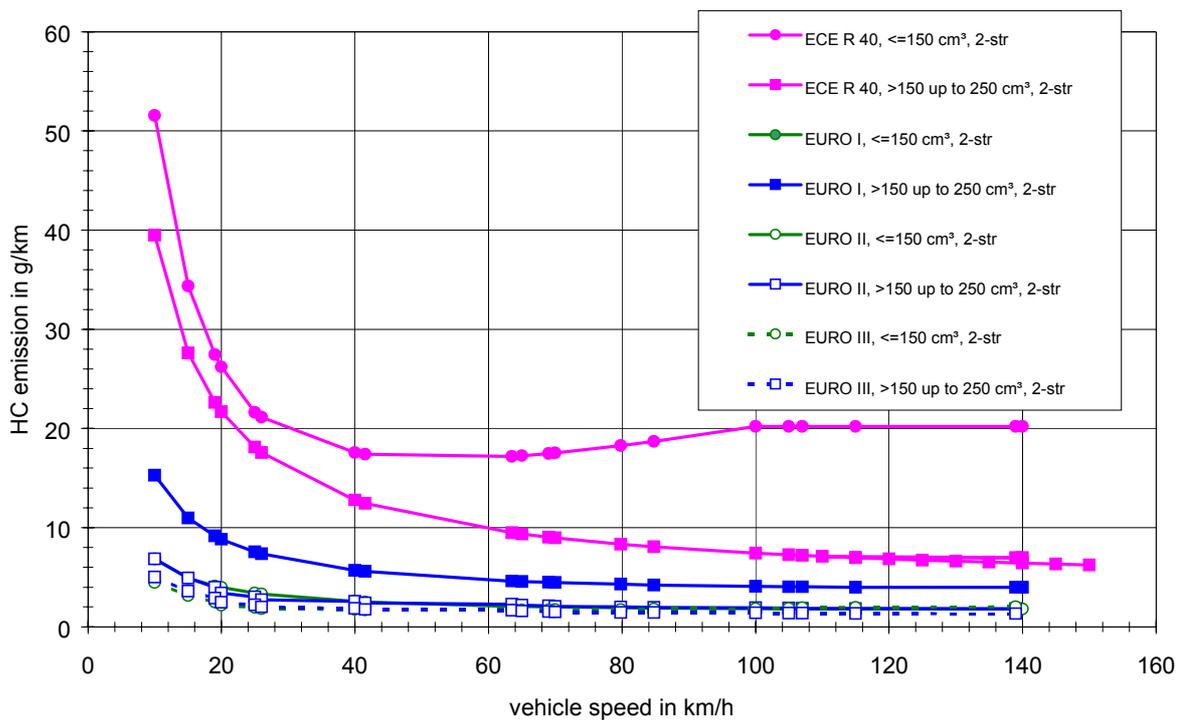


Bild 43: HC-Emissionskurven für verschiedene Fahrzeugschichten

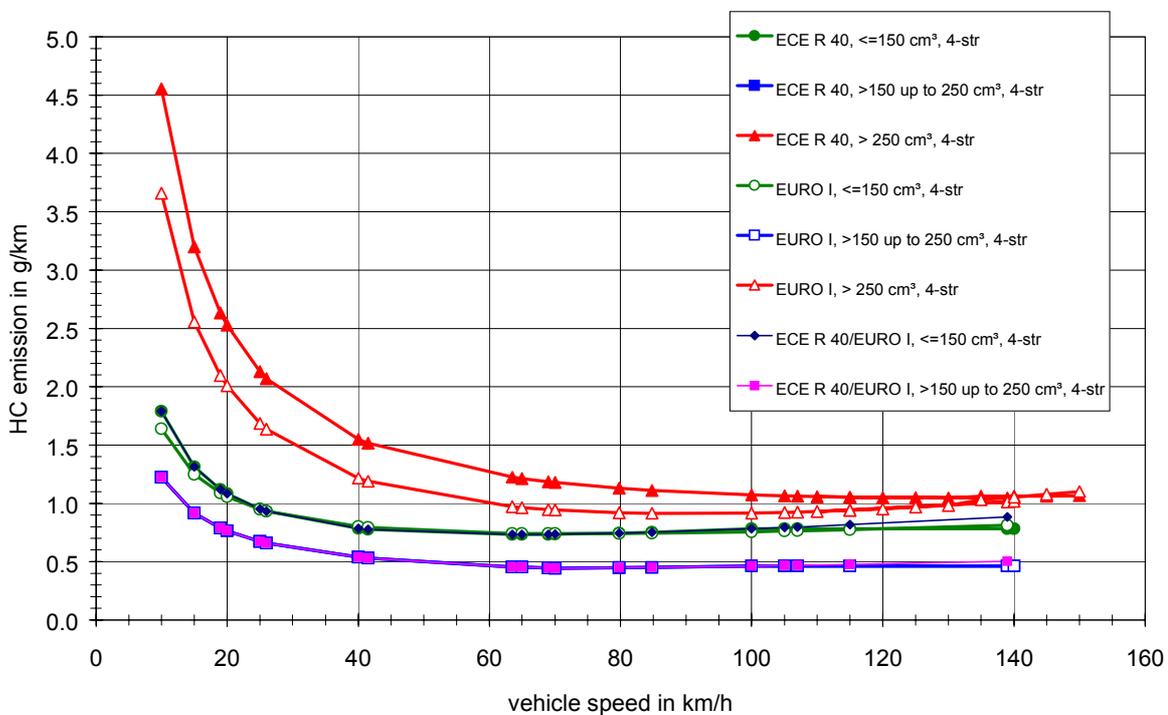


Bild 44: HC-Emissionskurven für verschiedene Fahrzeugschichten

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

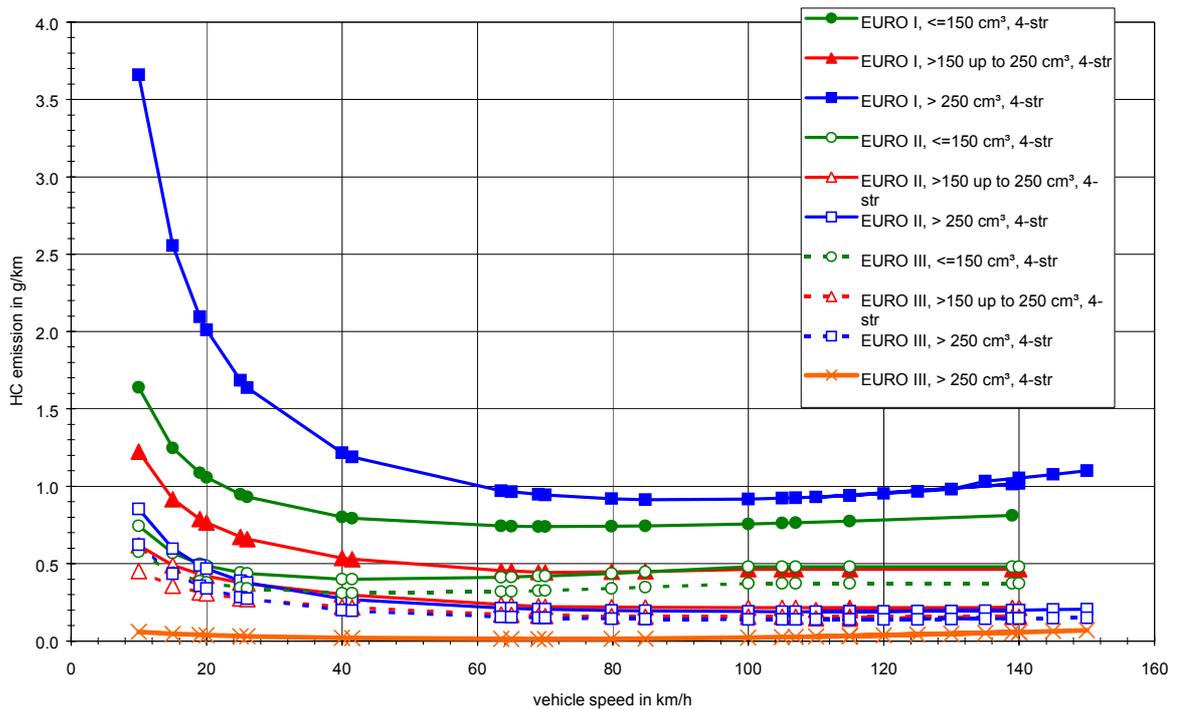


Bild 45: HC-Emissionskurven für verschiedene Fahrzeugschichten

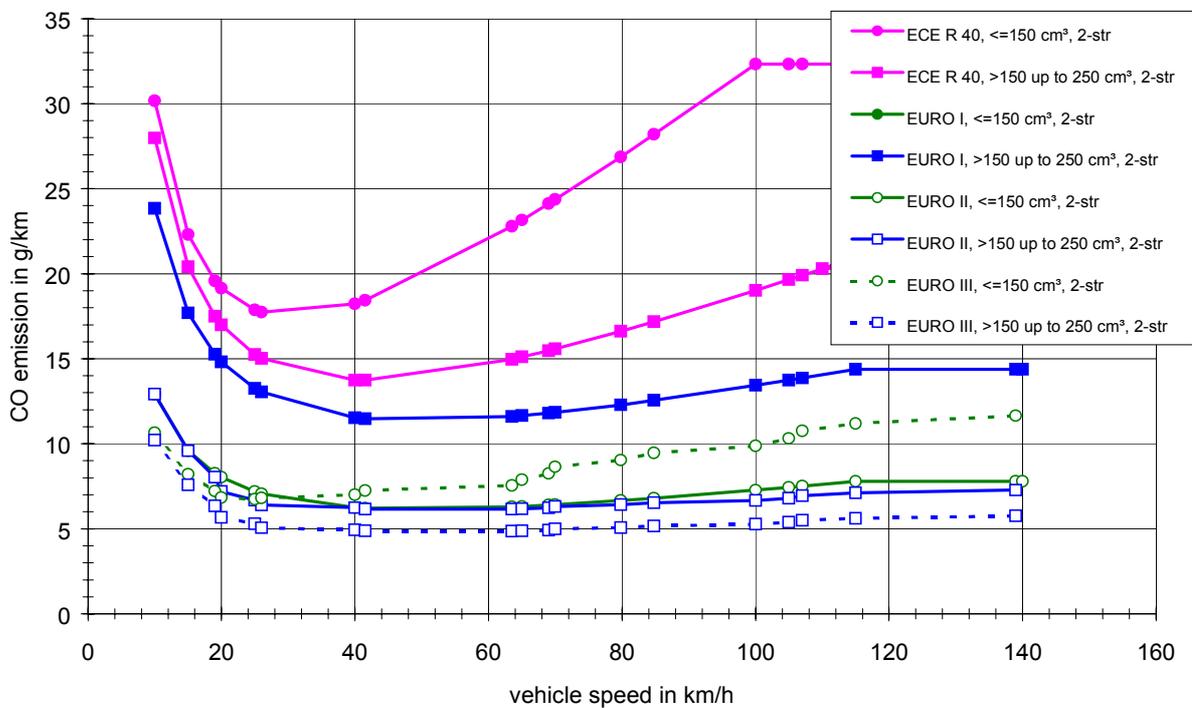


Bild 46: CO-Emissionskurven für verschiedene Fahrzeugschichten

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

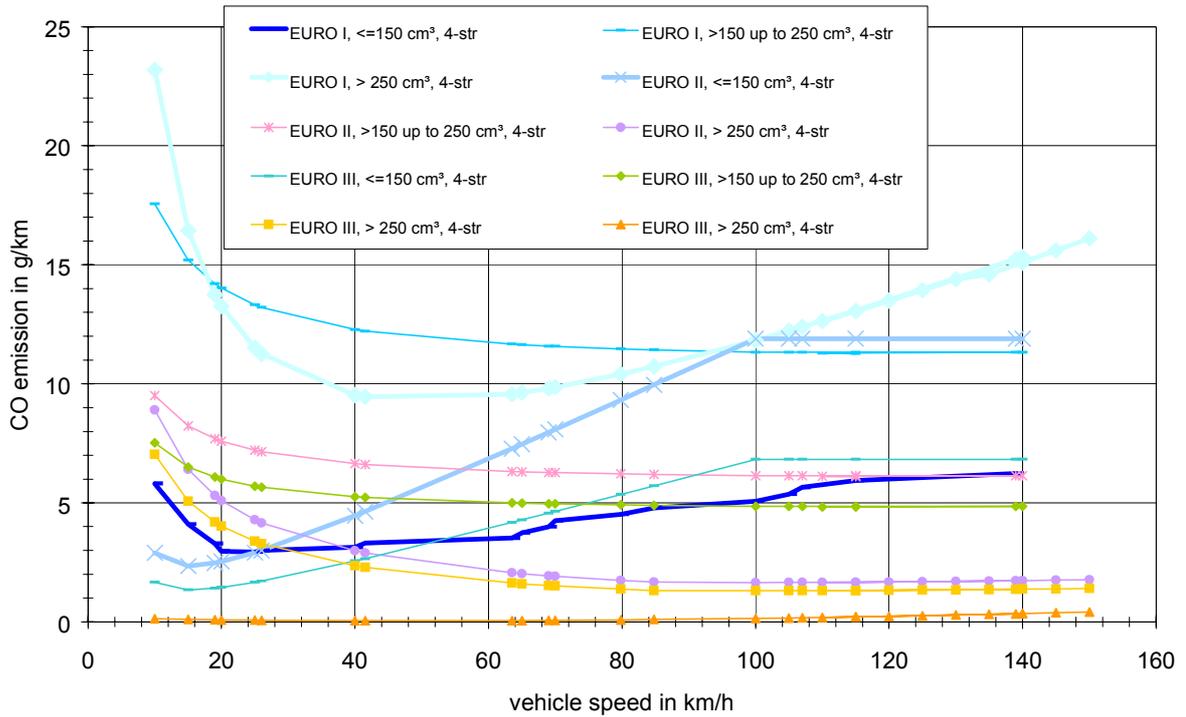


Bild 47: CO-Emissionskurven für verschiedene Fahrzeugschichten

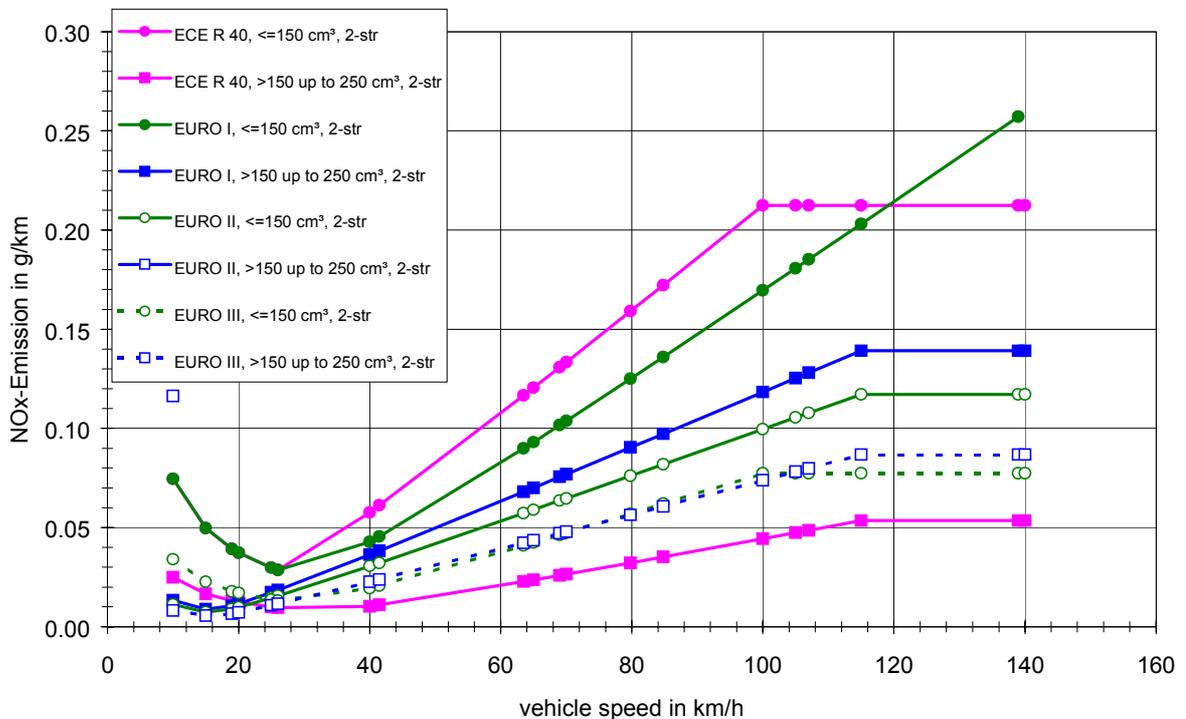


Bild 48: NOx-Emissionskurven für verschiedene Fahrzeugschichten

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

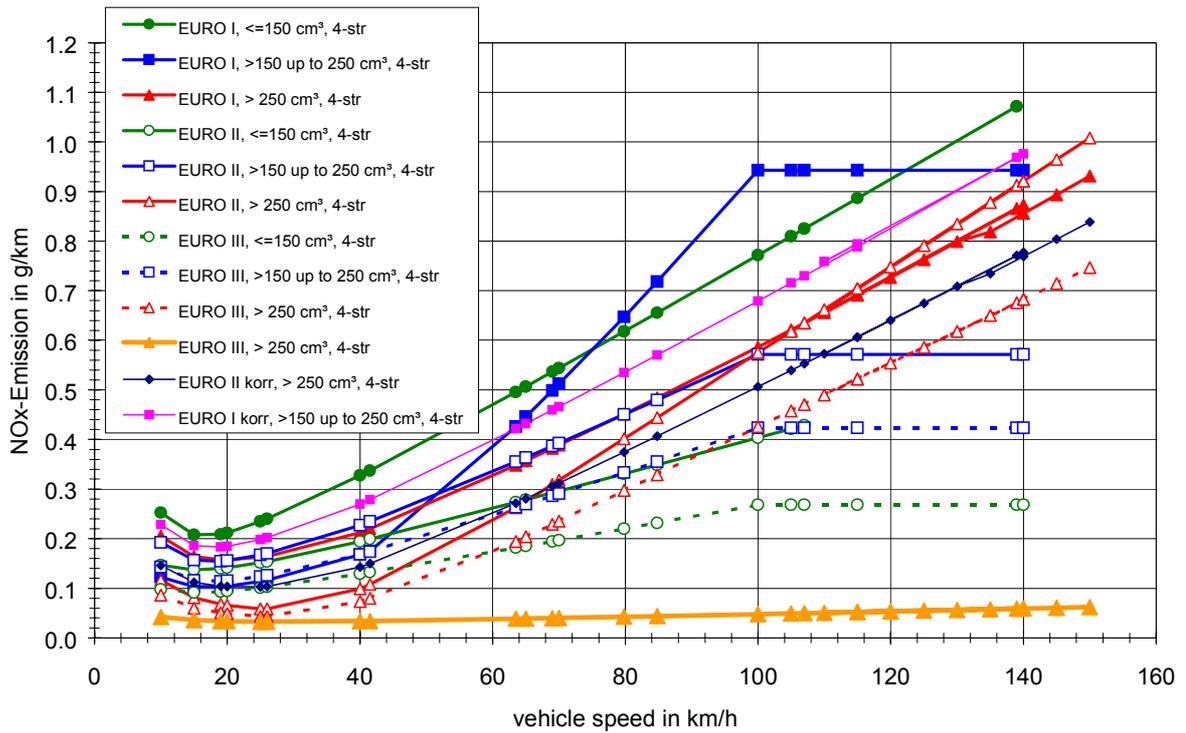


Bild 49: NOx-Emissionskurven für verschiedene Fahrzeugschichten

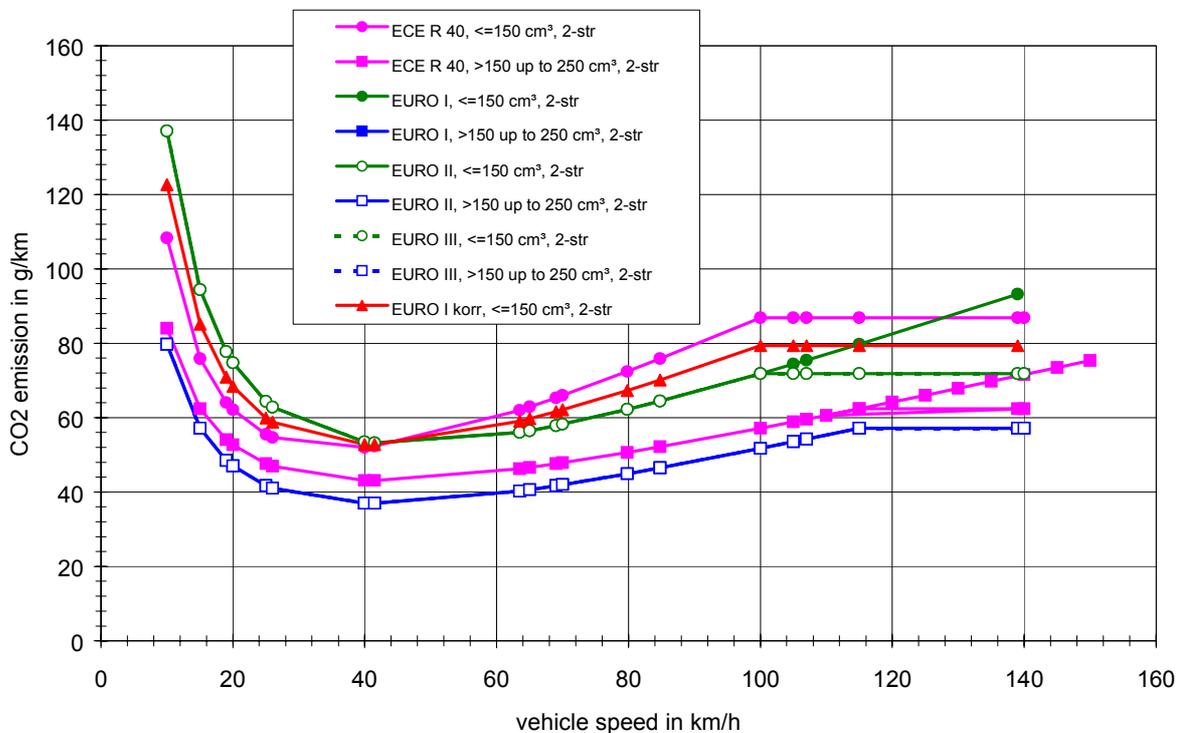


Bild 50: CO2-Emissionskurven (Messwerte im Abgas) für verschiedene Fahrzeugschichten

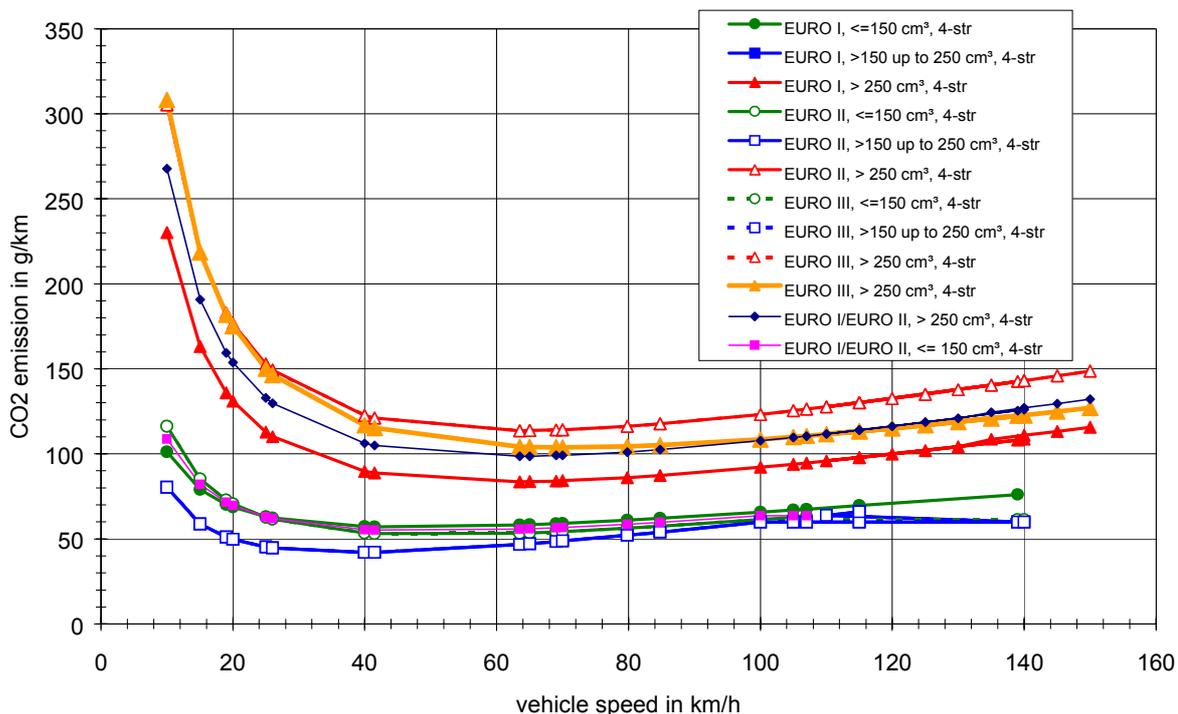


Bild 51: CO₂-Emissionskurven (Messwerte im Abgas) für verschiedene Fahrzeugschichten

4. Kleinkrafträder

Im folgenden werden die Ergebnisse für Kleinkrafträder aus dem UBA-Vorhaben und aus den Schweizerischen Messprogrammen dargestellt. Es handelt sich dabei ausschließlich um Fahrzeuge mit Hubvolumen unter 50 cm^3 . Allerdings lag die Höchstgeschwindigkeit in einigen Fällen über 45 km/h , so dass sie nicht exakt der derzeitigen Definition der Kleinkrafträder nach EU-Richtlinie 97/24/EG entsprechen.

4.1. Messergebnisse für verschiedene Fahrzyklen

Aus dem UBA-Vorhaben liegen Messergebnisse von 6 Kleinkrafträdern vor, bei denen die Emissionen im Typprüfzyklus und bei Höchstgeschwindigkeit gemessen wurden. Bei den 11 Schweizerischen Fahrzeugen wurde der Typprüfzyklus und zusätzlich ein in der Schweiz entwickelter Realzyklus (ISB-3 genannt) in zwei verschiedenen Versionen mit unterschiedlichen mittleren Geschwindigkeiten gemessen. Bei 9 dieser Fahrzeuge wurden die Emissionen zusätzlich bei konstanten Geschwindigkeiten zwischen 20 km/h und 50 km/h ermittelt. Für diese Fahrzeuge können die Emissionen in Abhängigkeit von der mittleren Geschwindigkeit dargestellt werden, um Trends zu erkennen.

Beispielhaft sind die Ergebnisse für zwei Fahrzeuge mit teilweise gegensätzlichen Trend in Bild 52 bis Bild 61 zusammengestellt. Die Ergebnisse auch für die übrigen Fahrzeuge findet man in Tabelle 11 bis Tabelle 19. Alle Fahrzeuge waren mit einem Oxidationskatalysator ausgerüstet.

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

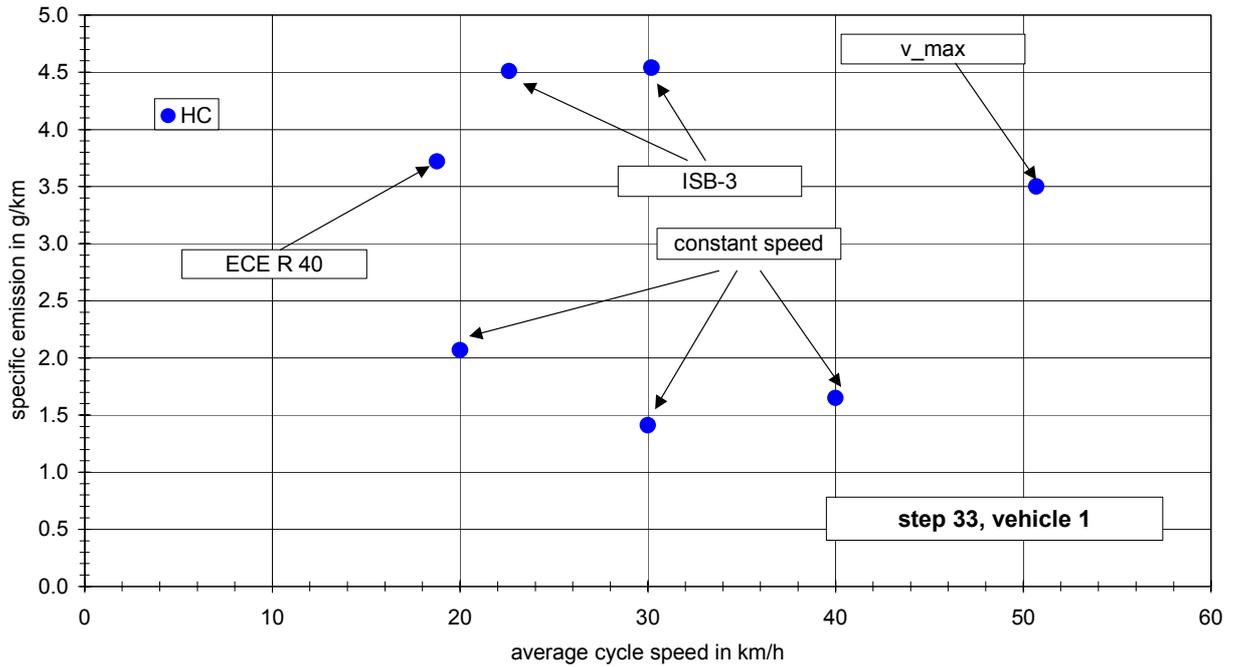


Bild 52: HC-Emissionen eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

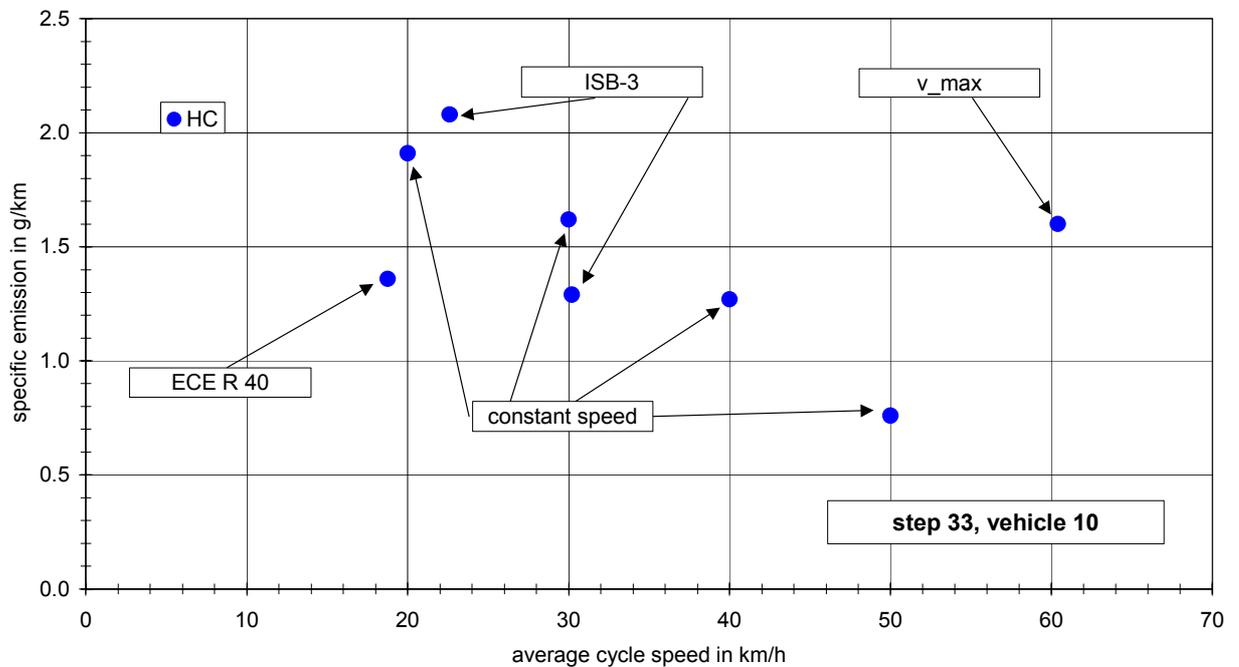


Bild 53: HC-Emissionen eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

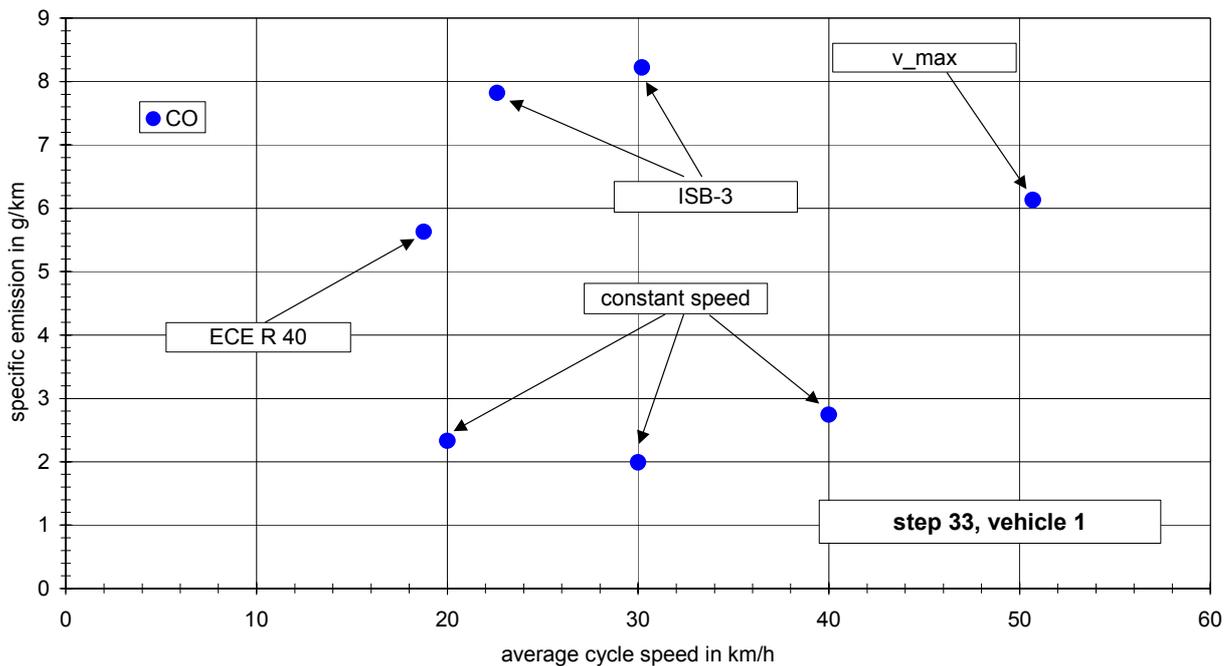


Bild 54: CO-Emissionen eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

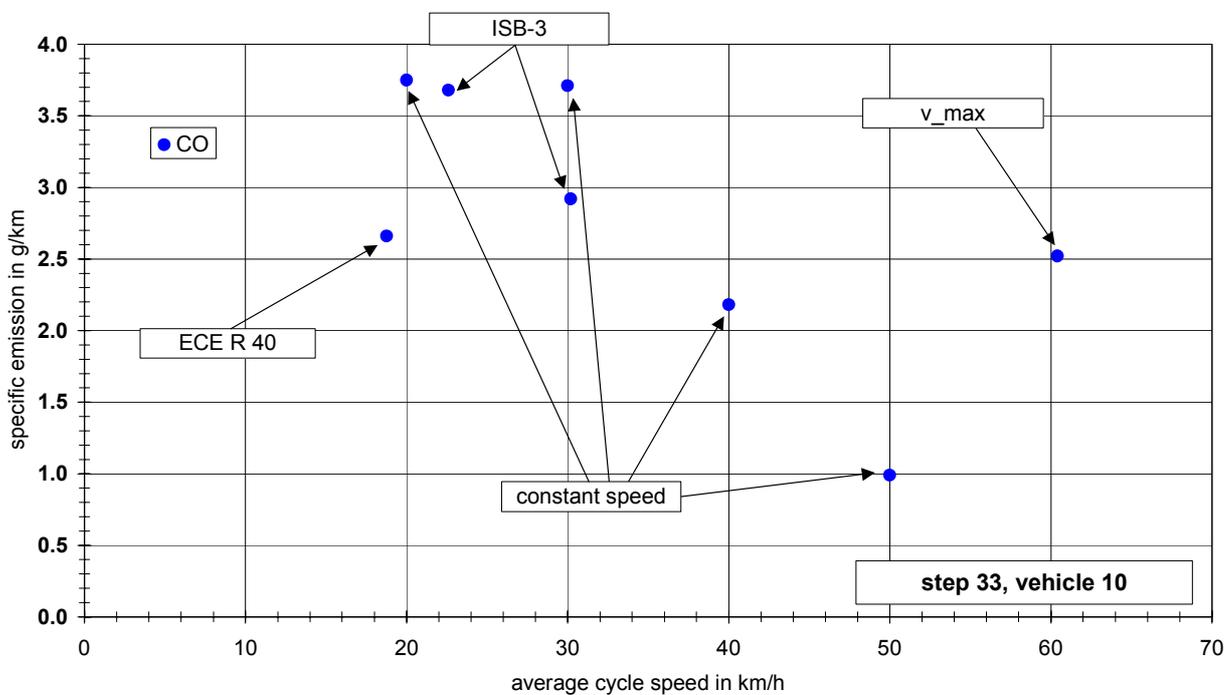


Bild 55: CO-Emissionen eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

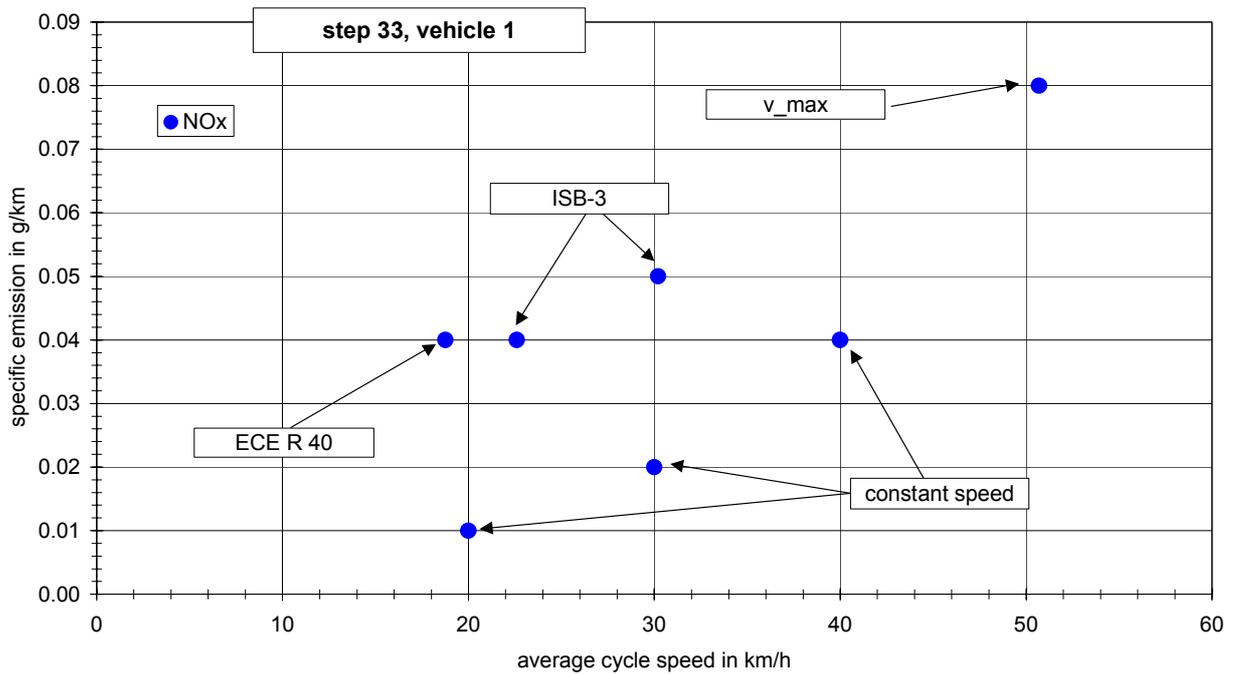


Bild 56: NOx-Emissionen eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

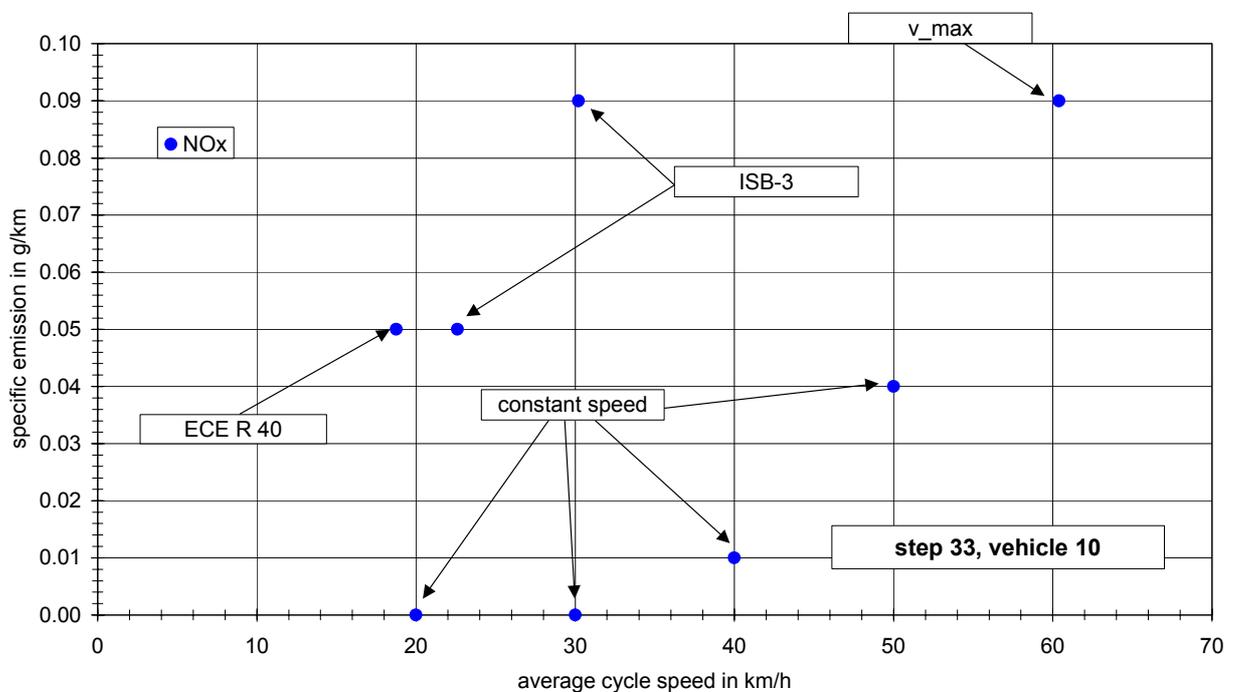


Bild 57: NOx-Emissionen eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

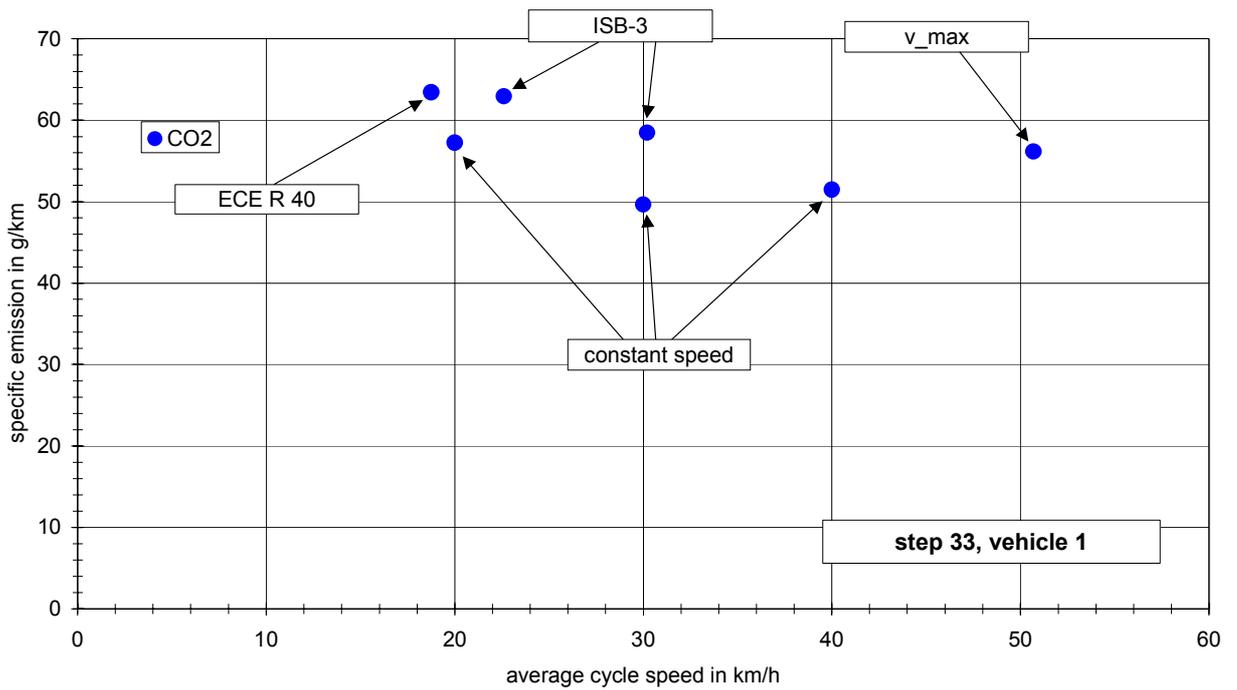


Bild 58: CO2-Emissionen (Messwerte im Abgas) eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

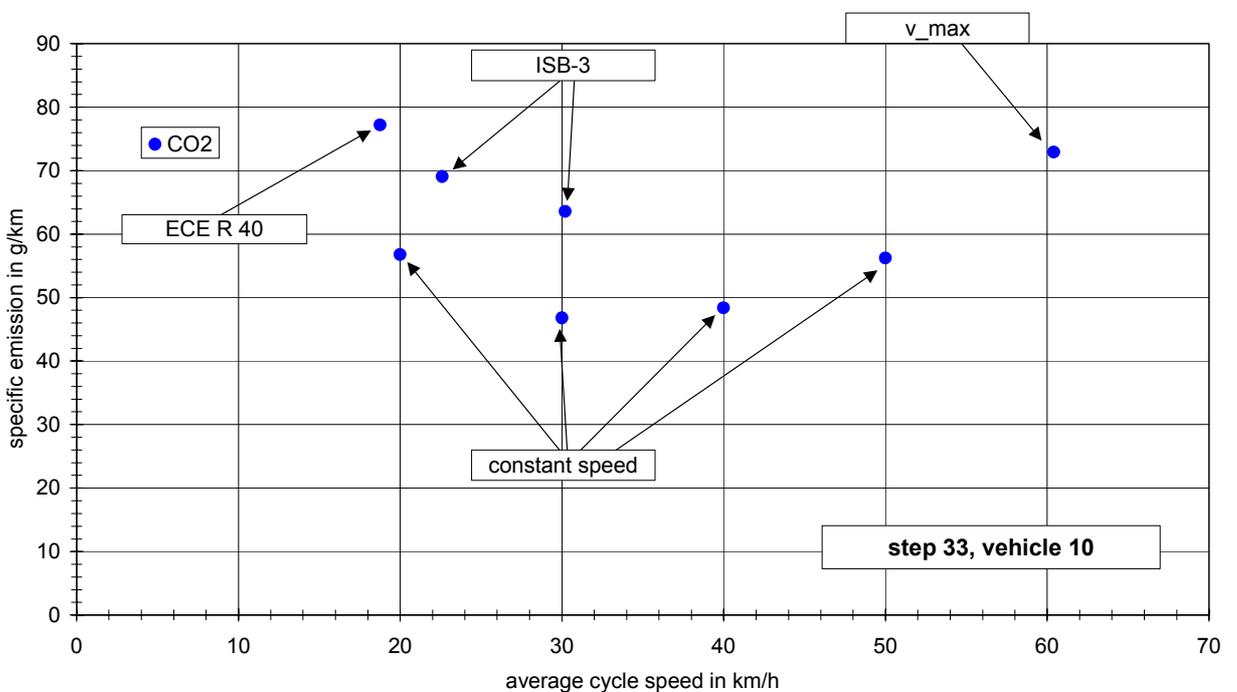


Bild 59: CO2-Emissionen (Messwerte im Abgas) eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

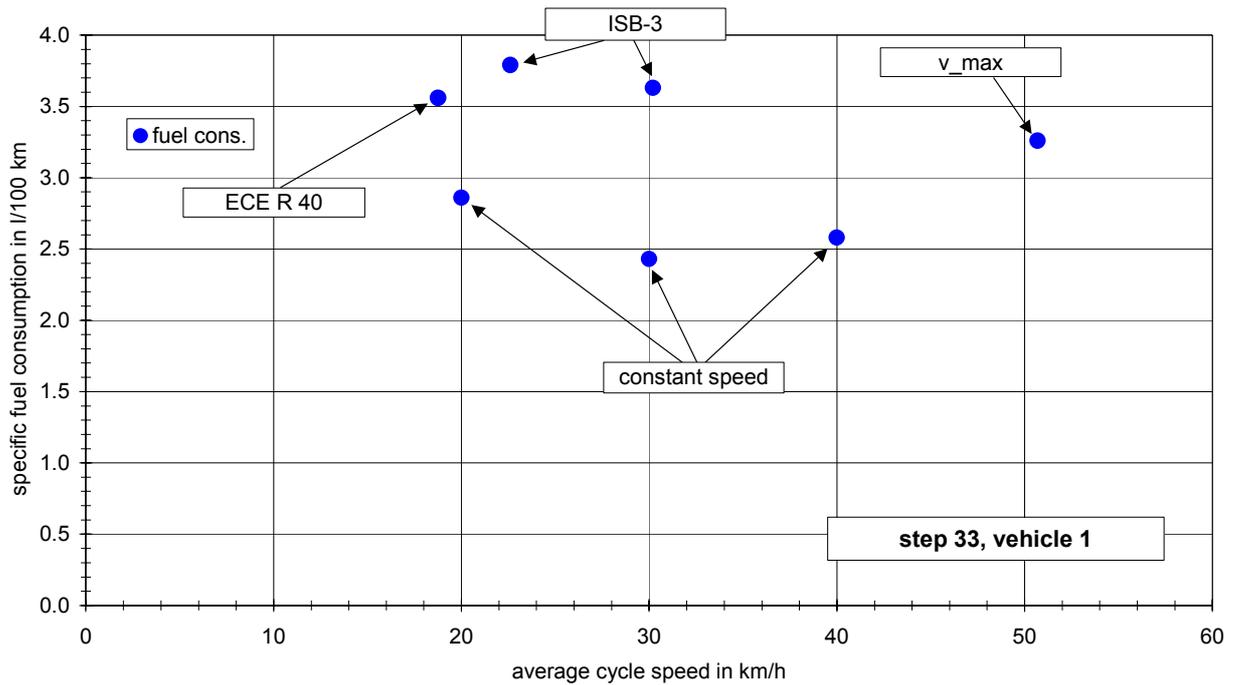


Bild 60: Kraftstoffverbrauch eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

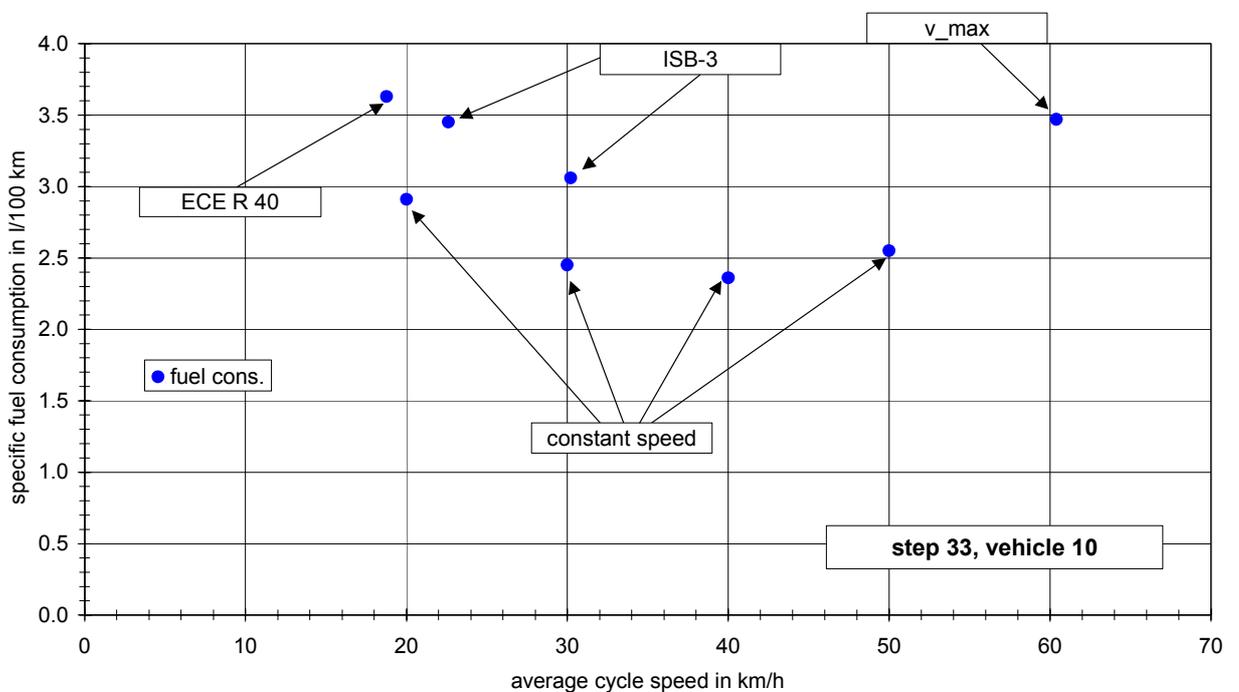


Bild 61: Kraftstoffverbrauch eines Kleinkraftrades bei verschiedenen Zyklen in Abhängigkeit von der mittleren Zyklusgeschwindigkeit

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	fuel cons.
type approval	18.76	5.63	63.42	3.72	0.04	3.56
ISB-3.1	22.61	7.82	62.94	4.51	0.04	3.79
ISB-3.2	30.20	8.22	58.46	4.54	0.05	3.63
constant 20 km/h	20.00	2.33	57.23	2.07	0.01	2.86
constant 30 km/h	30.00	1.99	49.64	1.41	0.02	2.43
constant 40 km/h	40.00	2.74	51.47	1.65	0.04	2.58
v_max	50.70	6.13	56.16	3.5	0.08	3.26
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	138.9%	99.2%	121.2%	100.0%	106.5%
ISB-3.2	30.20	146.0%	92.2%	122.0%	125.0%	102.0%
constant 20 km/h	20.00	41.4%	90.2%	55.6%	25.0%	80.3%
constant 30 km/h	30.00	35.3%	78.3%	37.9%	50.0%	68.3%
constant 40 km/h	40.00	48.7%	81.2%	44.4%	100.0%	72.5%
v_max	50.70	108.9%	88.6%	94.1%	200.0%	91.6%

Tabelle 11: Messergebnisse für Kleinkraftrad 1 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	fuel cons.
type approval	18.76	3.2	61.15	3.16	0.02	3.23
ISB-3.1	22.61	3.3	57.71	3.32	0.04	3.11
ISB-3.2	30.20	3.99	56.58	3.14	0.03	3.09
constant 20 km/h	20.00	0.6	57.41	1.29	0.01	2.65
constant 30 km/h	30.00	1	50.15	1.57	0.01	2.40
constant 40 km/h	40.00	0.6	48.44	1.24	0.02	2.26
constant 50 km/h	50.00	4.65	53.78	3.23	0.02	3.02
v_max	57.00	8.26	69.67	2.36	0.03	3.82
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	103.1%	94.4%	105.1%	200.0%	96.3%
ISB-3.2	30.20	124.7%	92.5%	99.4%	150.0%	95.7%
constant 20 km/h	20.00	18.8%	93.9%	40.8%	50.0%	82.0%
constant 30 km/h	30.00	31.3%	82.0%	49.7%	50.0%	74.3%
constant 40 km/h	40.00	18.8%	79.2%	39.2%	100.0%	70.0%
constant 50 km/h	50.00	145.3%	87.9%	102.2%	100.0%	93.5%
v_max	57.00	258.1%	113.9%	74.7%	150.0%	118.3%

Tabelle 12: Messergebnisse für Kleinkraftrad 2 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	fuel cons.
type approval	18.76	1.49	61.52	3.38	0.16	3.16
ISB-3.1	22.61	1.69	55.03	3.53	0.2	2.92
ISB-3.2	30.20	1.2	54.35	2.96	0.24	2.78
constant 20 km/h	20.00	1.31	44.33	1.74	0.01	2.20
constant 30 km/h	30.00	0.28	48.82	2.21	0.05	2.38
constant 40 km/h	40.00	0.23	49.49	2.29	0.11	2.42
constant 50 km/h	50.00	0.26	50.39	1.95	0.27	2.41
v_max	57.00	0.97	61.02	3.07	0.41	3.06
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	113.4%	89.5%	104.4%	125.0%	92.4%
ISB-3.2	30.20	80.5%	88.3%	87.6%	150.0%	88.0%
constant 20 km/h	20.00	87.9%	72.1%	51.5%	6.3%	69.6%
constant 30 km/h	30.00	18.8%	79.4%	65.4%	31.3%	75.3%
constant 40 km/h	40.00	15.4%	80.4%	67.8%	68.8%	76.6%
constant 50 km/h	50.00	17.4%	81.9%	57.7%	168.8%	76.3%
v_max	57.00	65.1%	99.2%	90.8%	256.3%	96.8%

Tabelle 13: Messergebnisse für Kleinkraftrad 4 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	fuel cons.
type approval	18.76	3.16	61.42	2.2	0.02	3.11
ISB-3.1	22.61	2.46	59.34	2.01	0.04	2.95
ISB-3.2	30.20	4.08	55.19	2.04	0.04	2.89
constant 20 km/h	20.00	0.22	52.05	0.84	0.03	2.33
constant 30 km/h	30.00	0.18	47.04	0.67	0.03	2.10
constant 40 km/h	40.00	0.51	47.96	0.92	0.04	2.19
v_max	49.00	4	52.14	1.93	0.04	2.73
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	77.8%	96.6%	91.4%	200.0%	94.9%
ISB-3.2	30.20	129.1%	89.9%	92.7%	200.0%	92.9%
constant 20 km/h	20.00	7.0%	84.7%	38.2%	150.0%	74.9%
constant 30 km/h	30.00	5.7%	76.6%	30.5%	150.0%	67.5%
constant 40 km/h	40.00	16.1%	78.1%	41.8%	200.0%	70.4%
v_max	49.00	126.6%	84.9%	87.7%	200.0%	87.8%

Tabelle 14: Messergebnisse für Kleinkraftrad 5 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	10.15	43.01	6.09	0.06	3.32
ISB-3.1	22.61	9.52	40.57	7.46	0.11	3.36
ISB-3.2	30.20	11.61	38.68	6.57	0.09	3.29
constant 20 km/h	20.00	6.19	34.89	2.94	0.02	2.29
constant 30 km/h	30.00	11.64	28.62	3.57	0.02	2.47
constant 40 km/h	40.00	5.21	37.14	3.97	0.06	2.45
constant 50 km/h	50.00	14.08	37.64	4.61	0.05	3.15
v_max	55.40	14.49	42.22	7.32	0.07	3.74
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	93.8%	94.3%	122.5%	183.3%	101.2%
ISB-3.2	30.20	114.4%	89.9%	107.9%	150.0%	99.1%
constant 20 km/h	20.00	61.0%	81.1%	48.3%	33.3%	69.0%
constant 30 km/h	30.00	114.7%	66.5%	58.6%	33.3%	74.4%
constant 40 km/h	40.00	51.3%	86.4%	65.2%	100.0%	73.8%
constant 50 km/h	50.00	138.7%	87.5%	75.7%	83.3%	94.9%
v_max	55.40	142.8%	98.2%	120.2%	116.7%	112.7%

Tabelle 15: Messergebnisse für Kleinkrafttrad 7 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	fuel cons.
type approval	18.76	7.9	59.9	2	0.01	3.36
ISB-3.1	22.61	7.84	54.03	1.86	0.03	3.06
ISB-3.2	30.20	8.38	52.09	1.64	0.03	2.99
constant 20 km/h	20.00	5.11	55.79	1.46	0	2.90
constant 30 km/h	30.00	4.39	48.81	1.42	0	2.55
constant 40 km/h	40.00	8.59	43.21	1.64	0.01	2.62
constant 50 km/h	50.00	10.23	48.48	1.34	0.02	2.92
v_max	56.10	8.57	65.9	1.54	0.05	3.57
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	99.2%	90.2%	93.0%	300.0%	91.1%
ISB-3.2	30.20	106.1%	87.0%	82.0%	300.0%	89.0%
constant 20 km/h	20.00	64.7%	93.1%	73.0%	0.0%	86.3%
constant 30 km/h	30.00	55.6%	81.5%	71.0%	0.0%	75.9%
constant 40 km/h	40.00	108.7%	72.1%	82.0%	100.0%	78.0%
constant 50 km/h	50.00	129.5%	80.9%	67.0%	200.0%	86.9%
v_max	56.10	108.5%	110.0%	77.0%	500.0%	106.3%

Tabelle 16: Messergebnisse für Kleinkraftrad 8 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	fuel cons.
type approval	18.76	3.43	63.16	1.81	0.03	3.15
ISB-3.1	22.61	2.94	60.74	1.96	0.06	3.03
ISB-3.2	30.20	2.39	57.94	1.29	0.08	2.79
constant 20 km/h	20.00	1.92	55.27	1.09	0	2.62
constant 30 km/h	30.00	4.51	45.65	1.32	0	2.41
constant 40 km/h	40.00	2.09	47.74	0.9	0.01	2.28
constant 50 km/h	50.00	0.28	53.8	0.6	0.23	2.38
v_max	57.30	1.68	71.08	1.27	0.36	3.29
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	85.7%	96.2%	108.3%	200.0%	96.2%
ISB-3.2	30.20	69.7%	91.7%	71.3%	266.7%	88.6%
constant 20 km/h	20.00	56.0%	87.5%	60.2%	0.0%	83.2%
constant 30 km/h	30.00	131.5%	72.3%	72.9%	0.0%	76.5%
constant 40 km/h	40.00	60.9%	75.6%	49.7%	33.3%	72.4%
constant 50 km/h	50.00	8.2%	85.2%	33.1%	766.7%	75.6%
v_max	57.30	49.0%	112.5%	70.2%	1200.0%	104.4%

Tabelle 17: Messergebnisse für Kleinkraftrad 9 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

test cycle	v_ave km/h	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
		CO	CO2	HC	NOx	fuel cons.
type approval	18.76	2.66	77.21	1.36	0.05	3.63
ISB-3.1	22.61	3.68	69.06	2.08	0.05	3.45
ISB-3.2	30.20	2.92	63.55	1.29	0.09	3.06
constant 20 km/h	20.00	3.75	56.77	1.91	0	2.91
constant 30 km/h	30.00	3.71	46.79	1.62	0	2.45
constant 40 km/h	40.00	2.18	48.36	1.27	0.01	2.36
constant 50 km/h	50.00	0.99	56.22	0.76	0.04	2.55
v_max	60.40	2.52	72.92	1.6	0.09	3.47
test cycle	v_ave km/h	Emission relative to type approval cycle				
		CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%
ISB-3.1	22.61	138.3%	89.4%	152.9%	100.0%	95.0%
ISB-3.2	30.20	109.8%	82.3%	94.9%	180.0%	84.3%
constant 20 km/h	20.00	141.0%	73.5%	140.4%	0.0%	80.2%
constant 30 km/h	30.00	139.5%	60.6%	119.1%	0.0%	67.5%
constant 40 km/h	40.00	82.0%	62.6%	93.4%	20.0%	65.0%
constant 50 km/h	50.00	37.2%	72.8%	55.9%	80.0%	70.2%
v_max	60.40	94.7%	94.4%	117.6%	180.0%	95.6%

Tabelle 18: Messergebnisse für Kleinkraftrad 10 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

	v_ave	Emission in g/km, fuel cons. in l/100 km				
test cycle	km/h	CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	7.92	62.72	0.72	0	3.28
ISB-3.1	22.61	9.19	64.4	0.91	0.01	3.46
ISB-3.2	30.20	10.56	58.37	0.77	0	3.28
constant 20 km/h	20.00	3.53	48.17	0.8	0	2.38
constant 30 km/h	30.00	7.48	42.36	1.2	0	2.45
constant 40 km/h	40.00	4.57	51.56	0.44	0	2.55
constant 50 km/h	50.00	12.28	52.42	0.97	0	3.17
v_max	55.40	12.97	62.03	0.7	0	3.59
	v_ave	Emission relative to type approval cycle				
test cycle	km/h	CO	CO2	HC	NOx	mKr
type approval	18.76	100.0%	100.0%	100.0%		100.0%
ISB-3.1	22.61	116.0%	102.7%	126.4%		105.5%
ISB-3.2	30.20	133.3%	93.1%	106.9%		100.0%
constant 20 km/h	20.00	44.6%	76.8%	111.1%		72.6%
constant 30 km/h	30.00	94.4%	67.5%	166.7%		74.7%
constant 40 km/h	40.00	57.7%	82.2%	61.1%		77.7%
constant 50 km/h	50.00	155.1%	83.6%	134.7%		96.6%
v_max	55.40	163.8%	98.9%	97.2%		109.5%

Tabelle 19: Messergebnisse für Kleinkraftrad 11 aus dem Schweizer Messprogramm von 1997

Die Ergebnisse fallen je nach Fahrzeug individuell sehr verschieden aus. In den meisten Fällen sind die Emissionen sowie der Kraftstoffverbrauch jedoch bei konstanter Geschwindigkeit deutlich niedriger als beim Typprüfzyklus oder den Realzyklen oder bei Höchstgeschwindigkeit. In 2/3 der Fälle sind die CO-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch bei Höchstgeschwindigkeit höher als beim Typprüfzyklus. Die NOx-Emissionen sind im Durchschnitt bei v_max doppelt so hoch wie im Typprüfzyklus, allerdings insgesamt auf einem sehr niedrigen Niveau. Die HC-Emissionen sind dagegen bei v_max rund 13% niedriger als beim Typprüfzyklus.

Allerdings sind die Streuungen um die Mittelwerte sehr groß, in Einzelfällen ergibt sich sogar ein umgekehrter Trend. Deshalb wird vorgeschlagen, für Kleinkrafträder nur einen Emissionsfaktor festzulegen, der am Typprüfzyklus orientiert ist.

Für die EU sind die Emissionsgrenzwerte für Kleinkrafträder in der Richtlinie 97/24/EG festgelegt. Die Grenzwerte der ersten Stufe, die von 2000 bis 2002 verbindlich waren betragen 6 g/km für CO und 3 g/km für die Summe aus HC und NOx. Ab 2003 sind die Grenzwerte der zweiten Stufe verbindlich, die für CO 1 g/km und für die Summe aus HC und NOx 1,2 g/km betragen. Um zur Systematik der Motorrad-Klassen kompatibel zu bleiben, wird die erste Stufe mit „EURO 1“, die zweite Stufe mit „EURO 2“ bezeichnet. Eine weitere zukünftige Grenzwertstufe (EURO 3) wird zur Zeit in der EU diskutiert, ist aber noch nicht konkret absehbar.

Entsprechend der früheren Systematik wurden die Ergebnisse zur Ableitung von Emissionsfaktoren noch in Mofas (v_{\max} bis 30 km/h) und Mopeds (v_{\max} bis 50 km/h) unterteilt, dies auch im Hinblick darauf, dass die CO₂-Emissionen und die Kraftstoffverbräuche zwischen beiden Untergruppen signifikant unterschiedlich sind. Die Unterteilung nach Emissionsstufen ergibt sich zu:

1. Bis ECE R 47,
2. 97/24/EG Stufe 1 (EURO 1),
3. 97/24/EG Stufe 2 (EURO 2)

Bei den Mopeds konnten Werte für die Emissionsstufen 1 und 2 aus Messergebnissen abgeleitet werden. Für EURO 2 wurden die Grenzwerte auch als Emissionsfaktoren verwendet. Bei den Mofas gab es zwei Fahrzeuge, deren Messergebnisse nach dem Typprüfzyklus die Grenzwerte der Emissionsstufe 3 einhalten. Hier wurde daher deren Mittelwerte als Emissionsfaktoren verwendet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 20 bis Tabelle 23 mit eingearbeitet. Es ist zu beachten, dass die in Tabelle 23 angegebenen CO₂-Werte nicht die bisher dargestellten Messwerte im Abgas repräsentieren sondern aus dem Kraftstoffverbrauch rückgerechnet wurden, so dass die gesamte Kohlenstoffbilanz berücksichtigt ist.

Es wird empfohlen, auf die früher zusätzlich verwendeten Emissionsfaktoren für konstante Geschwindigkeit zu verzichten, da diese zu falschen Schlüssen hinsichtlich der in der Praxis auftretenden Emissionen führen können (siehe z.B. Bild 56 und Bild 57).

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

Driving pattern	average speed in km/h	Mofa	Moped	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot
		ECE R 47, Mofa	ECE R 47, Moped	ECE R 40, <=150 cm ³ , 2-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	ECE R 40, <=150 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	4.84	4.39	27.4518	22.6231	1.1180	0.7883	2.6339	2.6339
ZR2	26	4.84	4.39	21.1313	17.5756	0.9331	0.6589	2.0692	2.0692
ZR3	41.5	4.84	4.39	17.4173	12.4586	0.7764	0.5290	1.5158	1.5158
ZR4	63.5	4.84	4.39	17.1908	9.4848	0.7330	0.4556	1.2239	1.2239
ZR5	69			17.4827	9.0377	0.7345	0.4449	1.1850	1.1850
ZR6	79.8			18.2669	8.3390	0.7449	0.4479	1.1292	1.1292
ZR7	84.8			18.7008	8.0758	0.7523	0.4499	1.1104	1.1104
ZR8	107			20.2100	7.2043	0.7813	0.4636	1.0607	1.0607
ZR9	115			20.2100	6.9727	0.7813	0.4636	1.0523	1.0523
ZR10	139			20.2100	6.9727	0.7813	0.4636	1.0455	1.0455
Driving pattern	average speed in km/h	EURO I, Mofa	EURO I, Moped	EURO I, <=150 cm ³ , 2-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO I, <=150 cm ³ , 4-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO I, >250 cm ³ , 4-str	EURO I, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	3.73	3.32	6.6187	9.1721	1.1180	0.7883	2.0954	2.0954
ZR2	26	3.73	3.32	5.3736	7.3665	0.9331	0.6589	1.6363	1.6363
ZR3	41.5	3.73	3.32	4.4291	5.5831	0.7764	0.5290	1.1898	1.1898
ZR4	63.5	3.73	3.32	4.3715	4.6194	0.7330	0.4556	0.9716	0.9716
ZR5	69			4.4458	4.4868	0.7345	0.4449	0.9478	0.9478
ZR6	79.8			4.6452	4.2919	0.7449	0.4479	0.9204	0.9204
ZR7	84.8			4.7555	4.2237	0.7523	0.4499	0.9145	0.9145
ZR8	107			5.1393	4.0295	0.7813	0.4636	0.9252	0.9252
ZR9	115			5.1393	3.9897	0.7813	0.4636	0.9408	0.9408
ZR10	139			5.1393	3.9897	0.7813	0.4636	1.0131	1.0131
Driving pattern	average speed in km/h	EURO II, Mofa	EURO II, Moped	EURO II, <=150 cm ³ , 2-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO II, <=150 cm ³ , 4-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO II, >250 cm ³ , 4-str	EURO II, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	1.20	1.20	3.5145	5.0752	0.4990	0.5325	0.4881	0.4881
ZR2	26	1.20	1.20	2.8534	4.0761	0.4375	0.4566	0.3767	0.3767
ZR3	41.5	1.20	1.20	2.3519	3.0893	0.3984	0.3656	0.2672	0.2672
ZR4	63.5	1.20	1.20	2.3213	2.5561	0.4113	0.2911	0.2131	0.2131
ZR5	69			2.3607	2.4827	0.4193	0.2762	0.2065	0.2065
ZR6	79.8			2.4666	2.3749	0.4378	0.2707	0.1978	0.1978
ZR7	84.8			2.5252	2.3371	0.4474	0.2679	0.1951	0.1951
ZR8	107			2.7290	2.2297	0.4790	0.2651	0.1905	0.1905
ZR9	115			2.7290	2.2076	0.4790	0.2651	0.1909	0.1909
ZR10	139			2.7290	2.2076	0.4790	0.2651	0.1992	0.1992
Driving pattern	average speed in km/h			EURO III, <=150 cm ³ , 2-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO III, <=150 cm ³ , 4-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO III, >250 cm ³ , 4-str	EURO III, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19			2.1939	2.4921	0.3115	0.2615	0.2396	0.2396
ZR2	26			1.7812	2.0015	0.2731	0.2242	0.1850	0.1850
ZR3	41.5			1.4681	1.5169	0.2487	0.1795	0.1312	0.1312
ZR4	63.5			1.4490	1.2551	0.2568	0.1429	0.1046	0.1046
ZR5	69			1.4736	1.2191	0.2617	0.1356	0.1014	0.1014
ZR6	79.8			1.5397	1.1661	0.2733	0.1329	0.0971	0.0971
ZR7	84.8			1.5763	1.1476	0.2793	0.1316	0.0958	0.0958
ZR8	107			1.7035	1.0948	0.2990	0.1302	0.0935	0.0935
ZR9	115			1.7035	1.0840	0.2990	0.1302	0.0938	0.0938
ZR10	139			1.7035	1.0840	0.2990	0.1302	0.0978	0.0978

Tabelle 20: Emissionsfaktoren für HC

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

Driving pattern	average speed in km/h	Mofa	Moped	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot
		ECE R 47, Mofa	ECE R 47, Moped	ECE R 40, <=150 cm ³ , 2-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	ECE R 40, <=150 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	11.38	10.32	19.586	17.496	11.707	6.332	18.466	18.4656
ZR2	26	11.38	10.32	17.737	15.006	10.296	6.296	15.674	15.6745
ZR3	41.5	11.38	10.32	18.429	13.746	10.090	7.512	14.050	14.0499
ZR4	63.5	11.38	10.32	22.799	14.965	11.861	10.154	14.969	14.9688
ZR5	69			24.126	15.478	12.447	10.878	15.421	15.4213
ZR6	79.8			26.872	16.611	13.683	12.337	16.445	16.4447
ZR7	84.8			28.192	17.178	14.284	13.026	16.964	16.9637
ZR8	107			32.330	19.903	16.190	15.153	19.492	19.4918
ZR9	115			32.330	20.943	16.190	15.153	20.465	20.4648
ZR10	139			32.330	20.943	16.190	15.153	23.504	23.5042
Driving pattern	average speed in km/h	EURO I, Mofa	EURO I, Moped	EURO I, <=150 cm ³ , 2-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO I, <=150 cm ³ , 4-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO I, >250 cm ³ , 4-str	EURO I, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	5.00	4.46	17.079	15.254	3.414	14.204	13.749	13.7486
ZR2	26	5.00	4.46	15.783	13.034	2.950	13.209	11.264	11.2639
ZR3	41.5	5.00	4.46	16.415	11.464	3.185	12.217	9.454	9.4543
ZR4	63.5	5.00	4.46	19.792	11.603	4.170	11.666	9.564	9.5645
ZR5	69			20.807	11.802	4.461	11.588	9.809	9.8092
ZR6	79.8			22.905	12.291	5.061	11.470	10.412	10.4118
ZR7	84.8			23.911	12.550	5.348	11.428	10.734	10.7336
ZR8	107			27.062	13.867	6.244	11.331	12.392	12.3924
ZR9	115			27.062	14.387	6.244	11.331	13.061	13.0606
ZR10	139			27.062	14.387	6.244	11.331	15.228	15.2281
Driving pattern	average speed in km/h	EURO II, Mofa	EURO II, Moped	EURO II, <=150 cm ³ , 2-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO II, <=150 cm ³ , 4-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO II, >250 cm ³ , 4-str	EURO II, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	1.00	1.00	13.503	9.358	2.474	8.714	5.309	5.3093
ZR2	26	1.00	1.00	12.478	7.996	2.997	8.103	4.158	4.1577
ZR3	41.5	1.00	1.00	12.978	7.032	4.628	7.495	2.896	2.8959
ZR4	63.5	1.00	1.00	15.648	7.118	7.279	7.157	2.064	2.0636
ZR5	69			16.451	7.240	7.965	7.109	1.934	1.9341
ZR6	79.8			18.109	7.540	9.326	7.037	1.739	1.7387
ZR7	84.8			18.904	7.699	9.961	7.010	1.672	1.6719
ZR8	107			21.396	8.507	11.903	6.951	1.656	1.6562
ZR9	115			21.396	8.826	11.903	6.951	1.667	1.6671
ZR10	139			21.396	8.826	11.903	6.951	1.732	1.7324
Driving pattern	average speed in km/h			EURO III, <=150 cm ³ , 2-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO III, <=150 cm ³ , 4-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO III, >250 cm ³ , 4-str	EURO III, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19			7.459	6.731	1.367	6.267	3.819	3.8187
ZR2	26			6.893	5.751	1.655	5.828	2.990	2.9904
ZR3	41.5			7.169	5.058	2.556	5.390	2.083	2.0829
ZR4	63.5			8.644	5.120	4.021	5.148	1.484	1.4842
ZR5	69			9.087	5.207	4.400	5.113	1.391	1.3911
ZR6	79.8			10.003	5.423	5.152	5.061	1.251	1.2505
ZR7	84.8			10.443	5.538	5.502	5.042	1.203	1.2025
ZR8	107			11.819	6.119	6.575	4.999	1.191	1.1912
ZR9	115			11.819	6.348	6.575	4.999	1.199	1.1991
ZR10	139			11.819	6.348	6.575	4.999	1.246	1.2460

Tabelle 21: Emissionsfaktoren für CO

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

Driving pattern	average speed in km/h	Mofa	Moped	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot
		ECE R 47, Mofa	ECE R 47, Moped	ECE R 40, <=150 cm ³ , 2-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	ECE R 40, <=150 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, > 250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	0.025	0.035	0.03925	0.01314	0.10615	0.22348	0.08086	0.0809
ZR2	26	0.025	0.035	0.02868	0.00961	0.12286	0.23745	0.08691	0.0869
ZR3	41.5	0.025	0.035	0.06122	0.01100	0.16669	0.28133	0.13326	0.1333
ZR4	63.5	0.025	0.035	0.11663	0.02279	0.23374	0.35275	0.25021	0.2502
ZR5	69			0.13088	0.02594	0.25084	0.37124	0.28027	0.2803
ZR6	79.8			0.15910	0.03227	0.28461	0.40792	0.33978	0.3398
ZR7	84.8			0.17224	0.03524	0.30032	0.42503	0.36750	0.3675
ZR8	107			0.21241	0.04863	0.34824	0.47740	0.49139	0.4914
ZR9	115			0.21241	0.05351	0.34824	0.47740	0.53626	0.5363
ZR10	139			0.21241	0.05351	0.34824	0.47740	0.67131	0.6713
Driving pattern	average speed in km/h	EURO I, Mofa	EURO I, Moped	EURO I, <=150 cm ³ , 2-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO I, <=150 cm ³ , 4-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO I, > 250 cm ³ , 4-str	EURO I, > 750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	0.022	0.035	0.03925	0.01060	0.20872	0.10324	0.15798	0.1580
ZR2	26	0.022	0.035	0.02868	0.01852	0.23998	0.11666	0.16421	0.1642
ZR3	41.5	0.022	0.035	0.04556	0.03830	0.33738	0.17501	0.22045	0.2204
ZR4	63.5	0.022	0.035	0.08991	0.06799	0.49560	0.42617	0.34797	0.3480
ZR5	69			0.10162	0.07553	0.53653	0.49892	0.38218	0.3822
ZR6	79.8			0.12498	0.09039	0.61774	0.64722	0.45130	0.4513
ZR7	84.8			0.13593	0.09729	0.65561	0.71826	0.48408	0.4841
ZR8	107			0.16953	0.12804	0.77151	0.94323	0.63486	0.6349
ZR9	115			0.16953	0.13916	0.77151	0.94323	0.69113	0.6911
ZR10	139			0.16953	0.13916	0.77151	0.94323	0.86557	0.8656
Driving pattern	average speed in km/h	EURO II, Mofa	EURO II, Moped	EURO II, <=150 cm ³ , 2-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO II, <=150 cm ³ , 4-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO II, > 250 cm ³ , 4-str	EURO II, > 750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	0.020	0.020	0.09184	0.01060	0.09184	0.18335	0.10147	0.1015
ZR2	26	0.020	0.020	0.06712	0.01852	0.06712	0.20209	0.10136	0.1014
ZR3	41.5	0.020	0.020	0.10660	0.03830	0.10660	0.27892	0.14580	0.1458
ZR4	63.5	0.020	0.020	0.21039	0.06799	0.21039	0.42178	0.26075	0.2608
ZR5	69			0.23778	0.07553	0.23778	0.45935	0.29325	0.2933
ZR6	79.8			0.29246	0.09039	0.29246	0.53452	0.35824	0.3582
ZR7	84.8			0.31807	0.09729	0.31807	0.56985	0.38878	0.3888
ZR8	107			0.39671	0.12804	0.39671	0.67898	0.52732	0.5273
ZR9	115			0.39671	0.13916	0.39671	0.67898	0.57829	0.5783
ZR10	139			0.39671	0.13916	0.39671	0.67898	0.73422	0.7342
Driving pattern	average speed in km/h			EURO III, <=150 cm ³ , 2-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO III, <=150 cm ³ , 4-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO III, > 250 cm ³ , 4-str	EURO III, > 750 cm ³ , 4-str
ZR1	19			0.04665	0.00700	0.07121	0.12113	0.04495	0.0450
ZR2	26			0.03409	0.01223	0.07828	0.13351	0.03851	0.0385
ZR3	41.5			0.05415	0.02531	0.10120	0.18426	0.07116	0.0712
ZR4	63.5			0.10687	0.04492	0.13891	0.27865	0.17353	0.1735
ZR5	69			0.12079	0.04990	0.14869	0.30347	0.20433	0.2043
ZR6	79.8			0.14856	0.05971	0.16811	0.35312	0.26518	0.2652
ZR7	84.8			0.16157	0.06427	0.17718	0.37646	0.29348	0.2935
ZR8	107			0.20152	0.08459	0.20493	0.44856	0.41977	0.4198
ZR9	115			0.20152	0.09193	0.20493	0.44856	0.46546	0.4655
ZR10	139			0.20152	0.09193	0.20493	0.44856	0.60287	0.6029

Tabelle 22: Emissionsfaktoren für NOx

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

Driving pattern	average speed in km/h	Mofa	Moped	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot
		ECE R 47, Mofa	ECE R 47, Moped	ECE R 40, <=150 cm ³ , 2-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	ECE R 40, <=150 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, > 250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	65.67	84.21	181.93	153.36	70.87	101.60	136.43	194.45
ZR2	26	65.67	84.21	149.59	126.26	59.96	86.03	112.55	159.44
ZR3	41.5	65.67	84.21	136.54	104.23	54.82	76.70	94.16	130.22
ZR4	63.5	65.67	84.21	152.37	99.84	60.96	81.25	92.47	122.95
ZR5	69			158.70	100.59	63.42	83.62	93.73	123.50
ZR6	79.8			172.57	103.21	68.82	89.07	97.22	126.00
ZR7	84.8			179.48	104.80	71.51	91.84	99.19	127.63
ZR8	107			201.76	113.71	80.19	100.95	109.59	137.27
ZR9	115			201.76	117.43	80.19	100.95	113.81	141.40
ZR10	139			201.76	117.43	80.19	100.95	127.37	155.06
Driving pattern	average speed in km/h	EURO I, Mofa	EURO I, Moped	EURO I, <=150 cm ³ , 2-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO I, <=150 cm ³ , 4-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO I, > 250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	EURO I, > 750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	52.11	71.60	118.74	101.55	80.43	75.89	127.31	185.33
ZR2	26	52.11	71.60	100.61	84.84	69.51	67.52	104.25	151.14
ZR3	41.5	52.11	71.60	92.61	72.73	62.57	62.99	85.91	121.97
ZR4	63.5	52.11	71.60	103.98	73.16	64.56	66.47	83.17	113.66
ZR5	69			108.40	74.49	65.87	68.02	84.15	113.93
ZR6	79.8			118.02	77.82	68.94	71.55	87.08	115.85
ZR7	84.8			122.79	79.62	70.53	73.32	88.77	117.22
ZR8	107			138.16	88.80	75.81	79.09	98.00	125.68
ZR9	115			138.16	92.45	75.81	79.09	101.82	129.41
ZR10	139			138.16	92.45	75.81	79.09	114.26	141.96
Driving pattern	average speed in km/h	EURO II, Mofa	EURO II, Moped	EURO II, <=150 cm ³ , 2-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO II, <=150 cm ³ , 4-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO II, > 250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	EURO II, > 750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	37.81	59.44	110.10	79.29	76.99	66.46	108.95	166.97
ZR2	26	37.81	59.44	91.50	66.48	68.01	58.86	89.09	135.97
ZR3	41.5	37.81	59.44	81.06	57.86	63.64	55.05	72.67	108.74
ZR4	63.5	37.81	59.44	87.98	59.57	68.42	58.86	68.98	99.47
ZR5	69			91.21	60.96	70.38	60.45	69.43	99.20
ZR6	79.8			98.47	64.28	74.67	64.02	71.16	99.93
ZR7	84.8			102.13	66.01	76.81	65.80	72.25	100.70
ZR8	107			114.09	74.67	83.74	71.57	78.80	106.48
ZR9	115			114.09	78.05	83.74	71.57	81.53	109.13
ZR10	139			114.09	78.05	83.74	71.57	90.47	118.17
Driving pattern	average speed in km/h			EURO III, <=150 cm ³ , 2-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO III, <=150 cm ³ , 4-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO III, > 250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	EURO III, > 750 cm ³ , 4-str
ZR1	19			96.41	66.96	75.97	61.75	105.82	163.84
ZR2	26			79.32	56.38	64.97	54.54	86.64	133.53
ZR3	41.5			69.12	49.77	57.99	51.15	70.97	107.03
ZR4	63.5			74.20	52.30	60.38	55.23	67.72	98.21
ZR5	69			76.82	53.76	61.83	56.86	68.24	98.01
ZR6	79.8			82.79	57.12	65.19	60.48	70.07	98.84
ZR7	84.8			85.82	58.84	66.92	62.28	71.20	99.65
ZR8	107			95.79	67.31	72.63	68.08	77.76	105.44
ZR9	115			95.79	70.60	72.63	68.08	80.49	108.08
ZR10	139			95.79	70.60	72.63	68.08	89.39	117.08

Tabelle 23: Emissionsfaktoren für CO₂

Update der Emissionsfaktoren für Motorräder

Driving pattern	average speed in km/h	Mofa	Moped	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot	Mot
		ECE R 47, Mofa	ECE R 47, Moped	ECE R 40, <=150 cm ³ , 2-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	ECE R 40, <=150 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	ECE R 40, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	2.74	3.52	7.60	6.41	2.96	4.24	5.70	8.12
ZR2	26	2.74	3.52	6.25	5.28	2.51	3.59	4.70	6.66
ZR3	41.5	2.74	3.52	5.70	4.35	2.29	3.20	3.93	5.44
ZR4	63.5	2.74	3.52	6.37	4.17	2.55	3.40	3.86	5.14
ZR5	69			6.63	4.20	2.65	3.49	3.92	5.16
ZR6	79.8			7.21	4.31	2.88	3.72	4.06	5.26
ZR7	84.8			7.50	4.38	2.99	3.84	4.14	5.33
ZR8	107			8.43	4.75	3.35	4.22	4.58	5.74
ZR9	115			8.43	4.91	3.35	4.22	4.76	5.91
ZR10	139			8.43	4.91	3.35	4.22	5.32	6.48
Driving pattern	average speed in km/h	EURO I, Mofa	EURO I, Moped	EURO I, <=150 cm ³ , 2-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO I, <=150 cm ³ , 4-str	EURO I, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO I, >250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	EURO I, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	2.18	2.99	4.96	4.24	3.36	3.17	5.32	7.74
ZR2	26	2.18	2.99	4.20	3.54	2.90	2.82	4.36	6.31
ZR3	41.5	2.18	2.99	3.87	3.04	2.61	2.63	3.59	5.10
ZR4	63.5	2.18	2.99	4.34	3.06	2.70	2.78	3.48	4.75
ZR5	69			4.53	3.11	2.75	2.84	3.52	4.76
ZR6	79.8			4.93	3.25	2.88	2.99	3.64	4.84
ZR7	84.8			5.13	3.33	2.95	3.06	3.71	4.90
ZR8	107			5.77	3.71	3.17	3.30	4.09	5.25
ZR9	115			5.77	3.86	3.17	3.30	4.25	5.41
ZR10	139			5.77	3.86	3.17	3.30	4.77	5.93
Driving pattern	average speed in km/h	EURO II, Mofa	EURO II, Moped	EURO II, <=150 cm ³ , 2-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO II, <=150 cm ³ , 4-str	EURO II, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO II, >250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	EURO II, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19	1.58	2.48	4.60	3.31	3.22	2.78	4.55	6.98
ZR2	26	1.58	2.48	3.82	2.78	2.84	2.46	3.72	5.68
ZR3	41.5	1.58	2.48	3.39	2.42	2.66	2.30	3.04	4.54
ZR4	63.5	1.58	2.48	3.68	2.49	2.86	2.46	2.88	4.16
ZR5	69			3.81	2.55	2.94	2.53	2.90	4.14
ZR6	79.8			4.11	2.69	3.12	2.67	2.97	4.18
ZR7	84.8			4.27	2.76	3.21	2.75	3.02	4.21
ZR8	107			4.77	3.12	3.50	2.99	3.29	4.45
ZR9	115			4.77	3.26	3.50	2.99	3.41	4.56
ZR10	139			4.77	3.26	3.50	2.99	3.78	4.94
Driving pattern	average speed in km/h			EURO III, <=150 cm ³ , 2-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 2-str	EURO III, <=150 cm ³ , 4-str	EURO III, >150 up to 250 cm ³ , 4-str	EURO III, >250 cm ³ up to 750 cm ³ , 4-str	EURO III, >750 cm ³ , 4-str
ZR1	19			4.03	2.80	3.17	2.58	4.42	6.85
ZR2	26			3.31	2.36	2.71	2.28	3.62	5.58
ZR3	41.5			2.89	2.08	2.42	2.14	2.97	4.47
ZR4	63.5			3.10	2.19	2.52	2.31	2.83	4.10
ZR5	69			3.21	2.25	2.58	2.38	2.85	4.10
ZR6	79.8			3.46	2.39	2.72	2.53	2.93	4.13
ZR7	84.8			3.59	2.46	2.80	2.60	2.97	4.16
ZR8	107			4.00	2.81	3.03	2.84	3.25	4.41
ZR9	115			4.00	2.95	3.03	2.84	3.36	4.52
ZR10	139			4.00	2.95	3.03	2.84	3.73	4.89

Tabelle 24: Kraftstoffverbrauch für CO₂

5. Zusammenfassung

Im Rahmen der Zuarbeiten zum Update des Handbuchs für Emissionsfaktoren sollte auf der Grundlage einer Analyse der WMTC-Daten zum Fahrverhalten und neuer Emissions-Messdaten ein Vorschlag für eine neue Klassifizierung der Motorräder (Schichten) unter Berücksichtigung der Emissionsgesetzgebung in der Schweiz und in der EU erarbeitet werden. In einem zweiten Schritt sollten für diese neuen Schichten repräsentative Emissionsfaktoren auch prospektiv (bis EURO III) bestimmt werden, wobei die bisher verwendete Fahrmusterklassifizierung möglichst beibehalten werden sollte.

Die Ermittlung der Emissionsfaktoren umfasst die Schadstoffe HC, CO und NO_x sowie das für globale Klimateffekte bedeutsame CO₂.

Es war vorgesehen, auch Daten aus dem EU-Artemis-Projekt einzubeziehen. Dies konnte jedoch nicht geschehen, da diese Daten wegen zeitlicher Verzögerungen im Projekt noch nicht verfügbar sind.

Da die Emissionen im Rahmen der Typzulassung zukünftig auch mit Kaltstart erfasst werden müssen, war für eine Abschätzung der Auswirkung zukünftiger Gesetzgebung auf die (warmen) Emissionsfaktoren auch die Bestimmung des Kaltstarteinflusses erforderlich.

In die Analysen konnten neuere Messergebnisse aus der Schweiz, aus einem UBA-Vorhaben des TÜV-Nord/TÜV Automotive und aus den schweizerischen und deutschen Beiträgen zur Validierung Step 2 des WMTC einbezogen werden. Im UBA-Vorhaben und in der Schweiz wurden sowohl Kleinkrafträder als auch Motorräder gemessen, in die Validierung des WMTC sind nur Motorräder einbezogen worden.

Die Messergebnisse aus dem UBA-Vorhaben des TÜV-Nord/TÜV Automotive sowie aus der Validierung Step 2 des WMTC umfassen auch modale Daten, allerdings nicht für Kleinkrafträder. Die Validierung Step 2 des WMTC umfasste noch weitere 14 Fahrzeuge mit modalen Daten und weitere 28 Fahrzeuge mit Beutelwerten.

WMTC und NEDC wurden mit Kaltstart gemessen. Es zeigt sich, dass die 3 Messserien sehr unterschiedliches Untersuchungsdesign aufweisen. Allen gemeinsam ist lediglich der derzeit gültige Prüfzyklus nach ECE R40. Die Analyse der Ergebnisse lässt jedoch erkennen, dass es höchst problematisch ist, von den Ergebnissen des Typprüf-Zyklus auf die Emissionen in realen Verkehrssituationen zu schließen, da das Emissionsverhalten häufig auf diesen Zyklus optimiert worden ist.

Es liegen somit auch keine Messergebnisse vor, aus denen Emissionen durch Linearkombination bestimmt werden können. Andererseits war es auch nicht möglich, aus den vorliegenden Modaldaten Emissionsfunktionen abzuleiten, weder in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Beschleunigung, noch in Abhängigkeit von Motordrehzahl und Motorbelastung und insbesondere nicht für Fahrzeuge mit 3-Wege-Katalysator. Dennoch zeigten sich bei den meisten Fahrzeugen Abhängigkeiten der Emissionen von der mittleren Geschwindigkeit für Teilzyklen, wenn diese ausreichend lang gewählt wurden, um den Einfluss der Zeitverschiebung zwischen Betriebszustand und Probenahmestelle vernachlässigbar werden zu lassen. Dies ist bei Teilzyklen von 3 Minuten oder mehr gewährleistet.

Daher wurde bei der Analyse der Messergebnisse wie folgt vorgegangen:

Für die Fahrzeuge, für die Modaldaten vorliegen, wurden alle verfügbaren Zyklen in Teilzyklen aufgesplittet, wobei Stillstandszeiten als eigene Zyklenteile zusätzlich separat betrachtet wurden. Diese Aufspaltung macht nur Sinn, wenn mindestens 2 verschiedene mittlere Ge-

schwindigkeiten größer Null zustande kommen. Also kamen hier eigentlich nur der NEDC und der WMTC in Betracht.

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Für CO₂ und NO_x zeigt sich bei allen Fahrzeugen der erwartete Verlauf, wobei allerdings bei NO_x stärkere Streuungen auftreten können.

Für HC und CO zeigen sich im allgemeinen stärkere Streuungen, auch bei Wiederholungsmessungen; darüber hinaus ist das Geschwindigkeitsverhalten bei Kat-Fahrzeugen stärker durch die Regelcharakteristika der Katalysatoren bestimmt. Während bei Fahrzeugen ohne Katalysatoren die Emissionen in g/h im allgemeinen ansteigen, können bei Kat-Fahrzeugen auch Maxima im Bereich mittlerer Geschwindigkeiten auftreten. Der realitätsnähere WMTC zeigt deutlich größere Wiederholstreuungen als NEDC/ECE R 40.

In einem weiteren Schritt wurden die Ergebnisse durch Polynome bis zu 3. Grades approximiert und durch Division durch die Geschwindigkeit auf g/km bezogen. Diese Kurven wurden dann über der Geschwindigkeit vergleichend gegenübergestellt.

Parallel dazu wurde die Ergebnisse nach ECE R40 für alle Fahrzeuge - auch die, für die keine modalen Ergebnisse vorliegen, - entsprechend den für sie geltenden gesetzlichen Regelungen sowie ihrer Schadstoffminderungsmaßnahmen in Schichten zusammengefasst: Wegen der großen Überlappungsbereiche kann man keine Notwendigkeit erkennen, nach verschiedenen Schadstoffminderungsmaßnahmen zu unterscheiden. Daher wurde eine neue Klassifizierung von Schichten vorgenommen, die für das Handbuch-Update vorgeschlagen werden:

Innerhalb dieser Schichten wurden die vorliegenden Ergebnisse nach ECE R40 gemittelt. Ein zweiter Mittelwert wurde für diejenigen Fahrzeuge aus der jeweiligen Schicht berechnet, für die modale Ergebnisse vorliegen. Für diese wurden dann die Approximationskurven gemittelt und mit dem Verhältnis des Mittelwertes der Gesamtschicht und der „modalen“ Teilschicht multipliziert. Dieses Ergebnis wird als repräsentativ für die jeweilige Schicht betrachtet. Die beschriebene Vorgehensweise konnte bis EURO I angewandt werden.

Die Emissionsfaktoren für die Schichten EURO II und EURO III wurden aus den Grenzwerten und den Messergebnissen abgeleitet.

Obige Ausführungen betreffen Motorräder. Für Kleinkrafträder liegen aus dem UBA-Vorhaben und aus der Schweiz Emissionsmessungen vor. Bei den 11 Schweizerischen Fahrzeugen wurde der Typprüfzyklus und zusätzlich ein in der Schweiz entwickelter Realzyklus (ISB-3 genannt) in zwei verschiedenen Versionen mit unterschiedlichen mittleren Geschwindigkeiten gemessen. Bei 9 dieser Fahrzeuge wurden die Emissionen zusätzlich bei konstanten Geschwindigkeiten zwischen 20 km/h und 50 km/h ermittelt. Für diese Fahrzeuge konnten die Emissionen in Abhängigkeit von der mittleren Geschwindigkeit dargestellt werden, um Trends zu erkennen.

Die Ergebnisse fallen je nach Fahrzeug individuell sehr verschieden aus. In den meisten Fällen sind die Emissionen sowie der Kraftstoffverbrauch jedoch bei konstanter Geschwindigkeit deutlich niedriger als beim Typprüfzyklus oder den Realzyklen oder bei Höchstgeschwindigkeit. Allerdings sind die Streuungen um die Mittelwerte sehr groß, in Einzelfällen ergibt sich sogar ein umgekehrter Trend. Deshalb wird vorgeschlagen, für Kleinkrafträder nur einen Emissionsfaktor festzulegen, der am Typprüfzyklus orientiert ist.

Für die EU sind die Emissionsgrenzwerte für Kleinkrafträder in der Richtlinie 97/24/EG festgelegt. Die Grenzwerte der ersten Stufe, die von 2000 bis 2002 verbindlich waren betragen 6 g/km für CO und 3 g/km für die Summe aus HC und NOx. Ab 2003 sind die Grenzwerte der zweiten Stufe verbindlich, die für CO 1 g/km und für die Summe aus HC und NOx 1,2 g/km betragen. Um zur Systematik der Motorrad-Klassen kompatibel zu bleiben, wird die erste Stufe mit „EURO 1“, die zweite Stufe mit „EURO 2“ bezeichnet. Eine weitere zukünftige Grenzwertstufe (EURO 3) wird zur Zeit in der EU diskutiert, ist aber noch nicht konkret absehbar.

Entsprechend der früheren Systematik wurden die Ergebnisse zur Ableitung von Emissionsfaktoren noch in Mofas (v_{\max} bis 30 km/h) und Mopeds (v_{\max} bis 50 km/h) unterteilt, dies auch im Hinblick darauf, dass die CO₂-Emissionen und die Kraftstoffverbräuche zwischen beiden Untergruppen signifikant unterschiedlich sind.

Bei den Mopeds konnten Werte für die Emissionsstufen 1 und 2 aus Messergebnissen abgeleitet werden. Für EURO 2 wurden die Grenzwerte auch als Emissionsfaktoren verwendet. Bei den Mofas gab es zwei Fahrzeuge, deren Messergebnisse nach dem Typprüfzyklus die Grenzwerte der Emissionsstufe 3 einhalten. Hier wurde daher deren Mittelwerte als Emissionsfaktoren verwendet.

Es wird empfohlen, auf die früher zusätzlich verwendeten Emissionsfaktoren für konstante Geschwindigkeit zu verzichten, da diese zu falschen Schlüssen hinsichtlich der in der Praxis auftretenden Emissionen führen können.