

Laufleistungsabhängige Veränderungen der CO₂-Emissionen von neuen Pkw

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 121

bast

Laufleistungsabhängige Veränderungen der CO₂-Emissionen von neuen Pkw

von

Erik Pellmann

unter Mitarbeit von
Steffen Schmidt

DEKRA Automobil GmbH
Automobil Test Center
Klettwitz

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Fahrzeugtechnik Heft F 121

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt bei der Carl Schünemann Verlag GmbH, Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen, Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in der Regel in Kurzform im Informationsdienst **Forschung kompakt** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos angeboten; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit.

Ab dem Jahrgang 2003 stehen die **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen (BAST)** zum Teil als kostenfreier Download im elektronischen BAST-Archiv ELBA zur Verfügung.
<http://bast.opus.hbz-nrw.de>

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 84.0509/2012:
Laufleistungsabhängige Veränderungen der CO₂-Emissionen von neuen Pkw

Fachbetreuung
Bernd Bugsel

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0

Redaktion
Stabsstelle Presse und Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Fachverlag NW in der
Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7, D-28195 Bremen
Telefon: (04 21) 3 69 03 - 53
Telefax: (04 21) 3 69 03 - 48
www.schuenemann-verlag.de

ISSN 0943-9307
ISBN 978-3-95606-359-6

Bergisch Gladbach, Dezember 2017

Kurzfassung – Abstract

Laufleistungsabhängige Veränderungen der CO₂-Emissionen von neuen Pkw

Die Messung des Kraftstoffverbrauches und der CO₂-Emissionen stellt einen wichtigen Baustein im Rahmen des europäischen Typgenehmigungsverfahrens von Personenkraftwagen dar. Die Anforderungen sind dabei in der VO (EG) 715/2007 in Verbindung mit der VO (EG) 692/2008 und denen sich daraus entwickelnden Fassungen dargelegt. Diese Arbeit soll dabei wichtige Aspekte hinsichtlich der Überprüfung der ermittelten CO₂-Emissionen in Bezug auf die CoP (conformity of production) liefern.

Bei der Prüfung der Übereinstimmung mit der Produktion (CoP), werden Fahrzeuge stichprobenartig aus der Produktion entnommen und gemessen, wobei diese „0“ km Laufleistung aufweisen.

Bis sich der Kraftstoffverbrauch auf einen stabilen, etwa gleichbleibenden Wert eingeepegelt hat, ist in der Regel der fabrikneue Motor einzufahren. Auf Antrag des Herstellers können die Prüfungen an Fahrzeugen durchgeführt werden, die eine maximale Einfahrstrecke von 15.000 km zurückgelegt haben.

Ein alternatives Verfahren zu einer Einfahrprozedur ist, dass der Fahrzeughersteller anstelle des Fahrens der Einfahrstrecke einen festen Faktor als Entwicklungskoeffizient (EC) annehmen darf. Gemäß ECE-Regelung Nr. 101 beträgt dieser Faktor 0,92, d. h. die bei „0“ km gemessenen CO₂-Werte können um 8 % reduziert werden.

Die Aufgabenstellung dieses Forschungsvorhabens ist, die Datengrundlage durch Abgasrollenprüfstandsmessungen zu verbessern. Auf Grundlage dieser kann in einem weiteren Schritt abgeleitet werden, ob der Entwicklungskoeffizient in Höhe von 8 % für aktuelle Fahrzeuge noch Anwendung finden kann oder ob im Rahmen der Überarbeitung der Messverfahren und Randbedingungen (WLTP) ein abweichender Wert abgeleitet werden muss.

Dazu wurden in dieser Arbeit insgesamt 25 Fahrzeuge in zwei Stützstellen bei „0“ und „15.000“ km auf einem Abgasrollenprüfstand hinsichtlich der CO₂-Emissionen und des Kraftstoffverbrauches gemessen. Um eine ausreichende Repräsentativität zu erhalten, wurde eine hinreichend große Anzahl

von Fahrzeugen aus verschiedenen Segmenten und mit unterschiedlichen Antriebskonzepten (Otto, Diesel, Handschalter, Automat, Allrad etc.) der Abgasstufen Euro 5 und Euro 6 untersucht.

Es stellte sich heraus, dass sich die untersuchten Fahrzeuge hinsichtlich der in beiden Stützstellen gemessenen CO₂-Emissionen signifikant verbesserten. Der Mittelwert der prozentual ermittelten Abweichungen aller Datensätze lag bei -3,3 %, wobei die Bandbreite der Messergebnisse von +1,8 % bis -7,3 % reichte. Ferner konnte festgestellt werden, dass der Einlaufprozess der Fahrzeuge kontinuierlich und während der ersten Kilometer am höchsten ausgeprägt ist.

Dies bedeutet, dass auch in Zukunft für den Zweck der CoP geeignete Verfahren existieren müssen, welche die Einlaufeffekte berücksichtigen. Da der praktische Aufwand sehr hoch ist, für alle Fahrzeuge individuelle Entwicklungskoeffizienten zu ermitteln, sollte auch weiterhin ein fester Entwicklungskoeffizient als Alternativvariante vorgesehen werden.

Die im Rahmen des Projektes gewonnenen aktuellen Daten liefern wichtige Erkenntnisgewinne. Dies ist umso bedeutsamer, da derzeit auch keine anderen Untersuchungen zu dieser Thematik durchgeführt worden sind. Die Resultate dieser Studie können direkt in die Entwicklung der neuen WLTP-Vorschrift einfließen.

Mileage-depending changes in CO₂ emissions of new passenger vehicles

The measurement of fuel consumption and CO₂ emissions is an important part within the scope of the European type approval procedure for passenger vehicles. The requirements are presented in Regulation (EC) 715/2007 in connection with Regulation (EC) 692/2008, and any versions developed based on them. This work should deliver important aspects with respect to the verification of the determined CO₂ emissions relative to CoP (Conformity of Production).

The brand-new engine must usually be driven in, until fuel consumption adjusts to a stable, approx. constant value. Upon request by the manufacturer, the tests can be performed on vehicles that have driven a maximum run-in distance of 15,000 km.

As alternative, the vehicle manufacturer may assume a fixed factor as development coefficient (DC) instead of driving the drive-in distance. According to ECE Regulation No. 101, this factor amounts to 0.92. This means that the CO₂ values measured at "0 km" can be reduced by 8%.

The task of this research project is to improve the data basis with measurements on an exhaust roller dynamometer test bench. Based on these, it can be derived in a next step, whether the development coefficient of 8% can be still applied for current vehicles or whether a different value must be derived. This is an issue within the scope of the revision of measurement procedure and boundary conditions (WLTP) in the course of the WLTP transposition into EU-legislation.

In this work, 25 vehicles were measured at "0 km" and "15,000 km" on an exhaust roller dynamometer test bench with respect to CO₂ emissions and fuel consumption. To achieve sufficient representative nature, a sufficiently large number of vehicles from different segments and with different drive concepts (gasoline, diesel, manual transmission, automatic transmission, all-wheel drive etc.) of emission standards Euro 5 and Euro 6 has been tested.

It turned out that the investigated vehicles improved significantly with respect to the CO₂ emissions measured at the two points. The mean value of the deviations of all data sets determined in percentages amounted to -3.3%. The range of the measurement results was +1.8% to -7.3%. It was also determined that the run-in process of the vehicles has a

continuous characteristic. It is most pronounced during the first kilometres.

This means that for the purpose of CoP a suitable procedure, which considers run-in effects, must still exist in the future. As the producing of individual development coefficients for all vehicles requires great effort, an appropriate alternative in form of a fixed development coefficient should be provided further on.

The data delivered within the scope of the project provide important and valuable findings in knowledge. This is even more important, as at present no other investigations have been carried out regarding this topic. The results of this study can be implemented directly into the development of the new WLTP Regulation.

Summary

Mileage-depending changes in CO₂ emissions of new passenger vehicles

1 Introduction and Objective

The measurement of fuel consumption and CO₂ emissions is an important part within the scope of the European type approval procedure for passenger vehicles. The requirements are presented in Regulation (EC) 715/2007 in connection with Regulation (EC) 692/2008, and any versions developed based on them. The Regulations mentioned refer in individual passages to ECE Regulations 83 and 101. Within the new WLTP measuring procedure, which currently is still in the validation phase, the focus will be even more on the determination of CO₂ emissions. Some of the main tasks are to state fuel consumption in a more realistic manner and to further improve the procedure. This work should deliver important aspects with respect to the verification of the determined CO₂ emissions relative to CoP (Conformity of Production).

Within the scope of type testing, CO₂ emissions and fuel consumption are determined on test vehicles that have been run in. The CO₂ value applicable as type approval value (according to manufacturer information) can be accepted if the value measured by the Technical Service does not deviate by more than 4%.

When verifying Conformity of Production (CoP), vehicles are randomly selected from the production and measured with a mileage of "0 km".

The brand-new engine must usually be driven in, until fuel consumption adjusts to a stable, approximately constant value. For this reason, two alternative methods of determining the CO₂ value are provided in ECE Regulation No. 101.

Upon request by the manufacturer, the tests can be performed on vehicles that have driven a maximum run-in distance of 15,000 km. The manufacturer must run in the vehicle in a cycle not specified in more detail. However, he must ensure that no new adjustments are made during this time. The emissions of the vehicle, e. g., type testing vehicle,

are measured at 0 and 15,000 km. The development coefficient is calculated using an equation (development coefficient = emission at 0 km/ emission at 15,000 km). If this coefficient is smaller than 1, it is permissible to multiply the CO₂ emissions of not driven-in vehicles (0 km) with this factor in line with ECE Regulation No. 101.

As an alternative, the vehicle manufacturer may apply a fixed factor as development coefficient (DC) instead of driving the drive-in distance. According to ECE Regulation No. 101, this factor amounts to 0.92. This means that the CO₂ values measured at "0 km" can be reduced by 8%. This procedure has been adopted by many vehicle manufacturers, as it does not require any further measurements.

The task of this research project is to improve the data basis with measurements on an exhaust roller dynamometer test bench. Based on these data, it can be derived in a next step, whether the development coefficient of 8% can be still applied for current vehicles or whether a different value must be derived. This is an issue within the scope of the revision of measurement procedure and boundary conditions (WLTP) in the course of the WLTP transposition into EU-legislation.

2 Test Execution and Analysis

In this work, 25 vehicles were measured at “0 km” and “15,000 km” on an exhaust roller dynamometer test bench with respect to CO₂ emissions and fuel consumption. To achieve sufficient representative nature, a sufficiently large number of vehicles from different segments and with different drive concepts (gasoline, diesel, manual transmission, automatic transmission, all-wheel drive etc.) of emission standards Euro 5 and Euro 6 has been tested. Figure 1 shows the test sequence.

Table 1 shows the test results with respect to the determined CO₂ values. As it was shown in the figure above, the CO₂ value for the “0 km” and “15,000 km” points result from the mean value of two exhaust measurements (measuring pairs). The difference between the “0 km” and “15,000 km” measuring points are displayed as absolute values in [g/km] as well as relative values in [%].

When analysing the values, it becomes clear that a change in CO₂ emissions can be observed in general between the described points. A significant

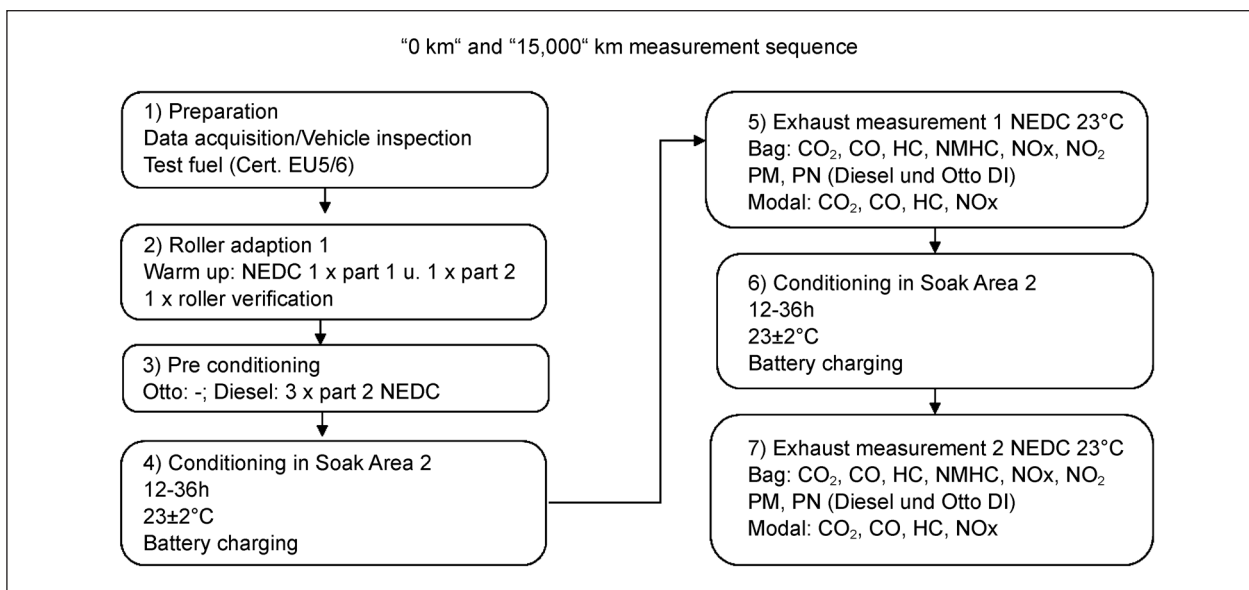


Figure 1: Measurement sequence

No.	Make	Trade name	Type	Engine type	Max. Net power [kW]	Transmission	"0" [km]	"15000" [km]	CO ₂ [g/km]		Diff [g/km]	Diff [%]
									MW 0 km	MW 15000 km		
1	VW	UP!	AA	Petrol MPI	44	MT	415	16007	104,2	105,7	1,6	1,5
2	Skoda	Octavia RS	5E	Petrol DI	162	MT	6	15669	162,4	159,9	-2,5	-1,6
3	BMW	BMW 525d	5K	Diesel	160	ATW	530	17938	146,0	138,2	-7,8	-5,6
4	Skoda	Octavia RS	5E	Diesel	135	ATD	39	18593	131,6	134,1	2,4	1,8
5	Audi	Audi A1	8X	Petrol DI	63	MT	200	14503	136,9	133,3	-3,5	-2,7
6	Skoda	Skoda Fabia	5J	Diesel	77	MT	8	12837	134,1	124,9	-9,2	-7,3
7	VW	VW Polo	6R	Petrol DI	51	MT	5	15747	142,6	139,8	-2,8	-2,0
8	Audi	Audi A6	4G	Diesel	150	ATW, AWD	10	16120	157,7	153,7	-4,0	-2,6
9	BMW	BMW 520d	5L	Diesel	135	ATW	42	16098	126,9	120,8	-6,1	-5,1
10	Audi	Audi A3	8V	Petrol DI	90	ATD	11	15855	128,6	127,3	-1,4	-1,1
11	VW	VW Passat	3C	Diesel	103	ATD	559	25150	147,0	144,2	-2,8	-1,9
12	Mitsubishi	Mitsubishi L200	KA0T	Diesel	131	MT	91	15518	224,3	221,4	-2,9	-1,3
13	VW	VW Polo	6R	Petrol DI	51	MT	18	14967	147,2	141,4	-5,8	-4,1
14	Audi	Audi Q5	8R	Diesel	180	ATW	15	20404	191,7	181,6	-10,1	-5,6
15	BMW	BMW 530d	5L	Diesel	190	ATW	98	15167	139,7	134,7	-5,0	-3,7
16	Toyota	Land Cruiser	J15TM	Diesel	140	ATW	39	14174	229,6	214,8	-14,8	-6,9
17	Kia	ceed kombi	JD	Diesel	94	MT	373	17002	135,1	127,3	-7,8	-6,1
18	Renault	Kangoo	W	Diesel	66	MT	7	16618	133,3	131,0	-2,3	-1,8
19	Renault	Kangoo	W	Diesel	66	MT	40	19965	131,5	126,0	-5,5	-4,4
20	Fiat	Fiat 500 C	312	Petrol MPI	51	MT	299	14952	133,7	129,9	-3,7	-2,9
21	Daimler	GLK 250	204 X	Diesel	150	ATW, AWD	37	14961	172,0	168,2	-3,8	-2,2
22	Ford	Ford Focus	DYB	Diesel	85	MT	6	20045	116,1	108,6	-7,5	-6,9
23	Toyota	Hilux	N2	Diesel	140	MT	44	15125	211,5	206,1	-5,4	-2,6
24	BMW	BMW 320d	3-V	Diesel	135	ATW, AWD	112	15246	132,3	130,1	-2,2	-1,7
25	VW	Golf 4x4	AU	Diesel	110	MT, AWD	112	14950	145,3	137,8	-7,5	-5,4

*) A negative value in columns Diff [g/km] and/or Diff [%] represents a reduction of the CO₂ value with respect to the measurements at "0 km" and "15,000 km". A positive value represents an increase of the CO₂ value

Table 1: CO₂ test results

Maximum reduction [g/km]	-14,8
Maximum reduction [%]	-7,3
Maximum increase [g/km]	2,4
Maximum increase [%]	1,8
Mean value [g/km]	-4,8
Mean value [%]	-3,3

Table 2: Overall analysis

reduction could be observed in 23 of the 25 tested vehicles. The maximum change in CO₂ emissions determined in this experiment amounts to -7.3%. The mean value of all data sets amounts to -3.3% (see table 2).

The mean values of the measurements with a starting kilometre value < 10 km show the largest relative improvements with respect to CO₂ emissions.

It can be seen that the run-in process of the vehicles has a continuous characteristic, which is most pronounced during the first kilometres. As this effect is decisive, further analyses regarding other criteria, such as fuel type, emission standard, transmission type etc., were considered to be not meaningful.

3 Summary and Conclusion

It turned out that the investigated vehicles improved significantly with respect to the CO₂ emissions measured at the two points. The mean value of the deviations of all data sets determined in percentages amounted to -3.3%. The range of the measurement results was +1.8% to -7.3%. It was also determined that the run-in process of the vehicles has a continuous characteristic, which is most pronounced during the first kilometres.

This means that for the purpose of CoP a suitable procedure, which considers run-in effects, must still exist in the future. As the producing of individual development coefficients for all vehicles requires great effort, an appropriate alternative in form of a fixed development coefficient should be provided further on.

The data delivered within the scope of the project provide important and valuable findings in knowledge. This is even more important, as at present no other investigations have been carried out regarding this topic. The results of this study can be implemented directly into the development of the new WLTP Regulation.

Inhalt

Abkürzungen	10
Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	10
1 Einleitung und Zielstellung	11
2 Vorbetrachtungen und Versuchsdurchführung	12
2.1 Ableitung von Prüfstandsversuchen. . .	12
2.2 Prüfstand und Messtechnik	13
2.3 Auswahl der Fahrzeuge	14
3 Versuchsauswertung	15
4 Zusammenfassung und Fazit	17
Anlage	19

Abkürzungen

COP	Conformity of production
KSV	Kraftstoffverbrauch
MW	Mittelwert
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus
SCR	selective katalytische Reduktion
StabW	Standardabweichung
VO	Verordnung
WLTP	Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedures

Tabellenverzeichnis

Tab. 1:	Technische Daten Kombirollenprüfstand
Tab. 2:	Technische Daten Klimarollenprüfstand
Tab. 3:	Abgasmesstechnik Klima- und Kombirollenprüfstand
Tab. 4:	Parameterverteilung
Tab. 5:	Verteilung der Fahrzeuge hinsichtlich der Startkilometer
Tab. 6:	Fahrzeugdaten
Tab. 7:	Versuchsergebnisse CO ₂
Tab. 8:	Gesamtauswertung
Tab. 9:	Auswertung ohne „Ausreißer“
Tab. 10:	Versuchsergebnisse Kraftstoffverbrauch

Abbildungsverzeichnis

Bild 1:	Messablauf
Bild 2:	Rollenprüfstand Versuchsaufbau
Bild 3:	Klimarollenprüfstand
Bild 4:	CO ₂ -Differenz in Abhängigkeit der Startkilometer

1 Einleitung und Zielstellung

Die Messung des Kraftstoffverbrauches und der CO₂-Emissionen stellt einen wichtigen Baustein im Rahmen des europäischen Typpgenehmigungsverfahrens von Personenkraftwagen dar. Die Anforderungen sind dabei in der VO (EG) 715/2007 in Verbindung mit der VO (EG) 692/2008 und denen sich daraus entwickelnden Fassungen dargelegt. Die genannten Verordnungen verweisen in einzelnen Textstellen wiederum auf die ECE-Regelungen 83 und 101. Im Rahmen des neuen Messverfahrens WLTP, welches sich derzeit noch in der Validierungsphase befindet, wird die Ermittlung der CO₂-Emissionen noch weiter in den Fokus rücken. Eines der Hauptaufgabenstellungen ist hierbei, den Kraftstoffverbrauch realistischer anzugeben und das Verfahren weiter zu verbessern. Diese Arbeit soll dabei wichtige Aspekte hinsichtlich der Überprüfung der ermittelten CO₂-Emissionen bezüglich der CoP (conformity of production) liefern.

Im Rahmen der Typprüfung werden die CO₂-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch an eingefahrenen Versuchsfahrzeugen ermittelt. Der als Typpgenehmigungswert geltende CO₂-Wert (nach Herstellerangabe) kann akzeptiert werden, wenn der vom Technischen Dienst gemessene Wert nicht mehr als 4 % abweicht.

Bei der Prüfung der Übereinstimmung mit der Produktion (CoP), werden Fahrzeuge stichprobenartig aus der Produktion entnommen und gemessen, wobei diese „0“ km Laufleistung aufweisen.

Bis sich der Kraftstoffverbrauch auf einen stabilen, etwa gleichbleibenden Wert eingeegelt hat, ist in der Regel der fabrikneue Motor einzufahren. Aus diesem Grund gibt es in der ECE-Regelung Nr. 101 für die Ermittlung des CO₂-Wertes zwei verschiedene Alternativen.

Auf Antrag des Herstellers können die Prüfungen an Fahrzeugen durchgeführt werden, die eine maximale Einfahrstrecke von 15.000 km zurückgelegt haben. Der Hersteller hat das Fahrzeug in einem nicht näher spezifizierten Zyklus einzufahren, wobei er in dieser Zeit garantieren muss, dass es zu keinen Neueinstellungen kommt. Dabei werden die Emissionen des Fahrzeugs, z. B. Typprüffahrzeug, bei 0 und 15.000 km gemessen. Durch eine Gleichung (Entwicklungskoeffizient = Emission bei 0 km/Emission bei 15.000 km) wird der Entwicklungskoeffizient berechnet. Wenn dieser Koeffizient einen Wert kleiner 1 annimmt, ist es laut der ECE-Regelung Nr. 101 statthaft, die CO₂-Emissionen von nichteingefahrenen Fahrzeugen (0 km) mit diesem Faktor zu multiplizieren.

Die Alternative zu diesem Verfahren ist, dass der Fahrzeughersteller anstelle des Fahrens der Einfahrstrecke einen festen Faktor als Entwicklungskoeffizient (EC) annehmen darf. Gemäß ECE-Regelung Nr. 101 beträgt dieser Faktor 0,92, d. h. die bei „0 km“ gemessenen CO₂-Werte können um 8 % reduziert werden. Dieses Verfahren hat sich bei vielen Fahrzeugherstellern durchgesetzt, da es ohne zusätzliche Messungen auskommt.

Die Aufgabenstellung dieses Forschungsvorhabens ist, die Datengrundlage durch Abgasrollenprüfstandsmessungen zu verbessern. Auf Grundlage dieser kann in einem weiteren Schritt abgeleitet werden, ob der Entwicklungskoeffizient in Höhe von 8 % für aktuelle Fahrzeuge noch Anwendung finden kann oder ob im Rahmen der Überarbeitung der Messverfahren und Randbedingungen (WLTP) ein abweichender Wert abgeleitet werden muss.

2 Vorbetrachtungen und Versuchsdurchführung

2.1 Ableitung von Prüfstandsversuchen

In Bild 1 wird der Messablauf visuell dargelegt.

Wie aus dem Ablaufplan ersichtlich ist, sollen jeweils zwei Abgasmessungen in den Stützstellen bei „0“ km und „15.000“ km durchgeführt werden. Die Verfahren richten sich dabei nach den Vorgaben der VO(EG) 715/2007.

Da die Messunsicherheit der Abgasmessung auf einem Rollenprüfstand ca. 1-2 % beträgt und die Differenz zwischen den Stützstellenmessungegebenenfalls in der Größenordnung dieses

Bereiches liegen könnte, wurden folgende Maßnahmen getroffen:

- ein Prüfstandsfahrer pro Fahrzeug für beide Stützstellen,
- Erhöhung der minimal zulässigen Konditionierzeit von 6 auf 12 h (Angleichung der Motoröltemperatur bei Versuchsstart),
- Wiederholung jeder Stützstellenmessung mit Mittelwertbildung,
- Batterieladung bis kurz vor dem Start der Abgasmessung.

Durch diese Maßnahmen konnte die Messreproduzierbarkeit sowie die Messunsicherheit signifikant verbessert werden.

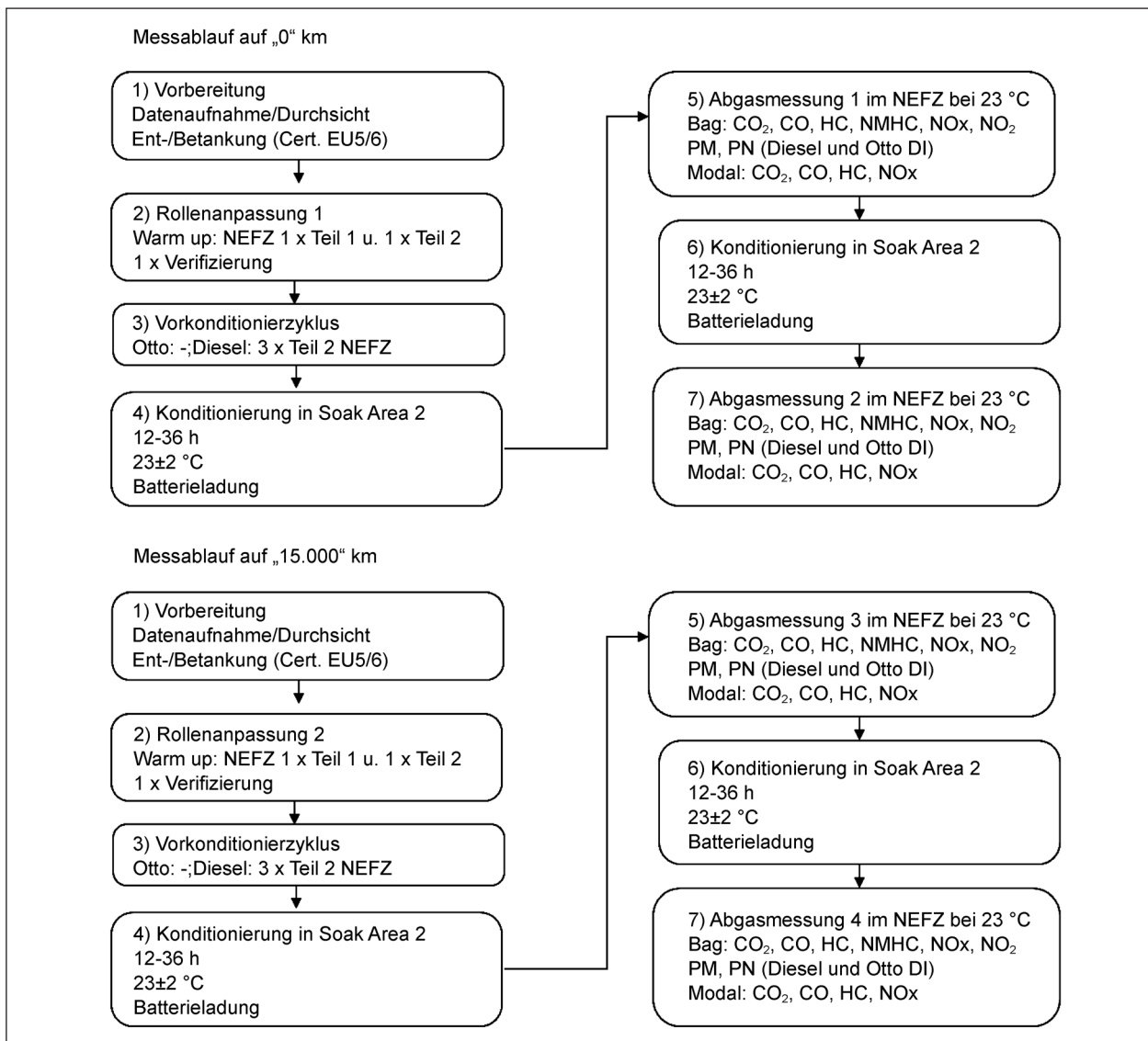


Bild 1: Messablauf

2.2 Prüfstand und Messtechnik

Die Untersuchungen wurden auf Abgasrollenprüfständen durchgeführt, welche den Anforderungen der VO (EG) 715/2007 im vollen Umfang entsprechen. Dabei kamen zwei verschiedene Prüfstände zum Einsatz, deren technische Daten in Tabelle 1 (Rollenprüfstände), Tabelle 2 (Klimakammer und 4x4 Abgasrollenprüfstand) und Tabelle 3 (Abgasmesstechnik) dargestellt werden (siehe auch Bilder 2 und 3).

Hersteller	MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG
Typ/Bauart	ECDM-48L 150 kg
Spezifikation	Scheitelrolle
Anwendung	Kleinkraftrad, Kraftrad, Trike, Quad, 1-achsgetriebene Pkw
Parameter	
Rollendurchmesser	48" (1219,2 mm)
Rollenbreite	700 mm
Abstand Rolleninnenkante	900 mm
Abstand Rollenaußenkante	2.300 mm
variabler Achsabstand	2,0 bis 4,2 m
Auswuchtgüte	Q 2,5
max. Geschwindigkeit	200 km/h
max. Leistung	150 kW
max. Zugkraft	12.000 N
Grundträgheit pro Rollensatz	3.000 lbs
minimale Massensimulation	1.000 lbs
maximale Massensimulation	11.000 lbs
Einstellbare Schrittweite	1 lbs
Peripherie	
Gebläse	
Hersteller	MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG
Typ/Bauart	WgB60 Lg1303
Spezifikation	Axialgebläse
Eigenschaft	35.000 h ³ /h, geschwindigkeitsproportional
Klimakammer	
Hersteller	Imtech Deutschland GmbH & Co.KG
Spezifikation	
Klimabereich	-20 °C bis 45 °C
Abkühl.-Geschw.	10 grd/h
Aufheiz.-Geschw.	10 grd/h
Regelgenauigkeit	+/- 1K; +/- 3 % r. F.

Tab. 1: Technische Daten Kombirollenprüfstand



Bild 2: Rollenprüfstand Versuchsaufbau

Hersteller	MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG
Typ/Bauart	ECDM-48L 4x4
Spezifikation	Allrad-Scheitelrolle
Anwendung	1- und 2-achsgetriebene Pkw
Parameter	
Rollendurchmesser	48" (1219,2 mm)
Rollenbreite	700 mm
Abstand Rolleninnenkante	900 mm
Abstand Rollenaußenkante	2.300 mm
variabler Achsabstand	2,0 bis 4,2 m
Auswuchtgüte	Q 2,5
max. Geschwindigkeit	200 km/h
max. Leistung	150 kW
max. Zugkraft	12.000 N
Grundträgheit pro Rollensatz	3.000 lbs
minimale Massensimulation	1.000 lbs
maximale Massensimulation	11.000 lbs
Einstellbare Schrittweite	1 lbs
Peripherie	
Gebläse	
Hersteller	MAHA Maschinenbau Haldenwang GmbH & Co. KG
Typ/Bauart	WgB60 Lg1303
Spezifikation	Axialgebläse
Eigenschaft	35.000 h ³ /h, geschwindigkeitsproportional
Klimakammer	
Hersteller	Imtech Deutschland GmbH & Co.KG
Spezifikation	
Klimabereich	-20 °C bis 45 °C
Abkühl.-Geschw.	10 grd/h
Aufheiz.-Geschw.	10 grd/h
Regelgenauigkeit	+/- 1K; +/- 3 % r. F.

Tab. 2: Technische Daten Klimarollenprüfstand



Bild 3: Klimarollenprüfstand

Hersteller	Pierburg Instruments
Typ/Bauart	AMA 4000
Spezifikation	1 modal verdünnt und Beutel- und 2 Rohgaslinien
Anwendung	für alle Wirtschaftskreise weltweit
Parameter	
1 Linie für verdünnte Messungen	48" (1219,2 mm)
Abgaskomponenten	CH, CH ₄ , NO, NO _x , CO, CO ₂ , O ₂
2 Rohgaslinien	900 mm
Abgaskomponenten	CH, NO, NO _x , CO, CO ₂ , O ₂ mit vorgeschaltetem beheizten Filter und beheizter Entnahmeleitung
Partikelsammler Kombirolle	
Hersteller	AVL List GmbH
Typ/Bauart	PSS i 60
Spezifikation	EU und US Sonde
Partikelsammler Klimakammer	
Hersteller	Pierburg Instruments
Typ/Bauart	FFP
Spezifikation	EU und US Sonde
Partikelwaage	
Hersteller	Sartorius AG
Typ/Bauart	SE2-F
Spezifikation	0,0001 mg Ablesegenauigkeit
Partikelzähler	
Hersteller	AVL List GmbH
Typ/Bauart	AVL 489 Particle Counter
Peripherie	
CVS-Anlage Kombirolle	
Hersteller	Pierburg Instruments
Typ/Bauart	CVS CFV 12 WT LE
Spezifikation	Quatroventuri mit dem Einzeldurchsatz 1; 2; 4; 5 Nm ³ /min
CVS-Anlage Klimarolle	
Hersteller	Pierburg Instruments
Typ/Bauart	CVS CFV 20 WT LE
Spezifikation	Quatroventuri mit dem Einzeldurchsatz 1,5; 3; 6; 9 Nm ³ /min

Tab. 3: Abgasmesstechnik Klima- und Kombirollenprüfstand

2.3 Auswahl der Fahrzeuge

Die Auswahl der Fahrzeuge war so ausgerichtet, dass möglichst eine große Bandbreite hinsichtlich Verbrennungsprinzip/Motorkonzept, Getriebeart (Automatik, Schaltgetriebe) und der Antriebsart (Einachs-/Allradantrieb) abgedeckt werden konnte. Des Weiteren fand auch die Zulassungsstatistik Berücksichtigung, damit die ausgewählten Fahr-

		Anzahl
Getriebe	• Schaltgetriebe	14
	• Schaltgetriebe und Allrad	1
	• Automatikgetriebe	11
	• Automatik und Allrad	3
Motorenkonzept	• Common Rail Direkteinspritzung Diesel	18
	• Otto Direkteinspritzung	5
	• Otto Saugrohreinspritzung	2
Abgasnachbehandlung	• Drei-Wege-Katalysator	7
	• Oxidationskatalysator mit Dieselpartikelfilter	12
	• Oxidationskatalysator mit Dieselpartikelfilter und NOx-Speicherkat.	5
	• Oxidationskatalysator mit Dieselpartikelfilter und SCR.	1
Emissionsstufe	• Diesel Euro 5	10
	• Otto Euro 5	4
	• Diesel Euro 6	8
	• Otto Euro 6	3

Tab. 4: Parameterverteilung

zeuge der Abgasstufen Euro 5 und Euro 6 eine repräsentative Untersuchung gewährleisten.

Neben diesen technischen Auswahlkriterien gab es jedoch einen weiteren sehr wichtigen Aspekt. Die zu untersuchenden Fahrzeuge mussten einerseits nach 15.000 km noch verfügbar sein und ferner durften diese nicht an relevanten Bauteilen repariert oder nachjustiert worden sein. Beispielsweise bestand ein Problem darin, dass Vermietfirmen die Fahrzeuge zu einem unbekanntem Zeitpunkt wieder verkaufen. Dies hätte hinsichtlich des Projektes die Problematik aufgeworfen, dass die Fahrzeuge bei „0“ km eingemessen, eine Möglichkeit der Rückmessung aufgrund der Nichtverfügbarkeit aber fast ausgeschlossen gewesen wäre. Des Weiteren war es von signifikanter Relevanz, dass eine Historie über Wartungsarbeiten oder Reparaturarbeiten bezüglich der geprüften Fahrzeuge verfügbar war.

Dies schränkte die Möglichkeiten der Fahrzeugorganisation während des Projektes signifikant ein, sodass ausschließlich auf Privatpersonen zugegangen wurde oder auf DEKRA Fuhrpark oder Leasingfahrzeuge zurückgegriffen werden konnte. So war es gewährleistet, dass der Fahrzeugbetrieb zwischen den Messungen „0“ und „15.000“ km überprüfbar und transparent blieb.

Tabelle 4 zeigt die Verteilung der insgesamt 25 untersuchten Fahrzeuge von insgesamt 11 ver-

schiedenen Herstellern hinsichtlich einzelner Parameter:

Da es praktisch nicht möglich war, dass die Fahrzeuge bei genau 0 km und 15.000 km für die Messungen verfügbar waren, wurden für die Stützstelle „0 km“ Fahrzeuge bis ca. 600 km und für die Stützstelle „15.000 km“ Fahrzeuge zwischen 12.000 km bis ca. 25.000 km akzeptiert. Da bereits zu Beginn der Projektabwicklung die Vermutung bestand, dass die Startkilometer einen größeren Einfluss haben könnten als der Kilometerstand im Punkt „15.000 km“, wurde versucht, Fahrzeuge mit möglichst geringen Startlaufleistungen zu organisieren. Tabelle 5 zeigt, dass 17 von 25 untersuchten Fahrzeugen weniger als 100 km Laufleistung zu Beginn des Projektes aufwiesen.

Kilometerstand bei „0“ km	Anzahl der Fahrzeuge
< 10 km	5
< 20 km	9
< 50 km	15
< 100 km	17
< 600 km	25

Tab. 5: Verteilung der Fahrzeuge hinsichtlich der Startkilometer

Tabelle 6 zeigt eine Übersicht und eine kurze technische Beschreibung der Fahrzeuge, welche für diese Untersuchung Berücksichtigung fanden.

3 Versuchsauswertung

In diesem Kapitel werden die Versuchsergebnisse vor dem Hintergrund der Fragestellung, ob der aktuelle Entwicklungskoeffizient hinsichtlich des Kraftstoffverbrauches und der CO₂-Emissionen für die CoP in Höhe von 8 % für moderne Fahrzeuge noch zeitgemäß ist, dargestellt und analysiert.

Tabelle 7 zeigt die Versuchsergebnisse hinsichtlich der ermittelten CO₂-Werte. Wie in Kapitel 2.1 „Ableitung von Prüfstandsversuchen“ visuell veranschaulicht wurde, ergibt sich der CO₂-Wert für die Punkte „0 km“ und „15.000 km“ jeweils aus dem Mittelwert zweier Abgasmessungen (Messpaare). Die Differenz zwischen den Messpunkten „0 km“ und „15.000 km“ wird einerseits als Absolutwert in [g/km] und des Weiteren als Relativwert in [%] angegeben.

Zur Übersichtlichkeit wurden ferner in Tabelle 7 einzelne Fahrzeuginformationen ausgeblendet. Diese können jedoch aus Tabelle 5 „Fahrzeugdaten“ in

Nr.	Marke	Handelsbezeichnung	Typ	Inertia [kg]	Emissionsstufe	Motortyp	Nutzleistung [kW]	Getriebe	Abgasnachbehandlung	„0“ [km]	„15.000“ [km]
1	VW	UP!	AA	910	Euro 5	Petrol MPI	44	MT	3-w av-catalyst	415	16007
2	Skoda	Octavia RS	5E	1470	Euro 6	Petrol DI	162	MT	3-w ay-catalyst	6	15669
3	BMW	BMW 525d	5K	1810	Euro 6	Diesel	160	ATW	Oxi+DPF+NSC	530	17938
4	Skoda	Octavia RS	5E	1470	Euro 6	Diesel	135	ATD	Oxi+DPF	39	18593
5	Audi	Audi A1	8X	1130	Euro 5	Petrol DI	63	MT	3-w ay-catalyst	200	14503
6	Skoda	Skoda Fabia	5J	1360	Euro 5	Diesel	77	MT	Oxi+DPF	8	12837
7	VW	VW Polo	6R	1130	Euro 6	Petrol DI	51	MT	3-w ay-catalyst	5	15747
8	Audi	Audi A6	4G	1930	Euro 5	Diesel	150	ATW; AWD	Oxi+DPF	10	16120
9	BMW	BMW 520d	5L	1730	Euro 6	Diesel	135	ATW	Oxi+DPF+NSC	42	16098
10	Audi	Audi A3	8V	1360	Euro 5	Petrol DI	90	ATD	3-w ay-catalyst	11	15855
11	VW	VW Passat	3C	1590	Euro 6	Diesel	103	ATD	Oxi+DPF	559	25150
12	Mitsubishi	Mitsubishi L200	KA0T	1930	Euro 5	Diesel	131	MT	Oxi+DPF	91	15518
13	VW	VW Polo	6R	1130	Euro 5	Petrol DI	51	MT	3-w ay-catalyst	18	14967
14	Audi	Audi Q5	8R	1930	Euro 5	Diesel	180	ATW	Oxi+DPF	15	20404
15	BMW	BMW 530d	5L	1810	Euro 6	Diesel	190	ATW	Oxi+DPF+NSC	98	15167
16	Toyota	Land Cruiser	J15TM	2150	Euro 5	Diesel	140	ATW	Oxi+DPF+NSC	39	14174
17	Kia	ceed kombi	JD	1470	Euro 5	Diesel	94	MT	Oxi+DPF	373	17002
18	Renault	Kangoo	W	1360	Euro 5	Diesel	66	MT	Oxi+DPF	7	16618
19	Renault	Kangoo	W	1360	Euro 5	Diesel	66	MT	Oxi+DPF	40	19965
20	Fiat	Fiat 500 C	312	1020	Euro 6	Petrol MPI	51	MT	3-w ay-catalyst	299	14952
21	Daimler	GLK 250	204 X	1930	Euro 6	Diesel	150	ATW; AWD	Oxi+DPF+SCR	37	14961
22	Ford	Ford Focus	DYB	1360	Euro 5	Diesel	85	MT	Oxi+DPF	6	20045
23	Toyota	Hilux	N2	2040	Euro 5	Diesel	140	MT	Oxi+DPF	44	15125
24	BMW	BMW 320d	3-V	1700	Euro 6	Diesel	135	ATW; AWD	Oxi+DPF+NSC	112	15246
25	VW	Golf 4x4	AU	1470	Euro 6	Diesel	110	MT; AWD	Oxi+DPF	112	14950

Tab. 6: Fahrzeugdaten

Nr.	Marke	Handelsbezeichnung	Typ	Motortyp	Getriebe	„0“ [km]	„15.000“ [km]	CO ₂ [g/km]		Diff* [g/km]	Diff* [%]
								MW 0 km	MW 15.000 km		
1	VW	UP!	AA	Petrol MPI	MT	415	16007	104,2	105,7	1,6	1,5
2	Skoda	Octavia RS	5E	Petrol DI	MT	6	15669	162,4	159,9	-2,5	-1,6
3	BMW	BMW 525d	5K	Diesel	ATW	530	17938	146,0	138,2	-7,8	-5,6
4	Skoda	Octavia RS	5E	Diesel	ATD	39	18593	131,6	134,1	2,4	1,8
5	Audi	Audi A1	8X	Petrol DI	MT	200	14503	136,9	133,3	-3,5	-2,7
6	Skoda	Skoda Fabia	5J	Diesel	MT	8	12837	134,1	124,9	-9,2	-7,3
7	VW	VW Polo	6R	Petrol DI	MT	5	15747	142,6	139,8	-2,8	-2,0
8	Audi	Audi A6	4G	Diesel	ATW; AWD	10	16120	157,7	153,7	-4,0	-2,6
9	BMW	BMW 520d	5L	Diesel	ATW	42	16098	126,9	120,8	-6,1	-5,1
10	Audi	Audi A3	8V	Petrol DI	ATD	11	15855	128,6	127,3	-1,4	-1,1
11	VW	VW Passat	3C	Diesel	ATD	559	25150	147,0	144,2	-2,8	-1,9
12	Mitsubishi	Mitsubishi L200	KA0T	Diesel	MT	91	15518	224,3	221,4	-2,9	-1,3
13	VW	VW Polo	6R	Petrol DI	MT	18	14967	147,2	141,4	-5,8	-4,1
14	Audi	Audi Q5	8R	Diesel	ATW	15	20404	191,7	181,6	-10,1	-5,6
15	BMW	BMW 530d	5L	Diesel	ATW	98	15167	139,7	134,7	-5,0	-3,7
16	Toyota	Land Cruiser	J15TM	Diesel	ATW	39	14174	229,6	214,8	-14,8	-6,9
17	Kia	ceed kombi	JD	Diesel	MT	373	17002	135,1	127,3	-7,8	-6,1
18	Renault	Kangoo	W	Diesel	MT	7	16618	133,3	131,0	-2,3	-1,8
19	Renault	Kangoo	W	Diesel	MT	40	19965	131,5	126,0	-5,5	-4,4
20	Fiat	Fiat 500 C	312	Petrol MPI	MT	299	14952	133,7	129,9	-3,7	-2,9
21	Daimler	GLK 250	204 X	Diesel	ATW; AWD	37	14961	172,0	168,2	-3,8	-2,2
22	Ford	Ford Focus	DYB	Diesel	MT	6	20045	116,1	108,6	-7,5	-6,9
23	Toyota	Hilux	N2	Diesel	MT	44	15125	211,5	206,1	-5,4	-2,6
24	BMW	BMW 320d	3-V	Diesel	ATW; AWD	112	15246	132,3	130,1	-2,2	-1,7
25	VW	Golf 4x4	AU	Diesel	MT; AWD	112	14950	145,3	137,8	-7,5	-5,4

* Ein negativer Zahlenwert in den Spalten Diff [g/km] bzw. Diff [%] stellt eine Verringerung des CO₂-Wertes bezüglich der Messung bei „0 km“ und „15.000 km“ dar; ein positiver Zahlenwert bedeutet dementsprechend eine Zunahme des CO₂-Wertes

Tab. 7: Versuchsergebnisse CO₂

dieser Arbeit entnommen werden, wobei die Fahrzeugnummer stets identisch ist.

Bei der Betrachtung wird sofort deutlich, dass generell eine Veränderung der CO₂-Emissionen zwischen den beschriebenen Stützstellen zu beobachten ist. Bei 23 von 25 geprüften Fahrzeugen konnte eine mitunter deutliche Verringerung festgestellt werden.

Gesamtauswertung

Wie aus Tabelle 8 deutlich wird, liegt die maximale in diesem Versuch festgestellte Veränderung der CO₂-Emission bei -7,3 %. Als Mittelwert aller Datensätze ergeben sich -3,3 %.

Es wird jedoch auch deutlich, dass es sich bei zwei Fahrzeugen um „Ausreißer“ handelt, welche nach 15.000 km einen Mehrausstoß an CO₂ generieren. Dies ist möglicherweise mit dem Nutzungsverhalten im Falle des Fahrzeuges 4 zu erklären (fast ausschließlich Autobahnnutzung) und im Fall von Fahrzeug 1 mit dem sehr geringen Basis CO₂-Ausstoß und der damit deutlich höheren Messunsicherheit.

Maximale Verringerung [g/km]	-14,8
Maximale Verringerung [%]	-7,3
Maximale Zunahme [g/km]	2,4
Maximale Zunahme [%]	1,8
Mittelwert [g/km]	-4,8
Mittelwert [%]	-3,3

Tab. 8: Gesamtauswertung

Mittelwert [g/km]	-5,4
Mittelwert [%]	-3,7

Tab. 9: Auswertung ohne „Ausreißer“

Prinzipiell liegt wie bereits dargelegt die Messunsicherheit einer Abgasmessung auf dem Rollenprüfstand bei 1 bis 2 %. Im Rahmen des Projektes wurden alle Messungen doppelt ausgeführt, und die Gesamtzahl von 25 Fahrzeugen trägt ebenfalls zu einem abgesicherten Gesamtergebnis bei. Werden beide beschriebenen Fahrzeuge aus der Messreihe extrahiert, ergeben sich die folgenden Daten (s. Tabelle 9).

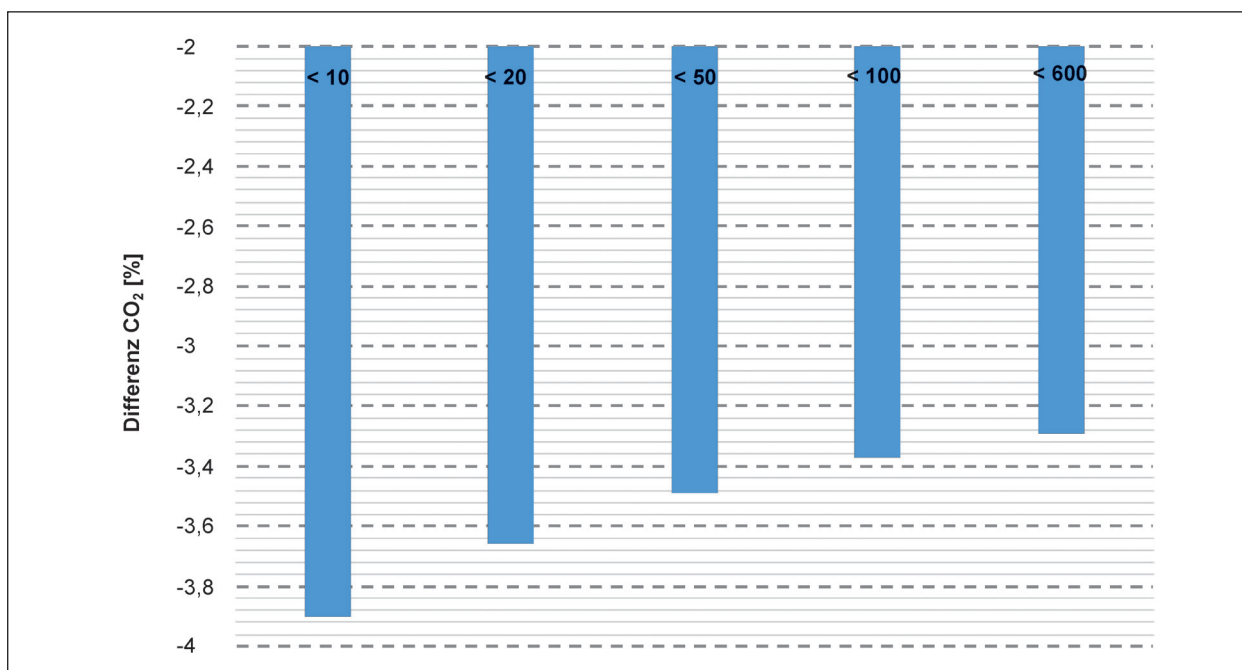


Bild 4: CO₂-Differenz in Abhängigkeit der Startkilometer

Auswertung gestaffelt nach Startkilometern

Ein weiterer Aspekt, welcher hier näher betrachtet werden soll, sind die Startkilometer des Fahrzeugs, also der Punkt „0 km“. Hier sei noch einmal auf Tabelle 5 (Kapitel 2.3) hingewiesen, die die Verteilung der Fahrzeuge bezüglich dieses Kriteriums auflistet.

Bild 4 zeigt, dass die Startkilometer einen sehr hohen Einfluss auf das Versuchsergebnis haben.

Die Mittelwerte der Messungen mit einem Startkilometerwert < 10 km weisen die größten prozentualen Verbesserungen hinsichtlich des CO₂-Ausstoßes auf. Dieser Wert verringert sich signifikant in Richtung einer höheren Startkilometerzahl.

Es zeigt sich, dass der Einlaufprozess der Fahrzeuge kontinuierlich und während der ersten Kilometer am höchsten ausgeprägt ist. Dieser Effekt ist maßgebend, sodass Analysen bezüglich anderer Kriterien wie Kraftstoffart, Abgasstufe, Getriebeart usw. als nicht sinnvoll erachtet werden.

Ergänzend zu den Betrachtungen bezüglich der Kohlenstoffdioxidemissionen, ist im Kapitel 5 (Anlagen) eine Übersicht der Kraftstoffverbrauchsveränderungen angefügt.

4 Zusammenfassung und Fazit

In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 25 Fahrzeuge in zwei Stützstellen bei „0“ und „15.000“ km auf einem Abgasrollenprüfstand hinsichtlich der CO₂-Emissionen und des Kraftstoffverbrauches gemessen. Ziel war es, eine Datenbasis zu schaffen, aufgrund derer geprüft werden kann, ob der feste Entwicklungskoeffizient gemäß ECE-Regelung Nr. 101 in Höhe von 0,92 (8 %) für aktuelle Fahrzeuge noch Anwendung finden kann. Um eine ausreichende Repräsentativität zu erhalten, wurde eine hinreichend große Anzahl von Fahrzeugen aus verschiedenen Segmenten und mit unterschiedlichen Antriebskonzepten (Otto, Diesel, Handschalter, Automat, Allrad etc.) der Abgasstufen Euro 5 und Euro 6 untersucht.

Es stellte sich heraus, dass sich die untersuchten Fahrzeuge hinsichtlich der in beiden Stützstellen gemessenen CO₂-Emissionen signifikant verbesserten. Der Mittelwert der prozentual ermittelten Abweichungen aller Datensätze lag bei -3,3 %, wobei die Bandbreite der Messergebnisse von +1,8 % bis -7,3 % reichte. Ferner konnte festgestellt werden, dass der Einlaufprozess der Fahrzeuge kontinuierlich und während der ersten Kilometer am höchsten ausgeprägt ist.

Dies bedeutet, dass auch in Zukunft für den Zweck der CoP geeignete Verfahren existieren müssen, welche die Einlaufeffekte berücksichtigen. Da der praktische Aufwand sehr hoch ist, für alle Fahrzeuge individuelle Entwicklungskoeffizienten zu ermitteln, sollte auch weiterhin ein fester Entwicklungskoeffizient als Alternativvariante vorgesehen werden.

Die im Rahmen des Projektes gewonnenen aktuellen Daten liefern wichtige Erkenntnisse. Dies ist umso bedeutsamer, da derzeit auch keine anderen Untersuchungen zu dieser Thematik durchgeführt worden sind. Die Resultate dieser Studie können direkt in die Entwicklung der neuen WLTP-Vorschrift einfließen.

Anlage

Tabelle 10 zeigt abschließend die Veränderungen bezüglich des Kraftstoffverbrauches. Diese verhalten sich erwartungsgemäß sehr ähnlich zu den bereits analysierten CO₂-Emissionen, da dieser auf Basis einer Kohlenstoffbilanz berechnet wird. Weitere Eingangsparameter für die Berechnung sind der C-Gehalt und die Dichte des Kraftstoffes.

Nr.	Marke	Handelsbezeichnung	Motortyp	Getriebe	Nutzleistung [kW]	Abgasnachbehandlung	„0“ [km]	„15.000“ [km]	Kraftstoffverbrauch [l/100 km]		Diff [l/100 km]	Diff [%]
									MW 0 km	MW 15.000 km		
1	VW	UP!	Petrol MPI	MT	44	3-w ay-catalyst	415	16007	4,47	4,55	0,08	1,76
2	Skoda	Octavia RS	Petrol DI	MT	162	3-w ay-catalyst	6	15669	6,95	6,84	-0,11	-1,54
3	BMW	BMW 525d	Diesel	ATW	160	Oxi+DPF+NSC	530	17938	5,55	5,26	-0,29	-5,51
4	Skoda	Octavia RS	Diesel	ATD	135	Oxi+DPF	39	18593	5,01	5,10	0,09	1,86
5	Audi	Audi A1	Petrol DI	MT	63	3-w ay-catalyst	200	14503	5,89	5,74	-0,15	-2,62
6	Skoda	Skoda Fabia	Diesel	MT	77	Oxi+DPF	8	12837	5,10	4,76	-0,34	-7,14
7	VW	VW Polo	Petrol DI	MT	51	3-w ay-catalyst	5	15747	6,11	6,02	-0,09	-1,50
8	Audi	Audi A6	Diesel	ATW; AWD	150	Oxi+DPF	10	16120	6,00	5,85	-0,15	-2,48
9	BMW	BMW 520d	Diesel	ATW	135	Oxi+DPF+NSC	42	16098	4,83	4,59	-0,24	-5,12
10	Audi	Audi A3	Petrol DI	ATD	90	3-w ay-catalyst	11	15855	5,51	5,47	-0,04	-0,73
11	VW	VW Passat	Diesel	ATD	103	Oxi+DPF	559	25150	5,59	5,48	-0,11	-2,01
12	Mitsubishi	Mitsubishi L200	Diesel	MT	131	Oxi+DPF	91	15518	8,52	8,42	-0,11	-1,25
13	VW	VW Polo	Petrol DI	MT	51	3-w ay-catalyst	18	14967	6,31	6,10	-0,21	-3,36
14	Audi	Audi Q5	Diesel	ATW	180	Oxi+DPF	15	20404	7,29	6,90	-0,39	-5,65
15	BMW	BMW 530d	Diesel	ATW	190	Oxi+DPF+NSC	98	15167	5,31	5,13	-0,18	-3,44
16	Toyota	Land Cruiser	Diesel	ATW	140	Oxi+DPF+NSC	39	14174	8,72	8,16	-0,56	-6,80
17	Kia	ceed kombi	Diesel	MT	94	Oxi+DPF	373	17002	5,14	4,85	-0,29	-5,95
18	Renault	Kangoo	Diesel	MT	66	Oxi+DPF	7	16618	5,08	4,99	-0,09	-1,70
19	Renault	Kangoo	Diesel	MT	66	Oxi+DPF	40	19965	5,01	4,83	-0,18	-3,73
20	Fiat	Fiat 500 C	Petrol MPI	MT	51	3-w ay-catalyst	299	14952	5,73	5,60	-0,13	-2,23
21	Daimler	GLK 250	Diesel	ATW; AWD	150	Oxi+DPF+SCR	37	14961	6,54	6,39	-0,15	-2,27
22	Ford	Ford Focus	Diesel	MT	85	Oxi+DPF	6	20045	4,42	4,14	-0,28	-6,64
23	Toyota	Hilux	Diesel	MT	140	Oxi+DPF	44	15125	8,04	7,83	-0,21	-2,68
24	BMW	BMW 320d	Diesel	ATW; AWD	135	Oxi+DPF+NSC	112	15246	5,03	4,90	-0,13	-2,55
25	VW	Golf 4x4	Diesel	MT; AWD	110	Oxi+DPF	112	14950	5,52	5,24	-0,27	-5,25

Tab. 10: Versuchsergebnisse Kraftstoffverbrauch

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

2010

- F 74: Auswirkungen des Fahrens mit Tempomat und ACC auf das Fahrverhalten
Vollrath, Briest, Oeltze € 15,50
- F 75: Fehlgebrauch der Airbagabschaltung bei der Beförderung von Kindern in Kinderschutzsystemen
Müller, Johannsen, Fastenmaier € 15,50

2011

- F 76: Schutz von Fußgängern beim Scheibenanprall II
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.
Bovenkerk, Gies, Urban € 19,50
- F 77: 4th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden. € 29,50
- F 78: Elektronische Manipulation von Fahrzeug- und Infrastruktursystemen
Dittmann, Hoppe, Kiltz, Tuchscheerer € 17,50
- F 79: Internationale und nationale Telematik-Leitbilder und IST-Architekturen im Straßenverkehr
Boltze, Krüger, Reusswig, Hillebrand € 22,00
- F 80: Untersuchungskonzepte für die Evaluation von Systemen zur Erkennung des Fahrerzustands
Eichinger € 15,00
- F 81: Potential aktiver Fahrwerke für die Fahrsicherheit von Motorrädern
Wunram, Eckstein, Rettweiler € 15,50
- F 82: Qualität von on-trip Verkehrsinformationen im Straßenverkehr – Quality of on-trip road traffic information – BAST-Kolloquium 23. & 24.03.2011
Lotz, Luks € 17,50
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter www.nw-verlag.de heruntergeladen werden.

2012

- F 83: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung – Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe
Gasser, Arzt, Ayoubi, Bartels, Bürkle, Eier, Flemisch, Häcker, Hesse, Huber, Lotz, Maurer, Ruth-Schumacher, Schwarz, Vogt € 19,50
- F 84: Sicherheitswirkungen von Verkehrsinformationen – Entwicklung und Evaluation verschiedener Warnkonzepte für Stauendwarnungen
Bogenberger, Dinkel, Totzke, Naujoks, Mühlbacher € 17,00
- F 85: Cooperative Systems Stakeholder Analysis
Schindhelm, Calderaro, Udin, Larsson, Kernstock, Jandrisits, Ricci, Geißler, Herb, Vierkötter € 15,50

2013

- F 86: Experimentelle Untersuchung zur Unterstützung der Entwicklung von Fahrerassistenzsystemen für ältere Kraftfahrer
Hoffmann, Wipking, Blanke, Falkenstein € 16,50
- F 87: 5th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 88: Comparative tests with laminated safety glass panes and polycarbonate panes
Gehring, Zander € 14,00
- F 89: Erfassung der Fahrermüdigkeit
Platho, Pietrek, Kolrep € 16,50
- F 90: Aktive Systeme der passiven Fahrzeugsicherheit
Nuß, Eckstein, Berger € 17,90
- F 91: Standardisierungsprozess für offene Systeme der Straßenverkehrstelematik
Kroen € 17,00
- F 92: Elektrofahrzeuge – Auswirkungen auf die periodisch technische Überwachung
Beyer, Blumenschein, Bönninger, Grohmann, Lehmann, Meißner, Paulan, Richter, Stiller, Calker € 17,00

2014

- F 93: Entwicklung eines Verfahrens zur Erfassung der Fahrerbeanspruchung beim Motorradfahren
Buld, Will, Kaussner, Krüger € 17,50
- F 94: Biokraftstoffe – Fahrzeugtechnische Voraussetzungen und Emissionen
Pellmann, Schmidt, Eckhardt, Wagner € 19,50
- F 95: Taxonomie von Fehlhandlungen bei der Fahrzeugführung
Oehme, Kolrep, Person, Byl € 16,50
- F 96: Auswirkungen alternativer Antriebskonzepte auf die Fahrdynamik von Pkw
Schönemann, Henze € 15,50
- F 97: Matrix von Lösungsvarianten Intelligenter Verkehrssysteme (IVS) im Straßenverkehr
Matrix of alternative implementation approaches of Intelligent Transport Systems (ITS) in road traffic
Lotz, Herb, Schindhelm, Vierkötter
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.
- F 98: Absicherungsstrategien für Fahrerassistenzsysteme mit Umfeldwahrnehmung
Weitzel, Winner, Peng, Geyer, Lotz Sefati € 16,50
- F 99: Study on smoke production, development and toxicity in bus fires
Hofmann, Dülsen € 16,50

2015

- F 100: Verhaltensbezogene Kennwerte zeitkritischer Fahrmanöver
Powelleit, Muhrer, Vollrath, Henze, Liesner, Pawellek € 17,50
- F 101: Altersabhängige Anpassung von Menschmodellen für die passive Fahrzeugsicherheit
Wagner, Segura, Mühlbauer, Fuchs, Peldschus, Freßmann € 19,00

F 102: 6th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 103: Technische Möglichkeiten für die Reduktion der CO₂-Emissionen von Nutzfahrzeugen

Süßmann, Lienkamp

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 104: Abbiege-Assistenzsystem für Lkw – Grundlagen eine Testverfahrens

Schreck, Seiniger

€ 14,50

F 105: Abgasverhalten von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Feldüberwachung

Schmidt, Georges

€ 14,50

F 105b: Examination of pollutants emitted by vehicles in operation and of emission relevant components – In-service conformity

Schmidt, Johannsen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 106: Untersuchung des Abgasverhaltens von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Austauschkatalysatoren

Schmidt, Johannsen

€ 13,50

F 106b: Examination of pollutants emitted by vehicles in operation and of emission relevant components – Replacement catalytic converters

Schmidt, Johannsen

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 107: Sicherheitsaspekte beim Laden von Elektrofahrzeugen

Vogt, Link, Ritzinger, Ablingyte, Reindl

€ 16,50

F 108: Interoperabilität zwischen öffentlichem Verkehrsmanagement und individuellen Navigationsdiensten – Maßnahmen zur Gewährleistung

von der Ruhren, Kirschfink, Ansorge, Reusswig, Riegelhuth,

Karina-Wedrich, Schopf, Sparmann, Wöbbeking,

Kannenberg

€ 17,50

F 109: Ermittlung des Umfangs von Abweichungen bei Durchführung der Abgasuntersuchung zwischen Messung am Auspuff und Abfrage des On-Board-Diagnosesystems

Schröder, Steickert, Walther, Ranftl

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 110: Wahrnehmung und Bewertung von Fahrzeugaußengeräuschen durch Fußgänger in verschiedenen Verkehrssituationen und unterschiedlichen Betriebszuständen

Altinsoy, Landgraf, Rosenkranz, Lachmann, Hagen,

Schulze, Schlag

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 111: Geräuschminderung von Dünnschichtbelägen

Schulze, Kluth, Ruhnau, Hübelt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2016

F 112: Ersatz von Außenspiegeln durch Kamera-Monitor-Systeme bei Pkw und Lkw

Schmidt, Hoffmann, Krautscheid, Bierbach,

Frey, Gail, Lotz-Keens

€ 17,50

F 112b: Final Report Camera-Monitor-Systems as a Replacement for Exterior Mirrors in Cars and Trucks

Schmidt, Hoffmann, Krautscheid, Bierbach, Frey, Gail, Lotz-Keens
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 113: Erweiterung der Software TREMOD um zukünftige Fahrzeugkonzepte, Antriebe und Kraftstoffe

Bergk, Heidt, Knörr, Keller

€ 15,50

F 114: Barrierefreiheit bei Fernlinienbussen

Oehme, Berberich, Maier, Böhm

€ 17,50

F 115: Statischer und dynamischer Fahrsimulator im Vergleich – Wahrnehmung von Abstand und Geschwindigkeit

Frey

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

2017

F 116: Lang-Lkw – Auswirkung auf Fahrzeugsicherheit und Umwelt

Süßmann, Förg, Wenzelis

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 117: 7th International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference 2016 at Hannover Medical School

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 118: Bedeutung kompensativer Fahrerstrategien im Kontext automatisierter Fahrfunktionen

Voß, Schwalm

€ 16,50

F 119: Fahrzeugtechnische Eigenschaften von Lang-Lkw

Förg, Süßmann, Wenzelis, Schmeiler

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 120: Emissionen von über 30 Jahre alten Fahrzeugen

Steven, Schulte, Hammer, Lessmann, Pomsel

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

F 121: Laufleistungsabhängige Veränderungen der CO₂-Emissionen von neuen Pkw

Pellmann, Schmidt

Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann unter <http://bast.opus.hbz-nrw.de/> heruntergeladen werden.

Fordern Sie auch unser kostenloses Gesamtverzeichnis aller lieferbaren Titel an! Dieses sowie alle Titel der Schriftenreihe können Sie unter der folgenden Adresse bestellen:

Fachverlag NW in der Carl Schünemann Verlag GmbH
Zweite Schlachtpforte 7 · 28195 Bremen
Tel. +(0)421/3 69 03-53 · Fax +(0)421/3 69 03-63

Alternativ können Sie alle lieferbaren Titel auch auf unserer Website finden und bestellen.

www.schuenemann-verlag.de