

# **Abgasverhalten von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Feldüberwachung**

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Fahrzeugtechnik Heft F 105**



**bast**

# **Abgasverhalten von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Feldüberwachung**

von

Helge Schmidt  
Marco Georges

TÜV Nord Mobilität  
Institut für Fahrzeugtechnik und Mobilität  
Hannover

**Berichte der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**Fahrzeugtechnik Heft F 105**

**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 86.0066/2009:**  
Untersuchung des Abgasverhaltens von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Feldüberwachung

**Fachbetreuung:**  
Bernd Bugsel

**Herausgeber**  
Bundesanstalt für Straßenwesen  
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach  
Telefon: (0 22 04) 43 - 0 · Telefax: (0 22 04) 43 - 674

**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](http://www.schuenemann-verlag.de)

ISSN 0943-9307  
ISBN 978-3-95606-173-8

Bergisch Gladbach, Juni 2015

## Kurzfassung – Abstract

### **Untersuchung des Abgasverhaltens von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen – Feldüberwachung**

Mobilität spielt in der Bundesrepublik Deutschland eine wichtige Rolle. Dabei ist der motorisierte Individualverkehr und somit der Pkw-Verkehr die entscheidende Größe. Der Verkehr soll umweltgerecht, sozialverträglich aber auch gleichzeitig wirtschaftlich effizient sein.

Entscheidend für die Schadstoffbelastung der Umwelt durch den Straßenverkehr sind die Abgasemissionen der im Verkehr befindlichen Fahrzeuge. Daher wurde mit der Richtlinie 98/69/EG und der damit verbundenen Einführung der Abgasstufe Euro 3 erstmalig die Prüfung der Konformität von in Betrieb befindlichen Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen (Feldüberwachung) eingeführt. Dabei sollen bereits im Verkehr befindliche Fahrzeuge nach einer statistischen Auswahl unter Typprüfbedingungen (Typ-I-Test) erneut untersucht werden. So soll gewährleistet werden, dass die abgasrelevanten Systeme und Bauteile eines Fahrzeuges auch noch nach mehreren tausend Kilometern funktionieren. Deshalb werden die Fahrzeuge bei der Feldüberwachung auf ihre limitierten Schadstoffkomponenten ein weiteres Mal überprüft. Aufgrund der immer größeren Bedeutung der CO<sub>2</sub>-Emissionen wurden in diesem Forschungsvorhaben sowohl die CO<sub>2</sub>-Emissionen als auch der Kraftstoffverbrauch mit erfasst.

Für den Erfolg eines solchen Projektes ist die Fahrzeugauswahl von entscheidender Bedeutung. Denn nur so ist es möglich auch ein repräsentatives Ergebnis zu erhalten. Deshalb wurden neben den gesetzlich vorgeschriebenen Auswahlkriterien auch statistische und technische Kriterien berücksichtigt. Dabei erfolgte die Auswahl der Fahrzeughalter nach dem Zufallsprinzip. Alle Prüffahrzeuge wurden im Abgaslabor, entsprechend ihrer Abgasnorm, auf ihre Schadstoffkomponenten überprüft. Gemäß der Gesetzgebung gelten bei einer Feldüberwachung die gleichen Prüfbedingungen wie bei der jeweiligen Typp Genehmigung.

In diesem Forschungsvorhaben wurden insgesamt 17 Fahrzeugtypen untersucht. Wobei 6 Typen mit Fremdzündungsmotor und 11 Typen mit Selbstzün-

dungsmotor ausgestattet waren. Beide Gruppen sollten jeweils Fahrzeuge der Grenzwertstufen Euro 4 und Euro 5 beinhalten. Bei den Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor war ein Typ mit der Abgasnorm Euro 5, alle anderen erfüllten die Abgasnorm Euro 4. Bei den Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor erfüllten 4 Typen die Abgasstufe Euro 5 und 7 Typen entsprachen der Abgasstufe Euro 4. Unter den Fahrzeugtypen mit Kompressionszündung und der Abgasnorm Euro 4 befanden sich 4 Typen der Klasse M1 und 3 Typen der Klasse N1 der Gruppe III.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Abgasemissionen von in Betrieb befindlichen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen zu untersuchen, um so Rückschlüsse auf die Dauerhaltbarkeit von Motorcomponenten und Systemen zur Abgasnachbehandlung ziehen zu können.

Insgesamt konnten bei dieser Feldüberwachung, gemäß dem statistischen Verfahren, alle 17 geprüften Fahrzeugtypen mit „positiv“ bewertet werden. Mit Ausnahme eines Fahrzeugtyps, wurde bei allen untersuchten Fahrzeugtypen, die Stichprobe mit der Mindeststichprobengröße abgeschlossen. Das bedeutet, dass alle 3 Fahrzeuge eines Typs im Anlieferungszustand die jeweiligen Grenzwerte für Schadstoffemissionen gemäß den Kriterien des statistischen Verfahrens einhielten bzw. unterschritten. Nur bei einem Fahrzeugtyp war die Erhöhung der Stichprobe auf 8 Fahrzeuge erforderlich.

Weiterhin wurden bei allen Fahrzeugtypen die CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch (Typ-I-Test) bestimmt, um anschließend die gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen mit denen der Hersteller vergleichen zu können. Von den 17 untersuchten Fahrzeugtypen hielten elf Fahrzeugtypen die jeweiligen Herstellerangaben ein oder unterschritten diese. Bei sechs Fahrzeugtypen lagen die CO<sub>2</sub>-Emissionen um mehr als die bei der Typprüfung zulässigen 4 % über der Herstellerangabe.

### **Examination of pollutants emitted by vehicles in operation and of emission relevant components – In-service conformity**

Mobility plays an important role in the Federal Republic of Germany. Motorised private transport and, consequently, passenger vehicles are the crucial factor. Vehicles should be environmentally and socially compatible yet also economically efficient at the same time.

The crucial factor for pollution of the environment from road traffic is the exhaust emissions of the vehicles on the road. This is why, with the Directive 98/69/EC and the related introduction of exhaust emission standard Euro 3, the testing of the conformity of passenger and light commercial vehicles (in-service conformity check) was introduced. Vehicles already on the roads are to be examined again under type examination conditions (Type I Test) after a statistical selection process. In this way it is to be ensured that the systems and components relevant for the exhaust emissions of a vehicle will also function after several thousand kilometres. This is why the vehicles are checked again during in-service conformity check with respect to their limited pollution components. Due to the ever greater significance of CO<sub>2</sub>-emissions, both the CO<sub>2</sub>-emissions and the fuel consumption were included in this research project.

For the success of such a project the choice of vehicle is of critical importance. Since this is the only way it is possible to also obtain a representative result. Therefore, in addition to the selection criteria required by law, statistical and technical criteria are also considered. The vehicle owners were selected on a random basis. All test vehicles were checked with respect to their pollutant components in the emissions laboratory in accordance with their standard. By law the same testing conditions apply in an in-service conformity check as in the relevant type approval.

In this research project a total of 17 vehicle types were examined. Six types were equipped with positive-ignition engines and 11 types with compression ignition engines. Both groups were to each include vehicles of the limits Euro 4 and Euro 5. For vehicle types with positive-ignition engines, there was one type with the exhaust emission standard Euro 5. All others satisfied the exhaust emission standard Euro 4. For the vehicle types with compression ignition engines, 4 types satisfied

exhaust emission standard Euro 5 and 7 types fulfilled exhaust emission standard Euro 4. Among the vehicle types with compression ignition and exhaust emission standard Euro 4, there were 4 types of category M1 and 3 types of category N1 of class III.

The aim of the research project is to examine the exhaust emissions in-service conformity of passenger and light commercial vehicles in operation to draw conclusions concerning the durability of engine components and systems for exhaust emission treatment.

Overall in this in-service conformity testing programme, we were able, in accordance with the statistical procedure, to assess all 17 of the vehicle types tested as "positive". With the exception of one vehicle type, it was possible to conclude the random test for all vehicle types tested with the minimum random sample. This means that all 3 vehicles of one type in as-delivered condition complied with or fell below the respective limits for pollutant emissions according to the criteria of the statistical procedure. In the case of one vehicle type, where the random sample had to be enlarged, it was necessary to examine a total of 8 vehicles.

Furthermore, with all vehicle types the CO<sub>2</sub>-emissions and fuel consumption (Type I Test) were determined to subsequently compare the measured CO<sub>2</sub>-emissions with those of the manufacturers. Of the 17 vehicle types examined, eleven vehicle types complied with the relevant manufacturers' values or fell below them. With six vehicle types, the CO<sub>2</sub>-emissions were more than the permissible 4% above the manufacturer's value during the Type I Test.

## Inhalt

<b>Abkürzungen</b> .....	6	4.3.1 Darstellung der CO <sub>2</sub> - und Kraftstoffverbrauchsergebnisse in tabellarischer Form .....	27
<b>Typberichte</b> .....	6	4.3.2 Darstellung der CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	29
<b>1 Einleitung</b> .....	7	4.3.3 Darstellung des Kraftstoffverbrauchs .....	30
<b>2 Abgasemissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen</b> .....	8	<b>5 Zusammenfassung</b> .....	32
2.1 Entwicklung der Abgasgesetzgebung .....	8	<b>6 Literatur</b> .....	34
2.2 CO <sub>2</sub> -Emissionen und Kraftstoffverbrauch .....	11		
2.3 Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ) .....	12		
<b>3 Projektablauf</b> .....	12		
3.1 Untersuchungsprogramm .....	12		
3.2 Fahrzeugauswahl .....	13		
3.2.1 Auswahlkriterien gemäß Verordnung bzw. Richtlinie .....	13		
3.2.2 Fahrzeugauswahl nach Zulassungsstatistik .....	14		
3.3 Durchführung der Untersuchungen .....	15		
3.4 Bewertung der Stichproben .....	16		
3.4.1 Outlier Verfahren .....	16		
3.4.2 Statistische Verfahren .....	16		
<b>4 Darstellung der Ergebnisse</b> .....	18		
4.1 Eingangsprüfung .....	18		
4.2 Schadstoffemissionen .....	18		
4.2.1 Darstellung der Ergebnisse in tabellarischer Form .....	18		
4.2.2 Darstellung der Schadstoffemissionen der untersuchten Typen .....	19		
4.2.3 Die Schadstoffkomponenten in der Übersicht .....	22		
4.3 CO <sub>2</sub> -Emissionen und Kraftstoffverbrauch .....	27		

## Abkürzungen

ADAC	Allgemeiner Deutscher Automobil Club
ASN	Aufbauergänzungsschlüsselnummer
AU	periodische Abgasuntersuchung
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
COC	Certificate of Conformity
COP	Conformity of Production; Überprüfung der Serienproduktion hinsichtlich Abgasemissionen
EUDC	Extra Urban Driving Cycle
Euro 4	Typprüfung gemäß Richtlinie 98/69/EG, verschärfte Anforderungen gegenüber EURO3 (u. a. niedrigere Grenzwerte im Fahrzyklus, -7°C-Test für Pkw mit Fremdzündungsmotor)
Euro 5, 6	Typprüfung gemäß Verordnung (EG) Nr. 715/2007 (Euro 5 und Euro 6), Amtsblatt der Europäischen Union
IUC	In-Use Compliance
HC	Kohlenwasserstoffe
HSN	Herstellerschlüsselnummer
KBA	Kraftfahrt-Bundesamt
NEDC	New European Driving Cycle
NEFZ	Neuer Europäischer Fahrzyklus gemäß Richtlinie 98/69/EG
NMHC	Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide
OBD	On Board Diagnose
THC	Gesamt-Kohlenwasserstoffe
TSN	Typschlüsselnummer
TÜV NORD	TÜV NORD Mobilität GmbH & Co. KG
UBA	Umweltbundesamt
UDC	Urban Driving Cycle

## Typberichte

1	Fiat Fiat 500
2	Chevrolet Matiz
3	Dacia Sandero
4	Hyundai i10
5	Opel Zafira
6	Renault Twingo
7	Audi A4 (Avant)
8	BMW 118d
9	Opel Insignia
10	Volkswagen Golf
11	Citroen C4 Picasso
12	Mercedes Benz B 180 CDI
13	Peugeot 308 (HDI)
14	Toyota Auris (D-CAT)
15	Ford S-Max
16	Mercedes-Benz Viano CDI 2.2
17	Volkswagen Transporter/Caravelle

Die entsprechenden Typberichte sind in der Bibliothek der BASt einsehbar.

# 1 Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland spielt Mobilität eine wichtige Rolle. Dabei ist der motorisierte Individualverkehr mit rund 80 % am Personenverkehr beteiligt (Bild 1-1). Geht man von der Gesamtfahrleistung bei Kraftfahrzeugen aus, ist der Pkw-Verkehr die entscheidende Größe. Motorräder und Mopeds spielen eine eher untergeordnete Rolle.

Die Gründe hierfür sind vielschichtig. Zum einen wird eine hohe Flexibilität im Wirtschaftsleben vorausgesetzt und zum anderen wollen viele Menschen ihre Freizeit möglichst individuell gestalten können. Somit ist der Pkw für die meisten Menschen das Fortbewegungsmittel Nummer eins, da die gestiegenen Anforderungen durch den Öffentlichen Nahverkehr nicht in ausreichendem Maße erfüllt werden. Die genaue prozentuale Verteilung der jeweiligen Fahrzwecke ist in Bild 1-2 dargestellt [1].

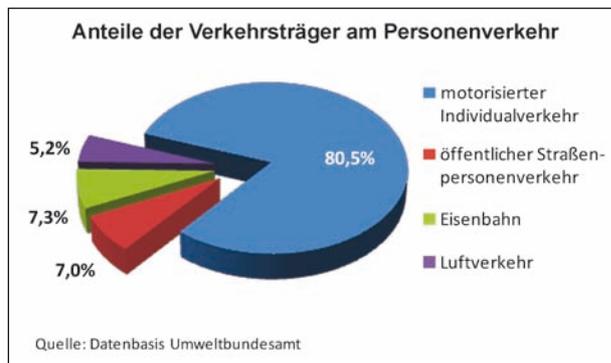
Eine wichtige Aufgabe der EU-Kommission ist es, eine nachhaltige Politik zu gestalten. Der Verkehr soll umweltgerecht, sozialverträglich aber auch gleichzeitig wirtschaftlich effizient sein. Aufgrund des immer höheren Verkehrsaufkommens im Personenverkehr wurden bereits Anfang der 70er-

Jahre gesetzliche Regelungen erarbeitet und darin Grenzwerte für Schadstoffemissionen festgelegt. Bis zum heutigen Zeitpunkt wurden diese immer wieder erweitert und angepasst, sodass es zu einer ständigen Verschärfung der Abgasgesetzgebung kam, die eine Absenkung der Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen zum Ziel hat und so zur Reinhaltung der Luft beiträgt.

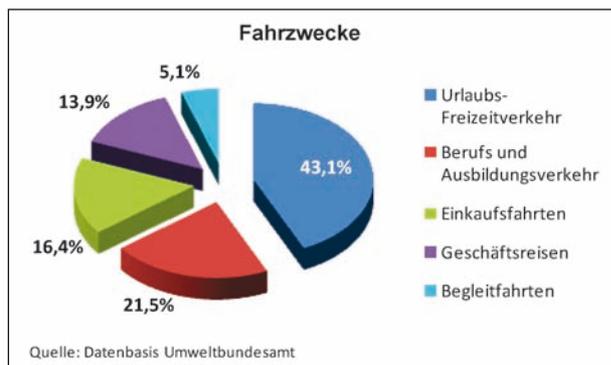
Entscheidend für die Schadstoffbelastung der Umwelt durch den Straßenverkehr sind die Abgasemissionen der im Verkehr befindlichen Fahrzeuge. Daher wurde mit der Richtlinie 98/69/EG und der damit verbundenen Einführung der Abgasstufe Euro 3 erstmalig die Prüfung der Konformität von in Betrieb befindlichen Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen (Feldüberwachung) eingeführt. Dabei sollen im Verkehr befindliche Fahrzeuge nach einer statistischen Auswahl unter Typprüfbedingungen im Typ-I-Test untersucht werden.

In zahlreichen Forschungsvorhaben wurde gezeigt, dass durch die Feldüberwachung typspezifische und konstruktionsbedingte Mängel oder unzureichende Wartungsvorschriften identifiziert werden können, die einen unzulässigen Anstieg der Abgasemissionen im Betrieb des Fahrzeugs bewirken.

Das Forschungsprojekt FE 86.0066/2009 führt die Reihe der o. g. Forschungsvorhaben fort. Ziel dieser Feldüberwachung ist es, den Einfluss der Laufleistung und des Fahrzeugalters auf das Abgasemissionsverhalten von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen (17 Fahrzeugtypen mit Otto und Dieselmotor der Abgasstufen Euro 4 und Euro 5) zu ermitteln. Die Durchführung der Untersuchungen erfolgte in enger Zusammenarbeit mit den Fahrzeugherstellern. Dadurch wird den betroffenen Herstellern ermöglicht, eventuell auftretende typspezifische emissionsrelevante Mängel an den Fahrzeugen im Verkehr (und ggf. in der Serienproduktion) zu beheben. Darüber hinaus können die bei der Feldüberwachung gewonnenen Erkenntnisse in zukünftige Entwicklungen einfließen. Die Feldüberwachung kann somit einen Beitrag leisten, unzulässige Erhöhungen der Abgasemissionen von Kraftfahrzeugen im Verkehr zu erkennen und sie ist damit ein wichtiges Instrument zur Reduzierung der Umweltbelastung durch Schadstoffemissionen aus dem Straßenverkehr [2, 3, 4, 5].



**Bild 1-1:** Personenverkehr (2009)



**Bild 1-2:** Fahrzwecke (2008)

## 2 Abgasemissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen

Abgasemissionen sind das Resultat aus der Verbrennung von Kraftstoffen, wie sie heutzutage bei Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor stattfindet. Dabei entstehen u. a. Produkte die durch ihre toxische Wirkung auf den menschlichen Organismus als Schadstoffe eingestuft werden. Einige von diesen Schadstoffen wurden durch den Gesetzgeber limitiert. Bei der Typprüfung und auch bei der Feldüberwachung müssen diese Grenzwerte eingehalten werden.

Neben diesen gesetzlich vorgeschriebenen Verfahren werden auch entsprechende Forschungsprojekte zur Prüfung der Übereinstimmung in Betrieb befindlicher Fahrzeuge genutzt. Formal ist der Hersteller dazu aufgefordert, im Rahmen einer so genannten Auditierung der Typprüfungsbehörde entsprechende Daten und Messergebnisse vorzulegen.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen werden zwar während der Typprüfung ermittelt, sie unterliegen aber innerhalb der Typprüfung keiner Reglementierung. Auch bei der späteren Feldüberwachung werden die CO<sub>2</sub>-Typprüferte nicht weiter überprüft. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden dennoch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch ermittelt, um feststellen zu können, in wie weit die gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen mit den Herstellerangaben übereinstimmen. Die Werte, welche der Hersteller angibt, dürfen die bei der Typprüfung gemessenen Werte (Typ-I-Test) bei Fahrzeugen der Klasse M um nicht mehr als 4 % und bei Fahrzeugen der Klasse N um nicht mehr als 6 % überschreiten [3, 4].

### 2.1 Entwicklung der Abgasgesetzgebung

Seit dem Bestehen der Richtlinie 70/220/EWG und der damit verbundenen Einführung der Abgasnorm (Euro 1) im Jahr 1992, wurde diese immer wieder weiterentwickelt und die in ihr festgelegten Grenzwerte zunehmend verschärft. Die Bilder 2-2 und 2-2 zeigen, jeweils für Fahrzeuge mit Ottomotor (Bild 2-1) und für Fahrzeuge mit Dieselmotor (Bild 2-2) zusammenfassend, die prozentuale stufenweise Reglementierung der Schadstoffemissionen in den einzelnen Eurostufen. Dabei wird in den Diagrammen bei jeder Schadstoffkomponente der zum Zeitpunkt der Implementierung festgelegte Grenzwerte (bzw. Summengrenzwerte) zu 100 % gesetzt.

Limitierte Schadstoffkomponenten (z. B. NMHC-Emissionen bei Fahrzeugen mit Ottomotor oder die Partikelanzahl (P) bei Fahrzeugen mit Dieselmotor) für die erst zu einem späteren Zeitpunkt ein Grenzwert (d. h. konkret mit Euro 5/Euro 6) festgelegt wurde, sind in den Abbildungen durch eine entsprechend geringere Anzahl von Balken zu erkennen.

Zusammenfassend sind in der Tabelle 2-1 alle Grenzwerte der Klasse M für die Abgasnormen Euro 1 bis Euro 6 aufgeführt.

Mit der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 vom 20. Juni 2007 wurden die Grenzwertstufen Euro 5 und Euro 6 für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge definiert. Im Fokus dieser Verordnung stehen insbesondere die Absenkung der Partikel (Euro 5), der Stickoxidemissionen (Euro 6) und eine Angleichung der Grenzwerte für Fahrzeuge mit unterschiedlichen Antriebskonzepten.

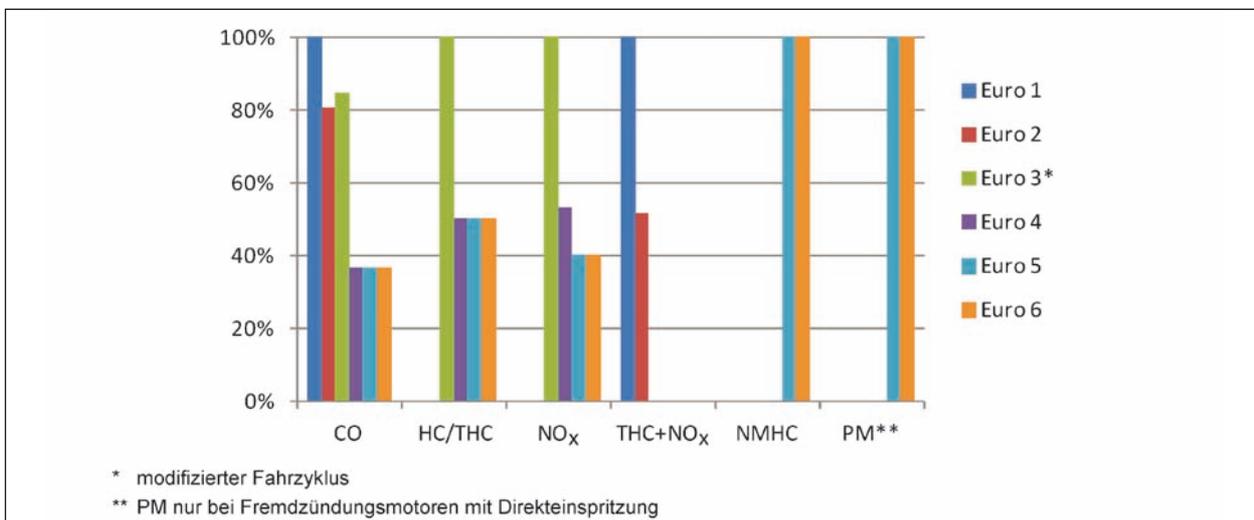


Bild 2-1: Grenzwertsenkungen für Fahrzeuge mit Fremdzündungsmotor der Klasse M

Die stetig gestiegenen Anforderungen zur Reinhaltung der Luft haben zur Folge, dass die Systeme und Einrichtungen zur Abgasnachbehandlung immer aufwendiger und komplexer werden. Deshalb wurde ein umfangreiches Maßnahmenpaket zur Reduzierung der durch Kraftfahrzeuge verursachten Schadstoffbelastung geschaffen.

Bei neuen Fahrzeugen bzw. Fahrzeugtypen muss neben den zum Zeitpunkt der Typprüfung einzuhaltenden Vorgaben bezgl. der Schadstoffgrenzwerte auch die Konformität in der Serienproduktion (COP) nachgewiesen werden. Außerdem ist der Fahrzeughersteller verpflichtet, die Dauerhaltbarkeit von abgasrelevanten Systemen und Bauteilen zu garantieren.

Euro-Norm		Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5	Euro 6
Jahr		1992	1996	2000	2005	2009	2014
Richtlinie/Verordnung		91/441	94/12	98/69	98/69	715/2007	715/2007
für neue Fahrzeugtypen ab Monat/Jahr		07/92	01/96	01/00	01/05	09/09	09/14
für alle Fahrzeuge ab Monat/Jahr			01/97	01/01	01/06	01/11	01/15
Schadstoffe		Grenzwerte					
Benzin	CO [g/km]	2,72	2,2	2,3	1,0	1,0	1
	HC; THC [g/km]	-	-	0,2	0,1	0,1	0,1
	NO <sub>x</sub> [g/km]	-	-	0,15	0,08	0,06	0,06
	HC + NO <sub>x</sub> THC + NO <sub>x</sub> [g/km]	0,97	0,5	-	-	-	-
	NMHC [g/km]	-	-	-	-	0,068	0,068
	Partikelmasse [mg/km]	-	-	-	-	5,0/4,5 *	5,0/4,5 *
	Partikelanzahl [# /km]	-	-	-	-	-	-
Diesel	CO [g/km]	2,72	1,0	0,64	0,5	0,5	0,5
	HC; THC [g/km]	-	-	-	-	-	-
	NO <sub>x</sub> [g/km]	-	-	0,56	0,25	0,18	0,08
	HC + NO <sub>x</sub> THC + NO <sub>x</sub> [g/km]	0,97	0,7	0,56	0,3	0,23	0,17
	NMHC [g/km]	-	-	-	-	-	-
	Partikelmasse [mg/km]	140	80	50	25	5,0/4,5	5,0/4,5
	Partikelanzahl [# /km]	-	-	-	-	6,0 x 10 <sup>11</sup>	6,0 x 10 <sup>11</sup>

\* PM nur bei Fremdzündungsmotoren mit Direkteinspritzung

Tab. 2-1: Pkw-Grenzwerte der Normen Euro 1 bis Euro 6

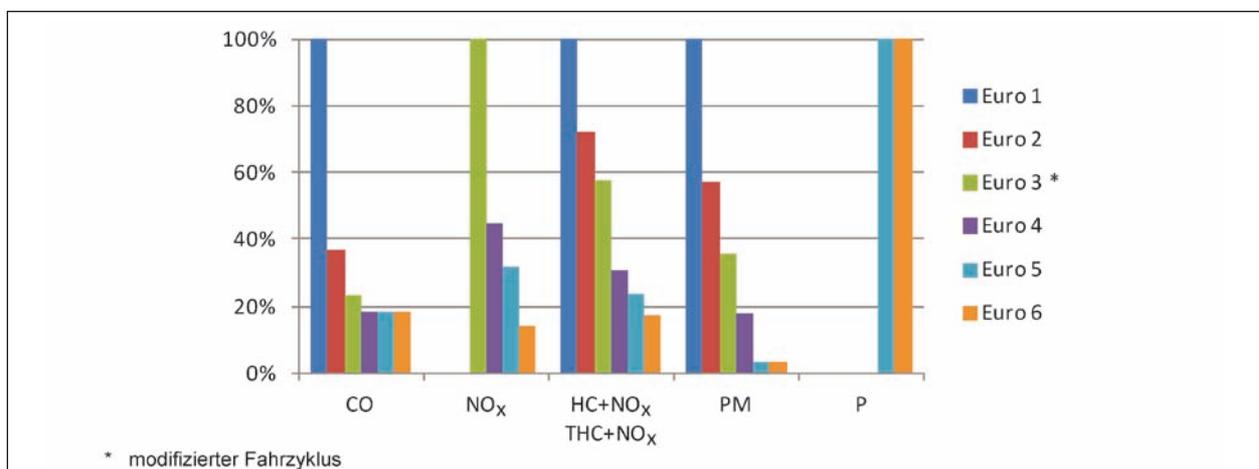


Bild 2-2: Grenzwertsenkungen für Fahrzeuge mit Kompressionszündung der Klasse M

Um sicherzustellen, dass nicht nur im Neuzustand, sondern auch im Alltagsbetrieb das Emissionsniveau der Fahrzeuge stabil bleibt bzw. keine unzulässigen Erhöhungen der Schadstoffemissionen auftreten, wurde als weiteres Instrument eines Gesamtkonzeptes zur nachhaltigen Emissionsminderung von Kraftfahrzeugen die „Feldüberwachung“ (In-Use Compliance, IUC) eingeführt.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle auch auf die Instrumente der Überwachung durch das On-Board-Diagnose-System (OBD-System) und die periodische technische Überwachung aller im Verkehr befindlichen Fahrzeuge hingewiesen.

Außerdem sollte in diesem Zusammenhang der Beitrag verbesserter Kraftstoffqualitäten nicht unerwähnt bleiben. Die dort erreichten Fortschritte kommen allen Fahrzeugen zugute und sie unterstützen damit zusätzlich die Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen.

Bei den o. g. Instrumenten spielt die Feldüberwachung, die im Gegensatz zur OBD und zur

periodischen Abgasuntersuchung (AU) nicht im Verantwortungsbereich des Fahrzeughalters, sondern des Herstellers liegt, eine wichtige Rolle, da dies – nach der Erteilung der Typgenehmigung – die einzige Prüfung ist, bei der die typspezifischen Schadstoffemissionen ein weiteres Mal ermittelt werden, um die Dauerhaltbarkeit von Abgaskomponenten bzw. des gesamten Systems zu überprüfen. Hierzu werden Fahrzeuge, die sich bereits im Verkehr befinden, stichprobenartig ausgewählt und anschließend die Abgasemissionen auf dem Rollenprüfstand im Abgaslabor im Typprüfzyklus (Typ-I-Test) gemessen. Der genaue Ablauf und die Kriterien für die Fahrzeugauswahl werden im Kapitel 3 erläutert.

In der Tabelle 2-2 sind verschiedene gesetzliche Maßnahmen zur Reduzierung der Abgasemissionen durch Kraftfahrzeuge dargestellt.

Durch all diese Maßnahmen konnten trotz des steigenden Verkehrsaufkommens Erfolge bei der Luftreinhaltung erzielt werden [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

	Neu-Fahrzeuge			Fahrzeuge im Verkehr		
	Typprüfung	Dauerhaltbarkeit	Serienüberprüfung	Feldüberwachung	Periodische Abgasuntersuchung	On Board Diagnose
Ziel	Nachweis der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben durch einen Fahrzeugtyp	Nachweis der Einhaltung gesetzlicher Vorgaben durch einen Fahrzeugtyp	Statistische Absicherung der Serienproduktion	Erkennung typspezifischer konstruktionsbedingter Mängel oder unzureichender Wartungsanweisungen	Erkennung hochemittierender Fahrzeuge, Wartungszustand	Fehlfunktionserkennung und anzeige zur sofortigen Instandsetzung
Verantwortungsbereich	Fahrzeughersteller	Fahrzeughersteller	Fahrzeughersteller	Fahrzeughersteller	Fahrzeughalter	Fahrzeughalter
Fahrzeugauswahl	Prototypen	Prototypen oder Serien-Fahrzeuge	Stichprobe aus der Serien-Produktion	Stichprobe der Fahrzeugflotte im Feld	Alle Fahrzeuge im Verkehr	Alle Fahrzeuge im Verkehr
Zeitpunkt der Prüfung	Einmalig	Einmalig	Sporadisch	Regelmäßig	Erstmalig nach 3 Jahren, dann alle 2 Jahre	Permanent
Art der Prüfung	Typprüfung	Dauerlauf oder fester Verschlechterungsfaktor	Typprüfung	Typprüfung	Kurztest	Reale Bedingungen nach Applikation des Herstellers
Einfluss auf die Emissionsreduzierung	Eingesetzte Technologie	Dauerhaltbarkeit unter Laborbedingungen	Eingesetzte Technologie und Umsetzung in der Produktion	Eingesetzte Technologie und Umsetzung im Feld	Wartungszustand	Dauerhaltbarkeit und Wartungszustand im realen Verkehr
Gesetzliche Grundlagen	Europäische Richtlinien über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen 91/441/EWG, 94/12/EWG, 98/69/EG, 715/2007/EG			98/69/EG 715/2007/EG	96/96/EG, 1999/52/EG	98/69/EG 715/2007/EG

**Tab. 2-2:** Ansätze zur Reduzierung der Abgasemissionen durch Kraftfahrzeuge

## 2.2 CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kraftstoffverbrauch

Konnten durch zahlreiche technische Neuerungen die Emissionen der limitierten Schadstoffe deutlich reduziert werden, ist dies bei den Kohlendioxidemissionen nur bedingt gelungen. In Bild 2-3 wird veranschaulicht, dass beispielsweise die Stickoxidemissionen im Zeitraum von 1991 bis 2009 erheblich gesenkt werden konnten (um 73,5 %). Bei den Kohlendioxidemissionen hingegen wurde im gleichen Zeitraum eine deutlich geringere Absenkung erreicht (18,1 %).

Wichtige Gründe hierfür sind die erhebliche Zunahme des Fahrzeuggewichtes und die Erhöhung der Motorleistung. Wog ein VW Golf 1991 noch um die 900 kg, so sind es heute über 1.300 kg. Dies ist eine Gewichtsteigerung von über 40 %. Gründe hierfür sind die gestiegenen Sicherheitsanforderungen und die damit verbundenen zahlreichen Assistenzsysteme, die zur passiven und aktiven Fahrsicherheit beitragen. Aber auch zahlreiche Komforteinrichtungen haben zur Gewichtszunahme geführt.

Obwohl Kohlendioxid für den Treibhauseffekt mitverantwortlich ist und die klimaschädliche Wirkung bekannt ist, wird es nicht als Schadstoff eingestuft, da es in normaler Konzentration auf den menschlichen Organismus keine toxischen Auswirkungen hat. Der Gesamtverkehr ist in Deutschland mit rund 19 % am CO<sub>2</sub>-Ausstoß beteiligt, wobei allein der Kfz-Verkehr 12 % ausmacht. Dies war einer der

Gründe, weshalb in Europa mit den Verordnungen (EG) Nr. 443/2009 und (EU) Nr. 510/2011 Maßnahmen zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Pkw und leichten Nutzfahrzeugen ergriffen wurden. Die Verordnungen sehen eine schrittweise Absenkung der durchschnittlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen von Neufahrzeugen vor. So soll bis zum Jahr 2020 der durchschnittliche CO<sub>2</sub>-Ausstoß von neuen Pkw auf 95 g/km und von neuen leichten Nutzfahrzeugen auf 147 g/km stufenweise abgesenkt werden. Um die europäischen Klimaschutzziele zu erreichen werden diese Regelungen kontinuierlich überprüft und weiterentwickelt.

Seit Inkrafttreten der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 sind die CO<sub>2</sub>- und Verbrauchswerte Bestandteil der Typgenehmigung. Diese Werte dienen neben der steuerlichen Einstufung der Fahrzeuge auch der Verbraucherinformation. Werden die CO<sub>2</sub>- bzw. Kraftstoffverbrauchsangaben nicht eingehalten, können Verbraucher Gewährleistungsansprüche gegenüber dem Hersteller geltend machen.

Der Kraftstoffverbrauch wird aus den kohlenstoffhaltigen Abgaskomponenten CO<sub>2</sub>, CO und HC berechnet. Dabei ist zu beachten, dass gemäß Richtlinie 1999/100/EG bzw. Verordnung (EG) Nr. 715/2007 auch verschiedene Kraftstoffe zum Einsatz gelangen, bzw. unterschiedliche Faktoren bei der Berechnung der Kraftstoffverbräuche aus den kohlenstoffhaltigen Abgaskomponenten für z. B. Euro 4- bzw. Euro-5-Fahrzeuge berücksichtigt werden müssen [1, 3, 4, 8, 9, 10].

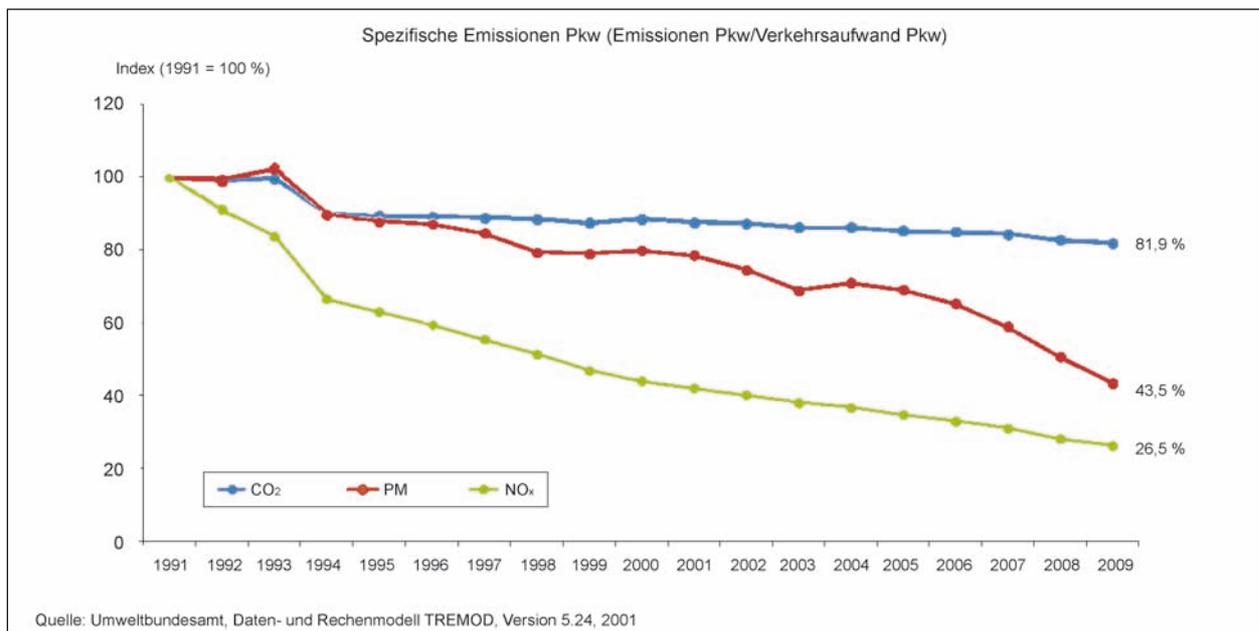


Bild 2-3: Spezifische Emissionen Pkw

## 2.3 Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)

Als Basis für die Ermittlung der Abgasemissionen dient der Neue Europäische Fahrzyklus (NEFZ), welcher auch als NEDC (New European Driving Cycle) bzw. MVEG (Motor Vehicle Emissions Group) bezeichnet wird.

Er ist für die Typgenehmigung in Europa vorgeschrieben und somit auch bei der Feldüberwachung anzuwenden. Der Fahrzyklus ist in der europäischen Richtlinie 98/69/EG bzw. in der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 beschrieben. Der NEFZ besteht aus zwei Teilzyklen, einem städtischen Teil (Teil Eins oder Urban Driving Cycle, UDC) und einem außerstädtischen Teil (Teil Zwei oder Extra Urban Driving Cycle, EUDC), wobei sich der Stadtfahrzyklus aus 4 hintereinander gefahrenen Grundstadtfahrzyklen zusammensetzt. Insgesamt wird in 1180 Sekunden eine Strecke von rund 11 km zurückgelegt. Bevor die Messung beginnen kann, muss das Fahrzeug für mindestens 6 Stunden bei einer Temperatur zwischen 20 °C und 30 °C konditioniert werden. Die Probenentnahme beginnt sofort mit dem Motorstart und endet nach 1.180 Sekunden. Bild 2-4 zeigt das Geschwindigkeitsprofil des NEFZ [3, 5, 6, 7, 8].

## 3 Projekttablauf

An dem Forschungsvorhaben waren neben dem TÜV NORD als projektleitende Stelle, der Allgemeine Deutsche Automobil-Club (ADAC) und das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA) beteiligt. Die Ermittlung der Fahrzeughalter von geeigneten Fahrzeugen erfolgte durch das KBA. Die Messungen erfolgten in den Abgaslaboratorien des TÜV NORD in Essen und Hannover sowie des ADAC in Landsberg am Lech. Dabei wurden alle Messungen entsprechend der zugehörigen Richtlinie bzw. Verordnung durchgeführt [5].

### 3.1 Untersuchungsprogramm

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Abgasemissionen von in Betrieb befindlichen Pkw und leichten Nutzfahrzeugen zu untersuchen, um so Rückschlüsse auf die Dauerhaltbarkeit von Motorcomponenten und Systemen zur Abgasnachbehandlung ziehen zu können.

In diesem Forschungsvorhaben wurden insgesamt 17 Fahrzeugtypen untersucht. Davon waren 6 Typen mit Fremdzündungsmotor und 11 Typen mit Selbstzündungsmotor ausgestattet. Beide Gruppen sollten jeweils Fahrzeuge der Grenzwertstufen

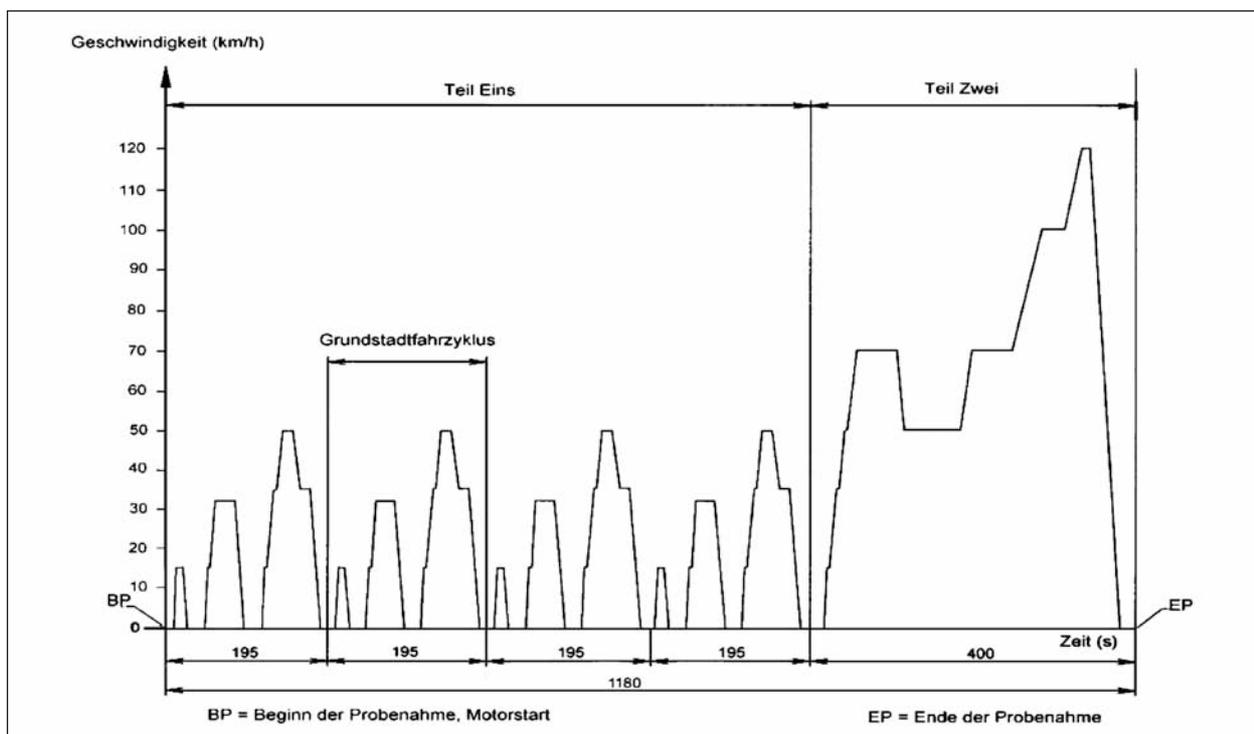


Bild 2-4: Fahrkurve des NEFZ [6]

Euro 4 und Euro 5 beinhalten. Unter den Fahrzeugtypen mit Kompressionszündung befanden sich 3 leichte Nutzfahrzeuge der Gruppe III.

Die Verteilung der untersuchten Fahrzeugtypen auf die Fahrzeugklassen M und N1/Gruppe III und die Abgasstufen Euro 4 und Euro 5 wird differenziert für Fahrzeuge mit Otto- bzw. Dieselmotor in Tabelle 3-1 dargestellt.

Bei der Ermittlung der Emissionen im Rahmen der Feldüberwachung sind entsprechend der Gesetzgebung sowohl der gleiche Fahrzyklus als auch die gleichen Prüfstandseinstellungen wie bei der Typgenehmigung zu verwenden. D. h. Schwungmasse sowie Fahrwiderstandskurve entsprechen denen bei der Typprüfung und alle Messungen werden im „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ (NEFZ) durchgeführt.

Die Fahrzeuge wurden entsprechend der Einstufung bei der Abgastypgenehmigung im Hinblick auf ihre limitierten Schadstoffkomponenten (Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe, Stickoxide und Partikelmasse) überprüft. Bei den Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor der Grenzwertstufe Euro 5 wurde zusätzlich die Masse der Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe bestimmt. Außerdem wurde bei Fahrzeugen mit der Abgasnorm Euro 5 und Selbstzündungsmotor die Partikelanzahl ermittelt. Dabei wurden die Abgasemissionen im Typ-I-Test während der Phase 1 (innerstädtische Teil) und der Phase 2 (außerstädtische Teil) des NEFZ in separaten Beuteln gesammelt und anschließend analysiert. Zusätzlich wurden die oben genannten gasförmigen Abgaskomponenten während der gesamten Dauer des Zyklus kontinuierlich im Sekundentakt erfasst (Modalmessung). Diese können später bei auffälligen Fahrzeugen, die die Grenzwerte überschreiten, zur Analyse verwendet werden. So können ganz gezielt Bereiche im Fahrzyklus oder im Motorkennfeld ausgemacht werden, in denen erhöhte Emissionswerte auftreten. Dies erleichtert später die Darstellung der Ergebnisse bzw. die Kommunikation mit den jeweiligen Herstellern [5, 6, 7].

## 3.2 Fahrzeugauswahl

Die Fahrzeugauswahl ist von großer Bedeutung für ein repräsentatives Aussageergebnis und den Erfolg der Feldüberwachung. Die Fahrzeugauswahl erfolgte in Abstimmung mit dem Auftraggeber. Die in diesem Projekt untersuchten 17 Fahrzeugtypen wurden nach zuvor festgelegten Kriterien ausgewählt. Bei der Auswahl der zu untersuchenden Typen wurden sowohl statistische als auch technische Kriterien berücksichtigt. Als Grundlage für die Auswahl der Fahrzeugtypen dienen die Daten und Statistiken des KraftfahrtBundesamtes. Dabei waren insbesondere die Neuzulassungszahlen aus den Bezugsjahren 2008 und 2009 von entscheidender Bedeutung. Um Doppeluntersuchungen zu vermeiden und die Effektivität des Forschungsvorhabens zu optimieren, wurden die Fahrzeugauswahl und die Messergebnisse aus anderen europäischen Feldüberwachungsprogrammen berücksichtigt.

### 3.2.1 Auswahlkriterien gemäß Verordnung bzw. Richtlinie

In der Richtlinie 98/69/EG bzw. der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 sind die Auswahlkriterien, die bei der Prüfung der Übereinstimmung im Betrieb befindlicher Fahrzeuge zu Grunde gelegt werden, beschrieben [3, 4, 5].

Diese sind:

- Kilometerleistung zwischen 15.000 und 100.000 km für Abgasstufe Euro 5 bzw. zwischen 15.000 und 80.000 km für Abgasstufe Euro 4,
- Betriebszeit zwischen 6 Monaten und 5 Jahren,
- ordnungsgemäße und nach Herstellerangabe durchgeführte Wartungsintervalle mit Nachweis (Wartungsheft/Serviceheft),
- keine Hinweise auf eine missbräuchliche Nutzung oder anderer Veränderungen mit Einfluss auf das Emissionsverhalten,

Abgasnorm	Fahrzeugtypen mit Ottomotor		Fahrzeugtypen mit Dieselmotor	
	Euro 4	Euro 5	Euro 4	Euro 5
Fahrzeugklasse M	5	1	4	4
Fahrzeugklasse N1 Gruppe III	--	--	3	--

Tab. 3-1: Verteilung der Fahrzeugtypen

- OBD-System: Fehlercode und gespeicherte Kilometerleistung berücksichtigen; dabei sind nur Fahrzeuge zu verwenden, die nach dem Speichern eines Fehlercodes umgehend wieder instandgesetzt wurden,
- keine größere unbefugte Reparatur am Motor bzw. keine größere Reparatur am Fahrzeug,
- alle Bauteile der Abgasanlage müssen der Typgenehmigung entsprechen.

Aufgrund der „Abwrackprämie“ im Jahr 2009 hatten besonders Neufahrzeuge aus den Segmenten der Mini, Kleinwagen und Kompaktklasse hohe Absatzzahlen. Bei einem Fahrzeugtyp wurden auch Fahrzeuge mit einer geringeren Kilometerleistung als 15.000 km für die Feldüberwachung ausgewählt, da für diesen Typ keine ausreichende Anzahl von Fahrzeugen gefunden werden konnte, die das Kriterium der Kilometerleistung erfüllen. Es handelte sich dabei um den Fahrzeugtyp Hyundai i10, der aufgrund seiner hohen Zulassungszahlen im Jahr 2009 ein besonders geeigneter Kandidat für die Feldüberwachung war. Bei allen anderen Fahrzeugtypen konnten die Auswahlkriterien erfüllt werden.

**3.2.2 Fahrzeugauswahl nach Zulassungsstatistik**

Für dieses Forschungsvorhaben wurden nur Fahrzeuge mit konventionellen Otto- oder Dieselmotoren gewählt, da etwa 99 % aller neuzugelassenen Fahrzeuge mit dem Energiewandler Otto- oder Dieselmotor verkauft werden. Zwar weisen alternative

Antriebe wie Gas-, Hybrid- und Elektrofahrzeuge sehr hohe Steigerungsraten in den Zulassungsstatistiken auf, absolut betrachtet, sind es dennoch gerade einmal rund 1 % aller Fahrzeuge, die mit alternativen Antrieben ausgestattet sind [11].

Der Anteil an Neufahrzeugen mit Dieselmotor ist zwar in den letzten beiden Jahren leicht zurückgegangen, dennoch stieg der Fahrzeugbestand mit Dieselmotoren insgesamt in Deutschland an. Diese werden auch überdurchschnittlich oft von Vielfahrern und Pendlern gefahren, wodurch hohe jährliche Fahrleistungen erreicht werden. Daher wurden 11 von insgesamt 17 Fahrzeugen mit Kompressionszündung ausgewählt und 6 mit Fremdzündungsmotor.

Neben der Anzahl an Neuzulassungen, sollte auch ein möglichst breites Spektrum an Herstellern abgedeckt werden wobei ein repräsentativer Querschnitt über die in der Bundesrepublik Deutschland zugelassenen Fahrzeugtypen gewahrt bleiben sollte. Es wurden Fahrzeugtypen von 14 unterschiedlichen Herstellern im Vorhaben untersucht, wobei die Erstzulassung der geprüften Fahrzeuge in den Jahren 2007, 2008, 2009 und 2010 erfolgte. Die Bilder 3-1 und 3-2 zeigen für die Jahre 2008 und 2009 den Marktanteil der Hersteller an Neuzulassungen [11].

Die Auswahl der Fahrzeuge nach dem Stand der Abgaszulassung erfolgte über die Aufbauergänzungsschlüsselnummer (ASN), sodass sichergestellt werden konnte, dass alle Fahrzeuge eines Fahrzeugtyps nach den gleichen Abgasgrenzwerten zugelassen wurden.

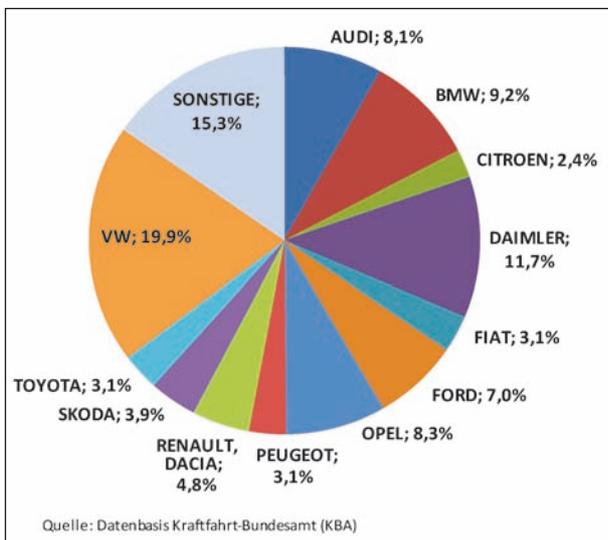


Bild 3-1: Pkw Neuzulassungen in Deutschland 2008

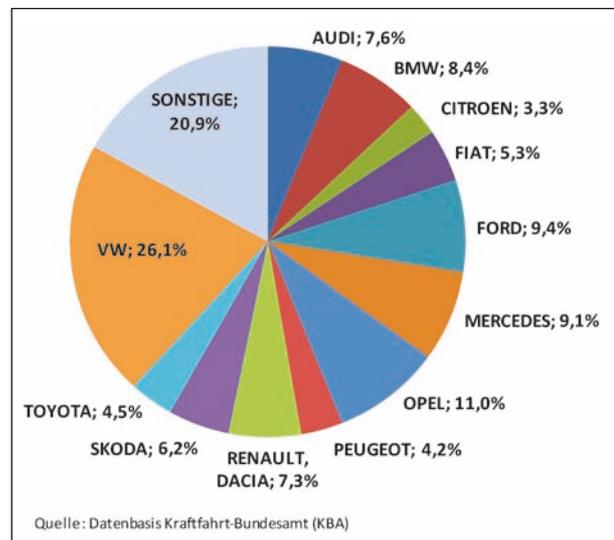


Bild 3-2: Pkw Neuzulassungen in Deutschland 2009

Bei der Ermittlung von Fahrzeughaltern wurden Regionalschlüssel angewendet, sodass die Fahrzeuge auf die Bereiche der Standorte der beteiligten Forschungsstellen des TÜV NORD in Essen und Hannover sowie des ADAC in Landsberg am Lech beschränkt waren. Die Ermittlung der Fahrzeughalter erfolgte unter Nutzung der Bestandsdaten des Krafftahrt-Bundesamtes. Über den speziell angepassten Auswahlalgorithmus wurde gewährleistet, dass die Selektion der Fahrzeughalter nach dem Zufallsprinzip erfolgte [5].

Für die Fahrzeugbeschaffung wurden mithilfe des Krafftahrt-Bundesamtes pro Fahrzeugtyp jeweils 300 Fahrzeughalter ermittelt und angeschrieben.

Die Fahrzeughalter, die sich bereit erklärten am Untersuchungsprogramm teilzunehmen, wurden zunächst mittels eines Fragebogens über wichtige Fahrzeugmerkmale wie Kilometerleistung, Wartungszustand, durchgeführte Reparaturen und dem Serienzustand ihres Fahrzeuges befragt. So konnte im Vorfeld geklärt werden, ob ein Fahrzeug für dieses Projekt geeignet ist.

Einen Überblick über die konkreten Fahrzeugtypen, die im Rahmen des Forschungsvorhabens ausgewählt wurden, bietet die Tabelle 3-2.

### 3.3 Durchführung der Untersuchungen

Bild 3-3 zeigt den Ablaufplan des Untersuchungsprogrammes. Nach der Überführung der Fahrzeuge in den jeweiligen Abgaslaboratorien erfolgte als erstes die Eingangsprüfung. Mittels einer Sichtprüfung wurde sichergestellt, dass sich die Fahrzeuge in einem ordnungsgemäßen Zustand befanden und alle Wartungsintervalle eingehalten wurden. Zudem wurden bei den geprüften Fahrzeugen der Fehlerspeicher des OBD-Systems ausgelesen und abgasrelevante Fehler berücksichtigt.

Waren hier keine Auffälligkeiten erkennbar, erfolgte entsprechend der Richtlinie 98/69/EG bzw. der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 die Lastanpassung des Prüfstands. Außerdem wurden die Fahrzeuge auf dem Rollenprüfstand konditioniert. Dies ist laut Vorschrift zwar nur bei Dieselfahrzeugen vorgeschrieben, dennoch wurde bei allen Fahrzeugen eine Konditionierung durchgeführt, da sich diese Vorgehensweise in der Vergangenheit, d. h. im Rahmen bereits durchgeführter Feldüberwachungsprojekte, als positiv für die Ergebnissicherheit herausgestellt hat. Nach erfolgreicher Anpassung und anschließender Konditionierung des

Nr.	Hersteller	Handelsbezeichnung	Typ	Arbeitsprinzip	Abgasnorm	Hubraum	Leistung	Nenn-drehzahl	EG-Typ-genehmigung
1	FIAT	FIAT 500	312	Fremdzündung	Euro 5	1.242 cm <sup>3</sup>	51 kW	5.500 min <sup>-1</sup>	e3*2001/116*0261*_
2	CHEVROLET	MATIZ	KLAK		Euro 4	796 cm <sup>3</sup>	38 kW	6.000 min <sup>-1</sup>	e4*2001/116*0092*_
3	DACIA	SANDERO 1.4	SD		Euro 4	1.390 cm <sup>3</sup>	55 kW	5.500 min <sup>-1</sup>	e2*2001/116*0314*_
4	HYUNDAI	i10	PA		Euro 4	1.086 cm <sup>3</sup>	49 kW	5.500 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0131*_
5	OPEL	ZAFIRA	A-H/ Monocab		Euro 4	1.796 cm <sup>3</sup>	103 kW	6.300 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0325*_
6	RENAULT	TWINGO	CN0D05		Euro 4	1.149 cm <sup>3</sup>	43 kW	5.250 min <sup>-1</sup>	e2*2001/116*0359*_
7	AUDI	A4 AVANT	B8	Kompressionszündung	Euro 5	1.968 cm <sup>3</sup>	105 kW	4.200 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0430*_
8	BMW	118d	187		Euro 5	1.995 cm <sup>3</sup>	105 kW	4.000 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0287*_
9	OPEL	Insignia	0G-A		Euro 5	1.956 cm <sup>3</sup>	118 kW	4.000 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0475*_
10	VOLKSWAGEN	GOLF	1K		Euro 5	1.968 cm <sup>3</sup>	103 kW	4.200 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0242*_
11	CITROEN	C4 Picasso	UA9HZ_		Euro 4	1.560 cm <sup>3</sup>	80 kW	4.000 min <sup>-1</sup>	e2*2001/116*0345*_
12	MERCEDES-BENZ	B 180 CDI	245		Euro 4	1.991 cm <sup>3</sup>	80 kW	4.200 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0314*_
13	PEUGEOT	308 HDI	4****		Euro 4	1.560 cm <sup>3</sup>	80 kW	4.000 min <sup>-1</sup>	e2*2001/116*0362*_
14	TOYOTA	AURIS D-CAT	E15UT(A)		Euro 4	1.998 cm <sup>3</sup>	93 kW	3.600 min <sup>-1</sup>	e11*2001/116*0305*_
15	FORD	S-MAX TDI	WA6		Euro 4 Gr.III	1.997 cm <sup>3</sup>	103 kW	4.000 min <sup>-1</sup>	e13*2001/116*0185*_
16	MERCEDES-BENZ	VIANO CDI 2.2	639		Euro 4 Gr.III	2.148 cm <sup>3</sup>	110 kW	3.800 min <sup>-1</sup>	e9*2001/116*0048*_
17	VOLKSWAGEN	TRANSPORTER/ CARAVELLE	7HC		Euro 4 Gr.III	1.896 cm <sup>3</sup>	75 kW	3.500 min <sup>-1</sup>	e1*2001/116*0220*_

Tab. 3-2: Fahrzeugtypauswahl

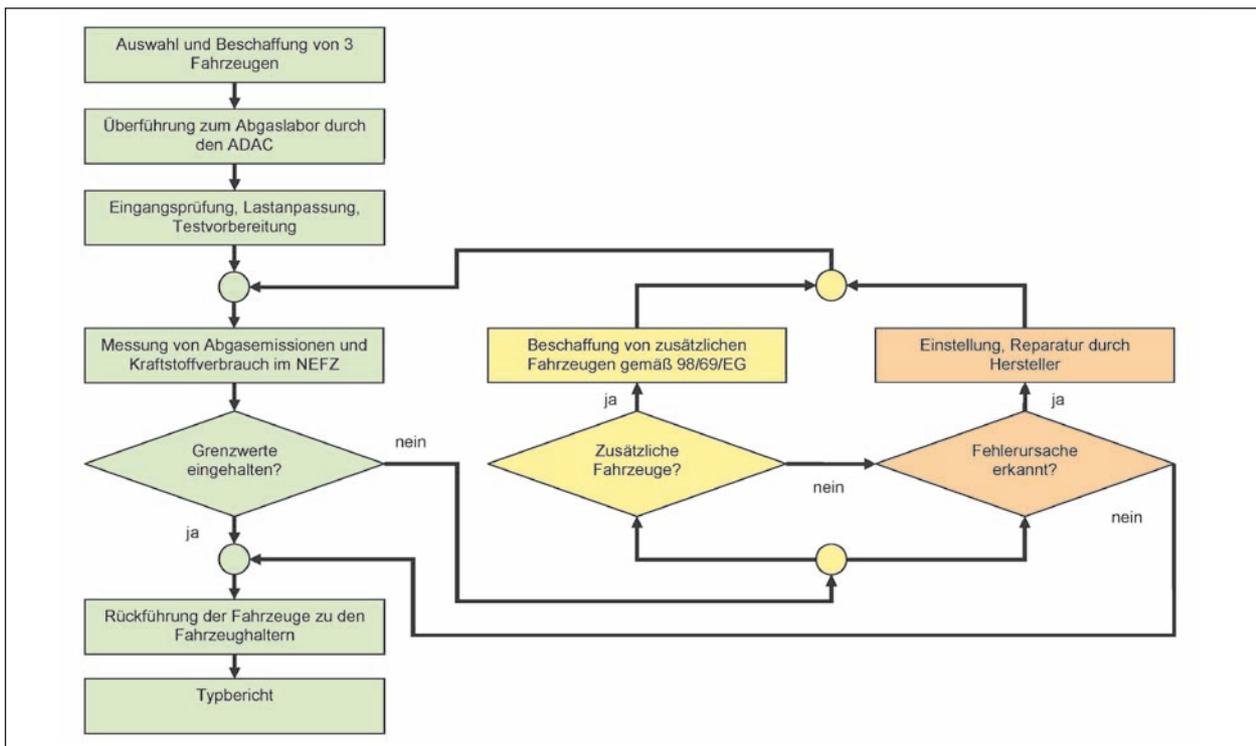


Bild 3-3: Programmablauf Feldüberwachung [6, 7]

Fahrzeuges konnte die eigentliche Emissionsmessung beginnen.

Entsprechend der Richtlinie wurden die Messungen nach Absprache mit dem Hersteller, auch mit dem bereits im Tank befindlichen Kraftstoff durchgeführt.

Bei einem Fahrzeugtyp wurde jedoch in Absprache mit dem Hersteller sowohl konventioneller Kraftstoff als auch Referenzkraftstoff verwendet.

Die ermittelten Emissionswerte aller Fahrzeugtypen sind im Rahmen dieses Projektes ohne die Einbeziehung der jeweiligen Verschlechterungsfaktoren (DF-Faktoren) und bei periodisch arbeitenden Regenerationsystemen ohne die entsprechenden Ki-Faktoren angegeben.

### 3.4 Bewertung der Stichproben

In Bild 3-4 ist das Verfahren zur Bewertung einer Stichprobe bei der Feldüberwachung gemäß Richtlinie 98/69/EG und Verordnung (EG) Nr. 715/2007 schematisch dargestellt. Dementsprechend sind in der Richtlinie bei Grenzwertüberschreitungen Messungen an bis zu 20 Fahrzeugen eines Typs vorgesehen. Bei der Bewertung der Messergebnisse wird zwischen dem statistischen Verfahren und dem Verfahren bei hoch emittierenden Fahrzeugen (Outlier) unterschieden [2, 3, 5, 6, 7].

#### 3.4.1 Outlier Verfahren

Für hoch emittierende Fahrzeuge ist folgendes Vorgehen vorgesehen:

Wird ein bestimmter Abgaswert von zwei Fahrzeugen eines Typs aufgrund der gleichen technischen Ursache überschritten (für Euro-4- und Euro-5-Fahrzeuge der 1,5-fache Abgasgrenzwert), soll eine Diskussion zwischen der zuständigen Genehmigungsbehörde und dem betroffenen Fahrzeughersteller über die Fehlerursache und eventuelle Abhilfemaßnahmen geführt werden.

Werden bei zwei Fahrzeugen eines Typs Abgasemissionen von dem 2,5-fachen des Abgasgrenzwertes oder mehr (unabhängig vom Stand der Genehmigung des untersuchten Fahrzeugtyps) aufgrund der gleichen technischen Ursache festgestellt, so wird eine Rückrufaktion durch die zuständige Genehmigungsbehörde veranlasst. Sobald zwei Fahrzeuge aufgrund des gleichen typspezifischen Defektes stark erhöhte Emissionen aufweisen (Outlier), gilt für die Stichprobe ein negatives Ergebnis und die Untersuchung wird abgebrochen [5, 6, 7].

#### 3.4.2 Statistische Verfahren

In Tabelle 3-3 sind die Grenzwerte für die Bewertung einer Stichprobe nach dem statistischen Verfahren gemäß Richtlinie dargestellt [5, 6, 7].

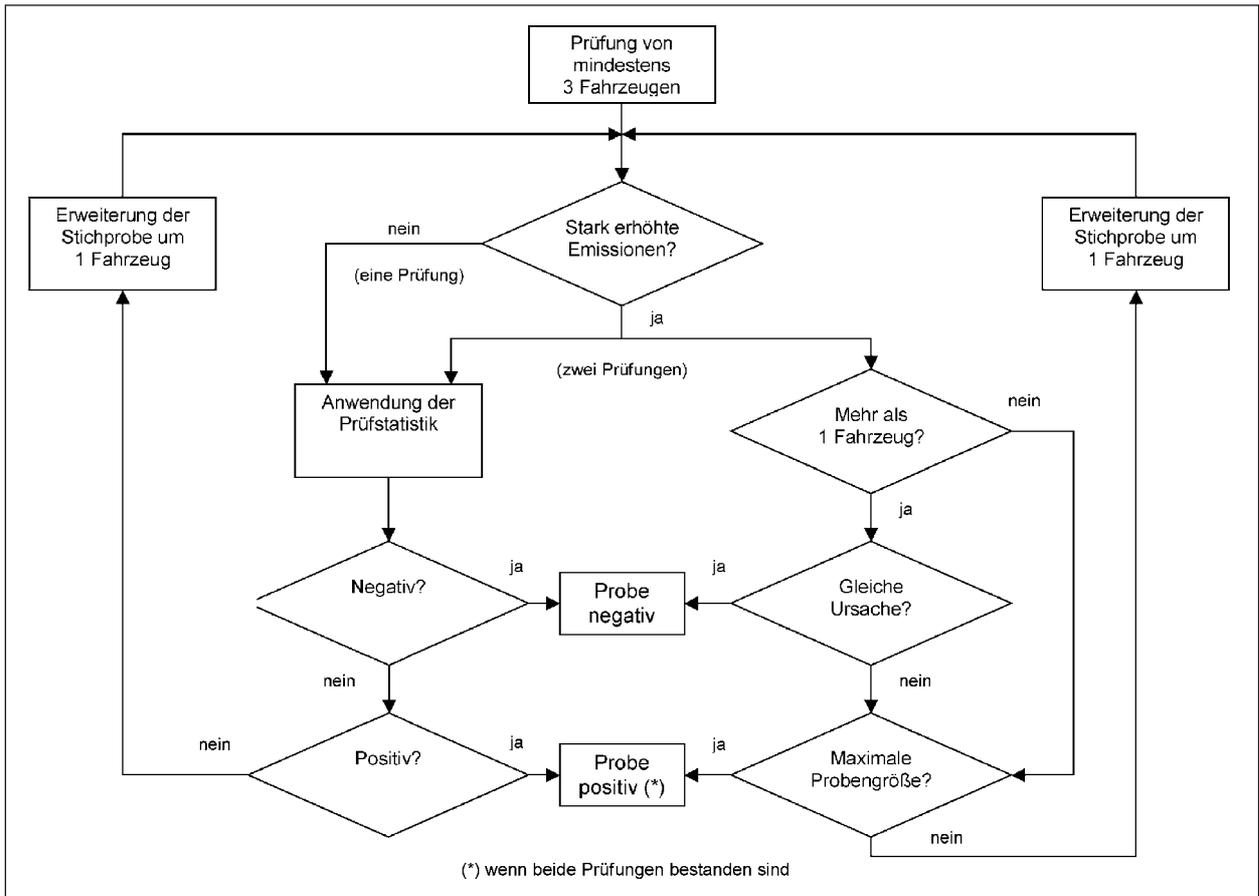


Bild 3-4: Durchführung der Feldüberwachung [6, 7]

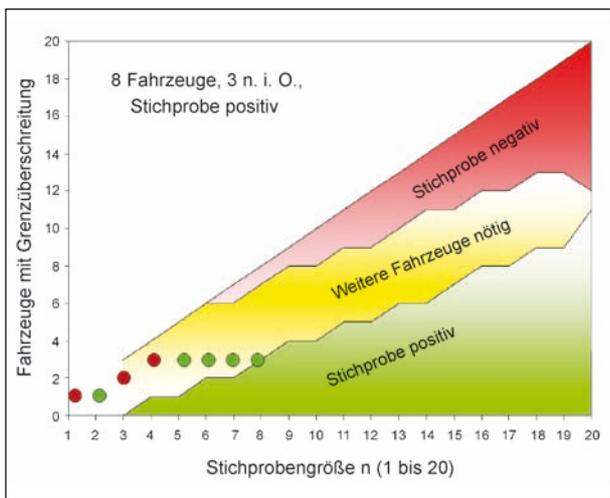
Stichprobengröße Anzahl der geprüften Fahrzeuge	Anzahl der auffälligen Fahrzeuge (n)		
	Ergebnis positiv	Zusätzliche Tests	Ergebnis negativ
3	0	0 < n	-
4	1	1 < n	-
5	1	1 < n < 5	5
6	2	2 < n < 6	6
7	2	2 < n < 6	6
8	3	3 < n < 7	7
9	4	4 < n < 8	8
10	4	4 < n < 8	8
11	5	5 < n < 9	9
12	5	5 < n < 9	9
13	6	6 < n < 10	10
14	6	6 < n < 11	11
15	7	7 < n < 11	11
16	8	8 < n < 12	12
17	8	8 < n < 12	12
18	9	9 < n < 13	13
19	9	9 < n < 13	13
20	11	-	12

Tab. 3-3: Bewertung einer Stichprobe nach dem statistischen Verfahren

Die Bewertung der Stichprobe nach dem statistischen Verfahren ist in Bild 3-5 dargestellt. Beläuft sich die Stichprobengröße zum Beispiel auf 8 Fahrzeuge, so gelten die Anforderungen des statistischen Verfahrens als erfüllt, wenn höchstens 3 Fahrzeuge die Grenzwerte überschreiten. In diesem Fall ist die Untersuchung beendet.

Die Anforderungen des statistischen Verfahrens sind nicht erfüllt, wenn mindestens 7 von 8 Fahrzeugen die Grenzwerte nicht einhalten. In diesem Fall wird die Untersuchung mit einem negativen Ergebnis beendet.

Werden bei 8 untersuchten Fahrzeugen die Grenzwerte von 4 bis 6 Fahrzeugen überschritten, so muss ein weiteres Fahrzeug untersucht werden [5, 6, 7].



**Bild 3-5:** Bewertung der Stichprobe nach dem statistischen Verfahren

## 4 Darstellung der Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die bei der Feldüberwachung ermittelten Abgasemissionen für die verschiedenen Fahrzeugtypen zunächst tabellarisch zusammengefasst, um anschließend die Ergebnisse grafisch darstellen zu können. In Bezug auf die Schadstoffemissionen wird zunächst jeder untersuchte Fahrzeugtyp einzeln betrachtet und im Anschluss daran werden separat die entsprechenden Schadstoffkomponenten aller geprüften Fahrzeugtypen untereinander verglichen.

Auf die Auswertung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs wird in Kapitel 4.3 eingegangen.

Des Weiteren werden separat für alle Fahrzeugtypen, die im Rahmen des Projektes untersucht wurden, sogenannte „Typberichte“ angefertigt. Darin werden neben den relevanten Fahrzeugdaten auch die Messergebnisse der geprüften Fahrzeuge dargelegt. Die „Typberichte“ sind dem Bericht als Anhang beigefügt.

### 4.1 Eingangsprüfung

Die Eingangsprüfung ergab, dass bei keinem Fahrzeug Auffälligkeiten von abgasrelevanten Bauteilen erkennbar waren.

### 4.2 Schadstoffemissionen

#### 4.2.1 Darstellung der Ergebnisse in tabellarischer Form

Die Tabellen 4-1 und 4-2 geben einen Überblick über die Messergebnisse. In den Tabellen sind

Nr.	Hersteller	Handelsbezeichnung	Anzahl der geprüften Fahrzeuge	Hubraum [cm <sup>3</sup> ]	Ø Fahrleistung [km]	Schadstoff-Emissionen im NEFZ			
						CO [mg/km]	THC [mg/km]	NMHC [mg/km]	NO <sub>x</sub> [mg/km]
1	Fiat	Fiat 500	3	1.242	47.932	219,8	44,0	39,5	18,2
<b>Grenzwert Euro 5 der Fahrzeugklasse M</b>						<b>1.000</b>	<b>100</b>	<b>68</b>	<b>60</b>
2	Chevrolet	Matiz	3	796	9.346	428	30	-	26
3	Dacia	Sandero	3	1.390	38.290	464	60,3	-	24,4
4	Hyundai	i10	3	1.086	10.445	415	31	-	18
5	Opel	Zafira	3	1.796	32.424	379	20	-	27
6	Renault	Twingo	3	1.149	23.879	190	40	-	17
<b>Grenzwert Euro 4 der Fahrzeugklasse M</b>						<b>1.000</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>80</b>

**Tab. 4-1:** Mittelwerte der Schadstoffemissionen der Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor im NEFZ (Typ-I-Test)

die Mittelwerte der Abgasemissionen und die jeweiligen Grenzwerte im „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ für die untersuchten Fahrzeugtypen zusammengefasst.

#### 4.2.2 Darstellung der Schadstoffemissionen der untersuchten Typen

In den Bildern 4-1 bis 4-17 sind die für die verschiedenen Fahrzeugtypen gemessenen Emissionswerte den jeweiligen Abgasgrenzwerten gegenübergestellt. Dazu wurden die Grenzwerte der limitierten Abgaskomponenten jeweils zu 100 % gesetzt. Der jeweilige Säulenwert zeigt den Mittelwert aus allen gemessenen Fahrzeugen eines Typs an. Zusätzlich werden Maximalwert und Minimalwert im Diagramm angezeigt. So ist leicht erkennbar, wie weit der berechnete Mittelwert vom Grenzwert entfernt liegt und ob es bei einem Fahrzeug zu einer Grenzüberschreitung gekommen ist. Die Ergebnisse der Emissionsmessungen werden dabei separat für jeden untersuchten Fahrzeugtyp entsprechend der in Tabelle 4-1 bzw. 4-2 vorgegebenen Reihenfolge dargestellt.

#### Pkw mit Fremdzündungsmotor

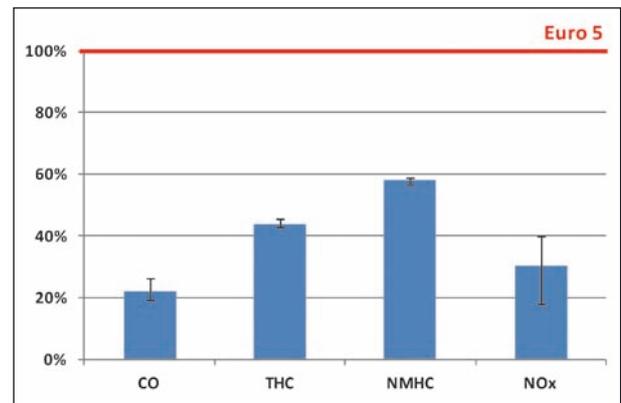


Bild 4-1: Limitierte Abgasemissionen, Fiat 500

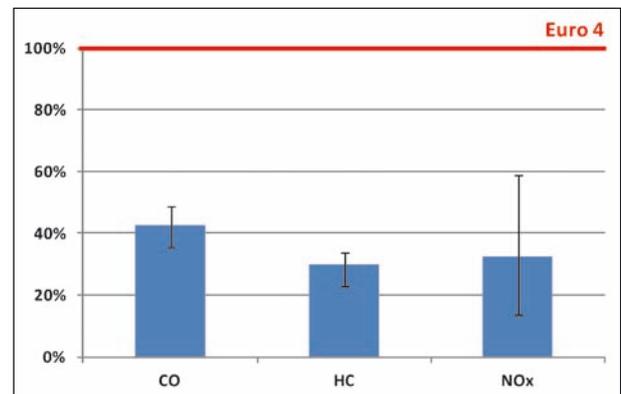


Bild 4-2: Limitierte Abgasemissionen, Chevrolet Matiz

Nr.	Hersteller	Handelsbezeichnung	Anzahl der geprüften Fahrzeuge	Hubraum [cm³]	Ø Fahrleistung [km]	Schadstoff-Emissionen im NEFZ			
						CO [mg/km]	NO <sub>x</sub> [mg/km]	THC+NO <sub>x</sub> [mg/km]	PM [mg/km]
7	AUDI	A4 AVANT	3	1.968	32.958	146,9	126,5	151,1	0,49
8	BMW	118d	3	1.995	37.913	335,5	150,5	192,9	0,6
9	OPEL	Insignia	3	1.956	34.543	47,5	125,7	136,3	0,7
10	VOLKSWAGEN	GOLF	8	1.968	41.036	391,0	135,9	192,9	0,9
<b>Grenzwert Euro 5 der Fahrzeugklasse M</b>						<b>500</b>	<b>180</b>	<b>230</b>	<b>5,0</b>
11	CITROEN	C4 Picasso	3	1.560	49.478	179	157	187	1,4
12	MERCEDES-BENZ	B 180 CDI	3	1.991	33.400	225	175	206	0,8
13	PEUGEOT	308 HDI	3	1.560	32.515	155	214	245	0,8
14	TOYOTA	AURIS D-CAT	3	1.998	42.031	341	190	218	5
<b>Grenzwert Euro 4 der Fahrzeugklasse M</b>						<b>500</b>	<b>250</b>	<b>300</b>	<b>25</b>
15	FORD	S-MAX TDI	3	1.997	40.896	343	274	319	0,6
16	MERCEDES-BENZ	VIANO CDI 2.2	3	2.148	49.592	153	320	346	1,3
17	VOLKSWAGEN	TRANSPORTER/ CARAVELLE.	3	1.896	43.543	467	282	409	0,4
<b>Grenzwert Euro 4 der Fahrzeugklasse N1 Gruppe III</b>						<b>740</b>	<b>390</b>	<b>460</b>	<b>60</b>

Tab. 4-2: Mittelwerte der Schadstoffemissionen der Fahrzeugtypen mit Kompressionszündungsmotor im NEFZ (Typ-I-Test)

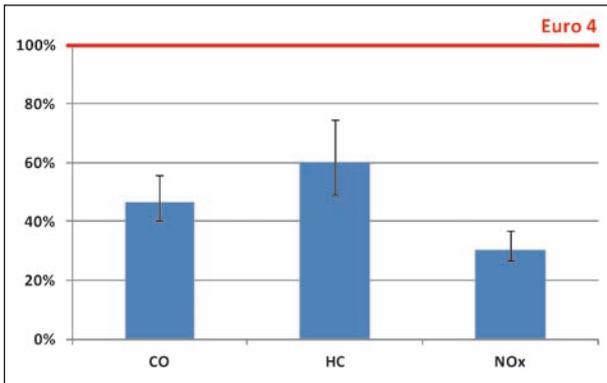


Bild 4-3: Limitierte Abgasemissionen, Dacia Sandero

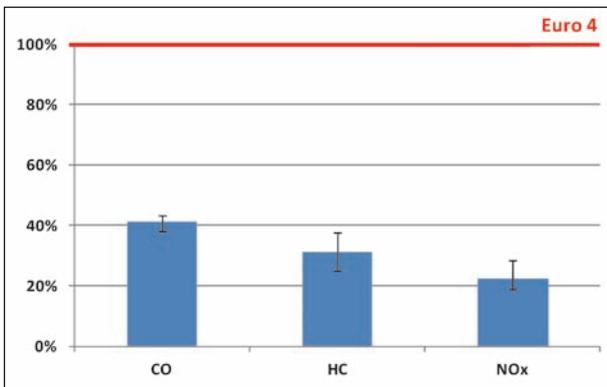


Bild 4-4: Limitierte Abgasemissionen, Hyundai i10

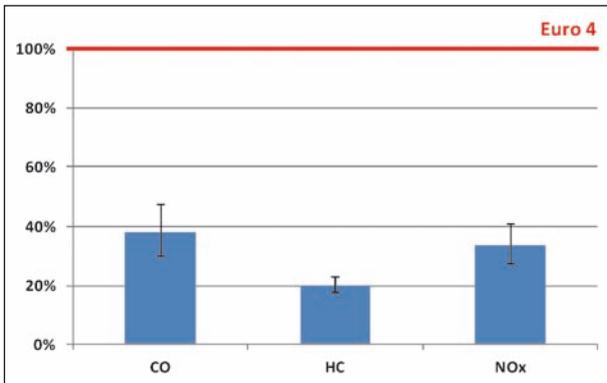


Bild 4-5: Limitierte Abgasemissionen, Opel Zafira

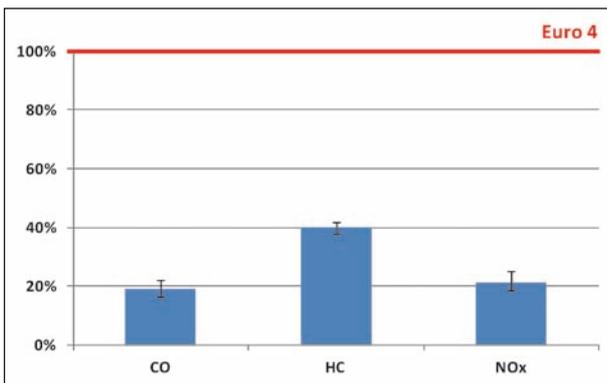


Bild 4-6: Limitierte Abgasemissionen, Renault Twingo

Pkw mit Selbstzündungsmotor

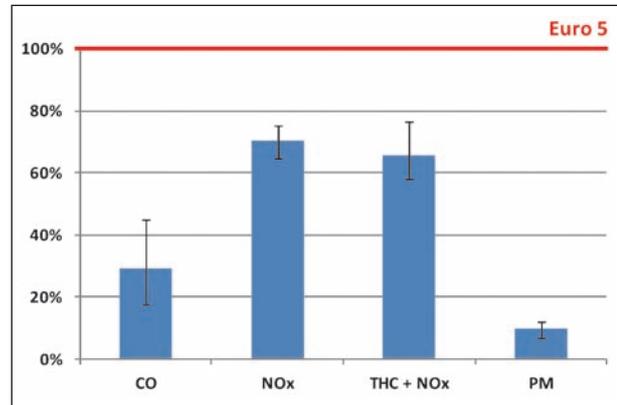


Bild 4-7: Limitierte Abgasemissionen, Audi A4

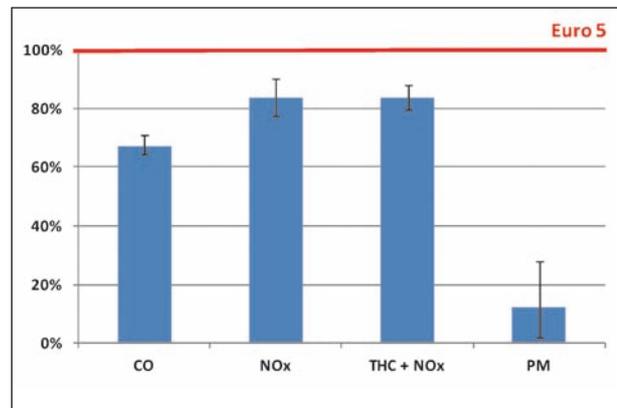


Bild 4-8: Limitierte Abgasemissionen, BMW 118

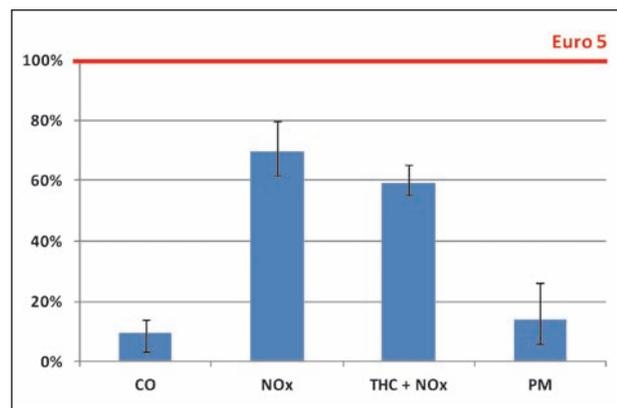


Bild 4-9: Limitierte Abgasemissionen, Opel Insignia

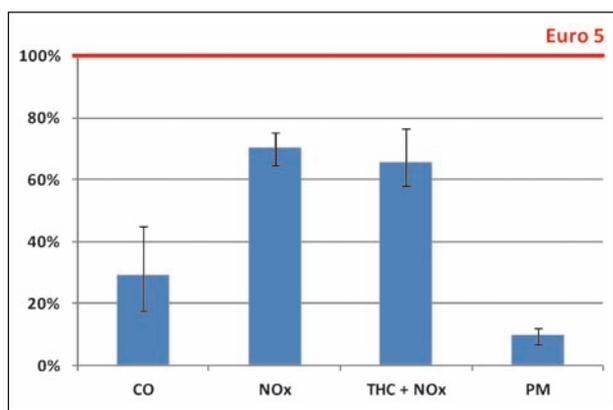


Bild 4-10: Limitierte Abgasemissionen, VW Golf

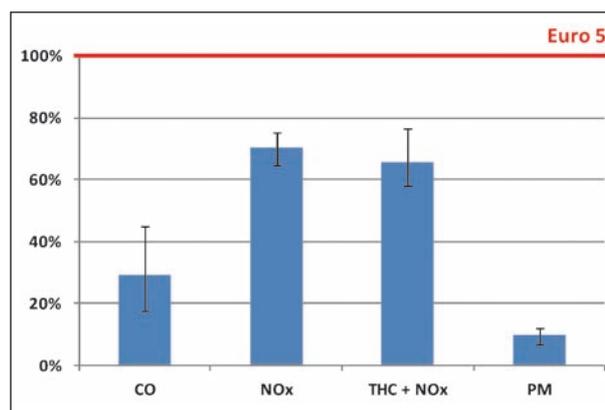


Bild 4-13: Limitierte Abgasemissionen, Peugeot 308

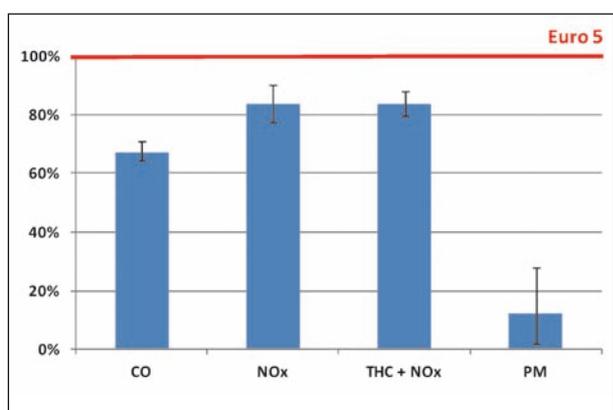


Bild 4-11: Limitierte Abgasemissionen, Citroen C4 Picasso

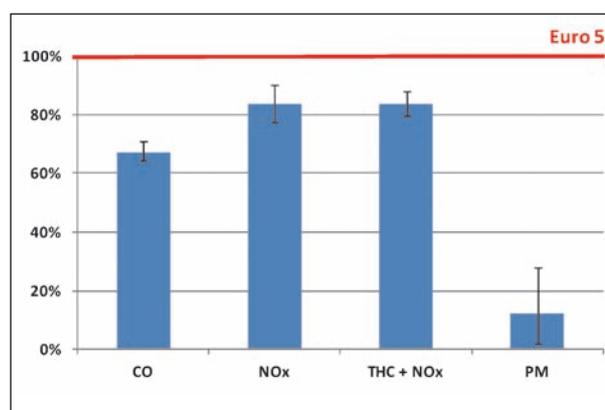


Bild 4-14: Limitierte Abgasemissionen, Toyota Auris

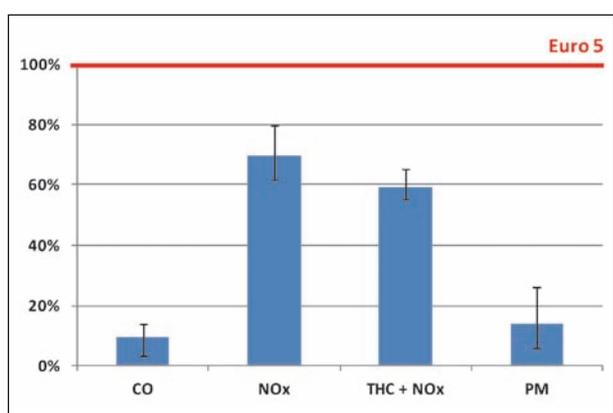


Bild 4-12: Limitierte Abgasemissionen, Mercedes-Benz B 180

### Leichte Nutzfahrzeuge der Gruppe III mit Selbstzündungsmotor

Alle während dieser Feldüberwachung geprüften Fahrzeugtypen haben die Stichprobe entsprechend der gesetzlichen Regelungen bestanden und sind somit als „positiv“ zu bewerten.

Mit Ausnahme des Fahrzeugtyps VW Golf konnte, bei allen untersuchten Fahrzeugtypen die Stichprobe mit der Mindeststichprobengröße abgeschlossen werden. Das bedeutet, dass alle 3 Fahrzeuge eines Typs im Anlieferungszustand die jeweiligen Grenzwerte für Schadstoffemissionen gemäß den Kriterien des statistischen Verfahrens (siehe Kapitel 3.4.2) einhielten bzw. unterschritten.

Bei dem Fahrzeugtyp VW Golf war die Untersuchung von 8 Fahrzeugen erforderlich. Bei einzelnen Fahrzeugen dieses Typs wurden erhöhte Schadstoffemissionen festgestellt. Bei den ersten Messungen lagen die CO-Emissionen der Fahrzeuge 1 und 3 deutlich über dem Grenzwert. Bei dem Fahrzeug 2 lagen die CO-Emissionen bei 99,9 % des Grenzwertes. Daraufhin wurde die Stichproben-

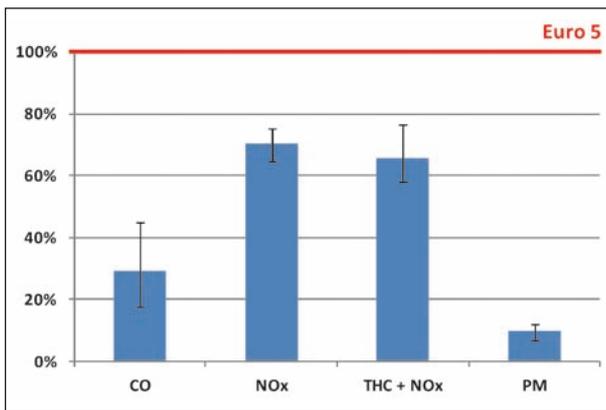


Bild 4-15: Limitierte Abgasemissionen, Ford S-Max

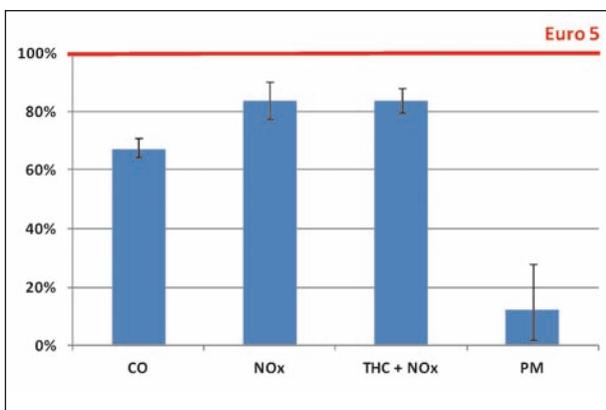


Bild 4-16: Limitierte Abgasemissionen, Mercedes-Benz Viano

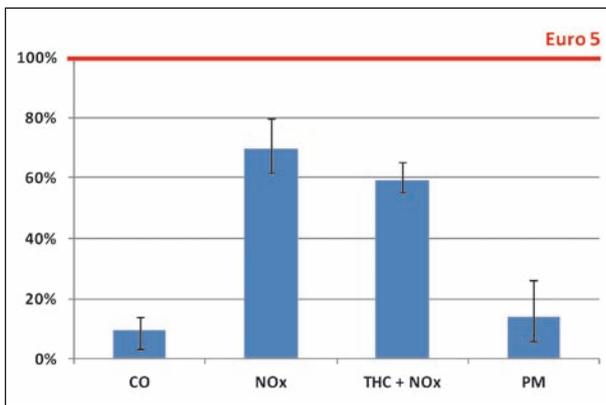


Bild 4-17: Limitierte Abgasemissionen, VW Transporter/Caravelle

größe zunächst um ein Fahrzeug erweitert. Dieses Fahrzeug lag mit rund 300 mg/km CO-Emissionen im erlaubten Wertebereich, allerdings wurde bei diesem Fahrzeug ein erhöhter Wert für die Abgasbestandteile THC und  $\text{NO}_x$  festgestellt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse wurde der Umfang der Stichprobe entsprechend den Vorgaben der Richtlinie erhöht. Der Hersteller Volkswagen AG wurde in die Messung der zusätzlichen Fahrzeuge mit eingebunden und entschied sich dafür, die

neuen Messungen unter Verwendung eines Referenzkraftstoffes durchzuführen. Bei der Verwendung von Referenzkraftstoff wurden bei allen weiteren Fahrzeugen keine Auffälligkeiten festgestellt und so wurde bei einer Stichprobengröße von 8 Fahrzeugen mit 3 auffälligen Fahrzeugen die Stichprobe als „positiv“ bewertet.

Die Ergebnisse der Emissionsmessungen des VW Golfs sind in Bild 4-10 dargestellt. Eine detaillierte Darstellung aller relevanten Messwerte kann dem entsprechenden Typbericht (siehe Anlage) entnommen werden.

#### 4.2.3 Die Schadstoffkomponenten in der Übersicht

Nachdem in Kapitel 4.2.2 die Abgasemissionen jedes untersuchten Fahrzeugtyps einzeln betrachtet wurden, werden nun in Übersichtsdiagrammen die Emissionen aller Euro-4- und Euro-5-Fahrzeugtypen nebeneinander dargestellt. Dabei wird jede Schadstoffkomponente separat betrachtet. Darüber hinaus findet eine Aufteilung in Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor und Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor statt.

#### Darstellung der einzelnen Schadstoffkomponenten von Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor

In Bild 4-18 werden die CO-Emissionen dargestellt. Bei keinem Fahrzeugtyp wurden kritische Kohlenmonoxid-Emissionen gemessen. Alle arithmetischen Mittelwerte liegen unter 50 % des jeweiligen Euro-4- bzw. Euro-5-Grenzwertes.

Bei allen untersuchten Fahrzeugtypen lagen die ermittelten THC- bzw. HC-Werte weit unter dem jeweiligen Grenzwert (Bild 4-19).

Seit der Einführung der Abgasstufe Euro 5 gehören bei Fahrzeugtypen, die mit Ottokraftstoff betrieben werden, auch die Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe zu den limitierten Schadstoffen. Im Rahmen dieses Projektes wurde nur ein Fahrzeugtyp mit Fremdzündungsmotor untersucht, der die Abgasnorm Euro 5 erfüllte. Der Mittelwert der gemessenen NMHC-Werte betrug ca. 60 % des Grenzwertes (Bild 4-20).

Auch bei den Stickoxiden wurden nur sehr geringe Werte gemessen (Bild 4-21). Der  $\text{NO}_x$ -Grenzwert wurde mit Einführung der Abgasstufe Euro 5 von

## Kohlenmonoxid

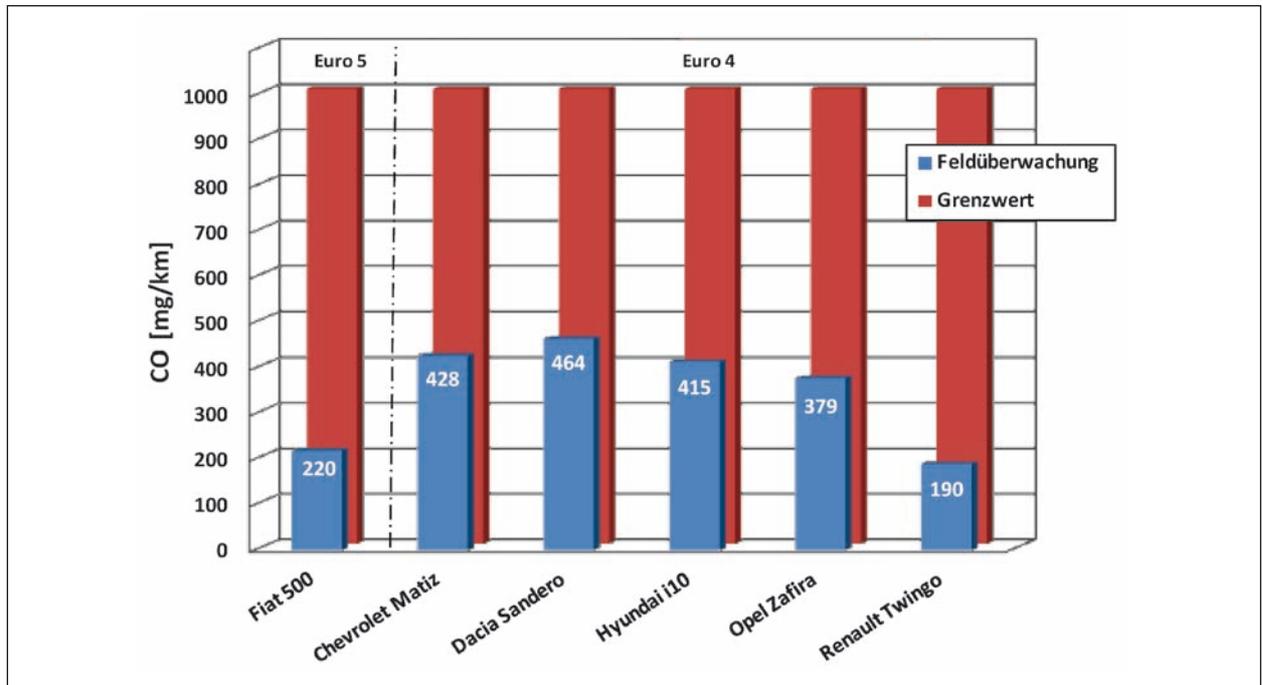


Bild 4-18: CO-Emissionen, Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor

## Kohlenwasserstoff

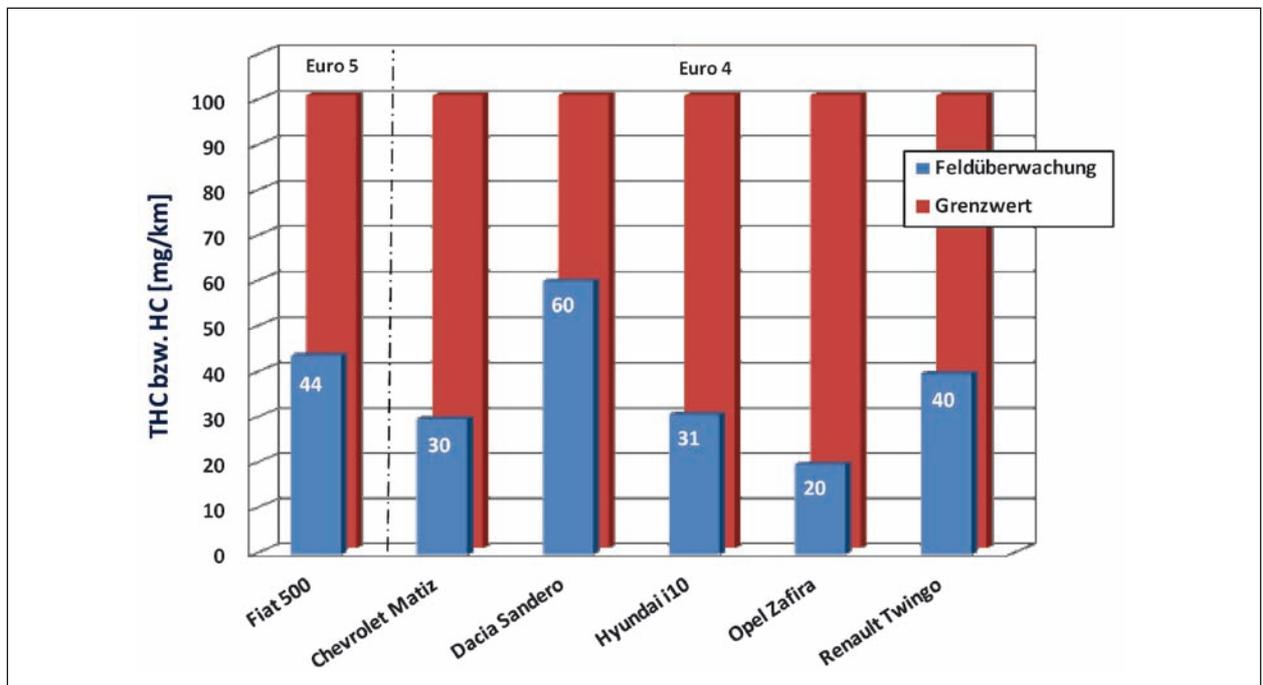
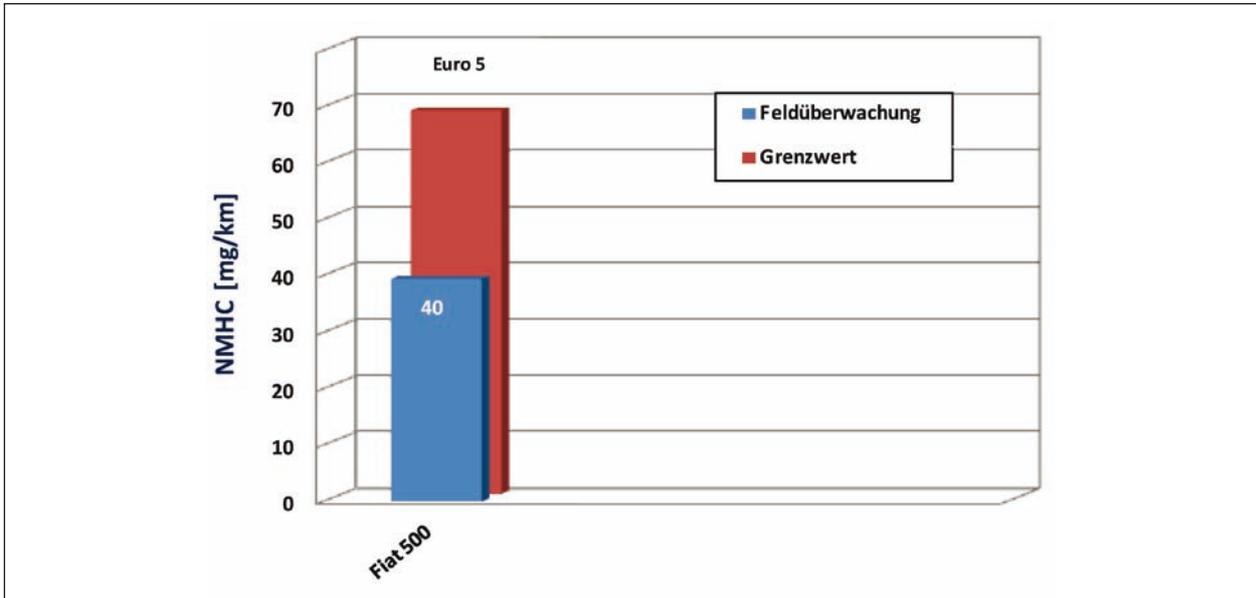


Bild 4-19: THC-Emissionen, Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor

vorher 80 mg/km auf 60 mg/km gesenkt. Aber auch alle untersuchten Fahrzeugtypen der Abgasstufe Euro 4 blieben unter dem Euro-5-Grenzwert. Bei

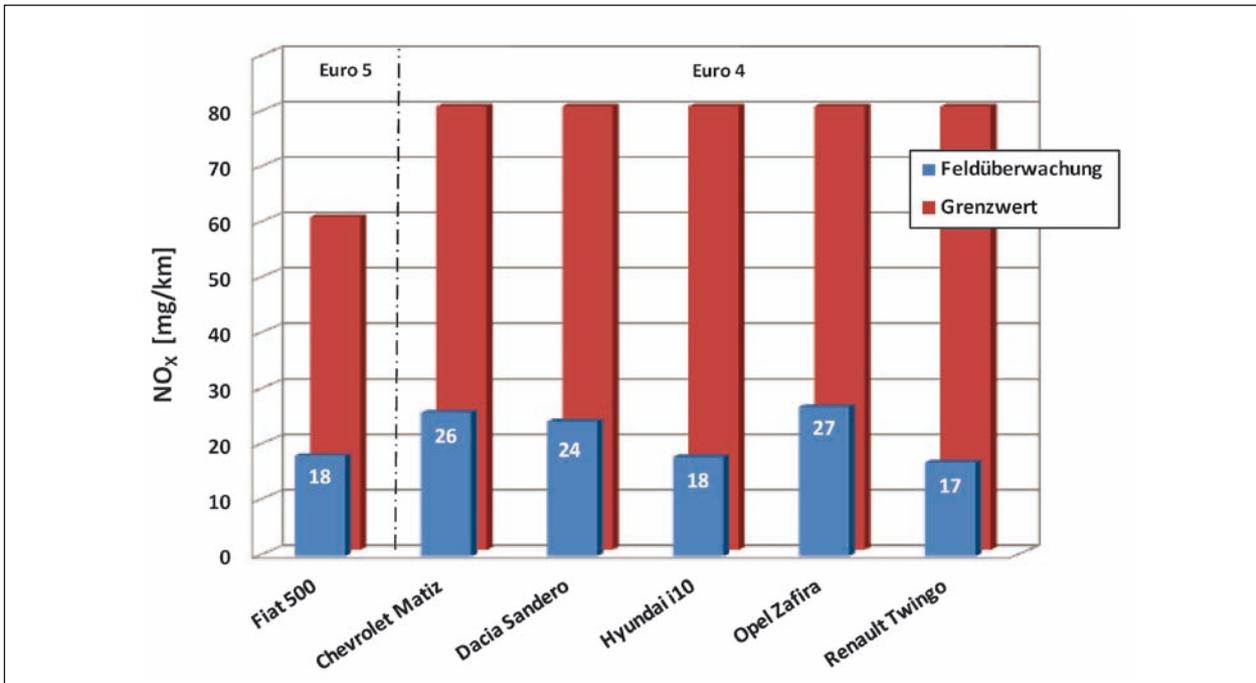
allen Fahrzeugtypen betragen die jeweiligen Mittelwerte der Messungen weniger als 30 mg/km. Diese Werte liegen weit unter dem zulässigen Grenzwert.

**Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe**



**Bild 4-20:** Nicht-Methan-Kohlenwasserstoffe-Emissionen, Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor

**Stickoxide**



**Bild 4-21:** NO<sub>x</sub>-Emissionen, Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor

**Darstellung der einzelnen Schadstoffkomponenten von Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor**

Es wurden Fahrzeugtypen verschiedener Grenzwertstufen untersucht. Dies waren Pkw der Klasse M mit den Abgasnormen Euro 5 und Euro 4 sowie

leichte Nutzfahrzeuge N1 Gruppe III der Abgasnorm Euro 4.

In Bild 4-22 kann man erkennen, dass alle Fahrzeugtypen im Durchschnitt unter dem jeweils relevanten CO-Grenzwert blieben. Der Typ VW Golf, dessen Mittelwert dem Grenzwert am nächsten kam,

## Kohlenmonoxid

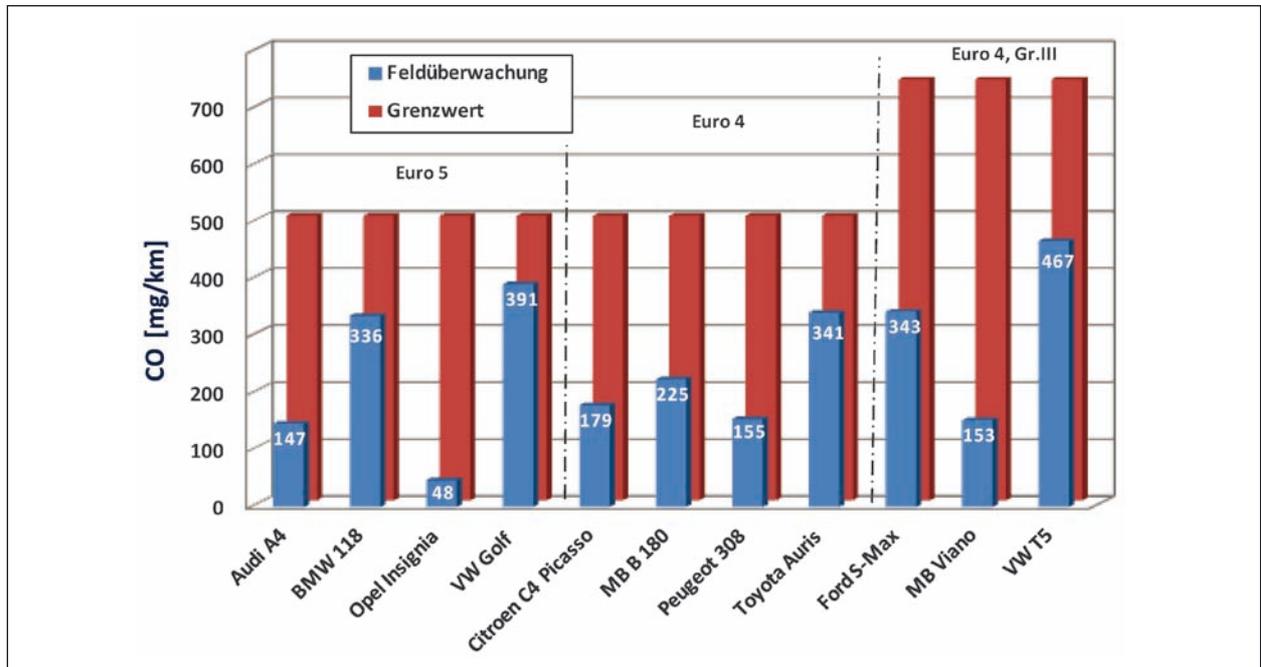


Bild 4-22: CO-Emissionen, Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor

## Stickoxide

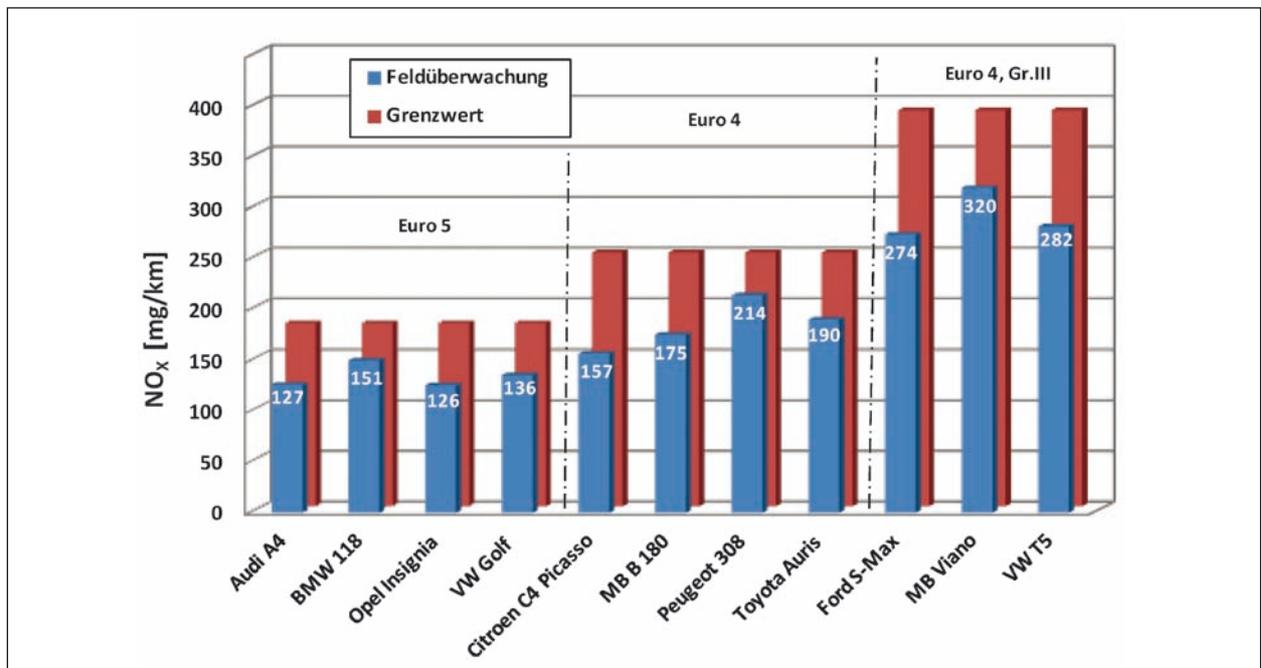


Bild 4-23: NO<sub>x</sub>-Emissionen, Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor

überschritt bei zwei von acht Fahrzeugen den zulässigen Grenzwert. Bei allen anderen Fahrzeugtypen kam es bei keiner Messung zu einer Grenzwertüberschreitung. Die Höhe der Abweichung und die Streuung der Messergebnisse des Typs VW Golf sind in Bild 4-10 dargestellt.

Die Abgasstufe Euro 5 weist in dieser Untersuchungsreihe mit nur 180 mg/km die strengste Limitierung auf. In allen 3 Kategorien liegt der ermittelte durchschnittliche NO<sub>x</sub>-Wert ungefähr bei zweidrittel des jeweiligen Grenzwertes der Abgasstufe. Kein Fahrzeug wies bei den Messungen eine Grenz-

## Kohlenwasserstoffe und Stickoxide

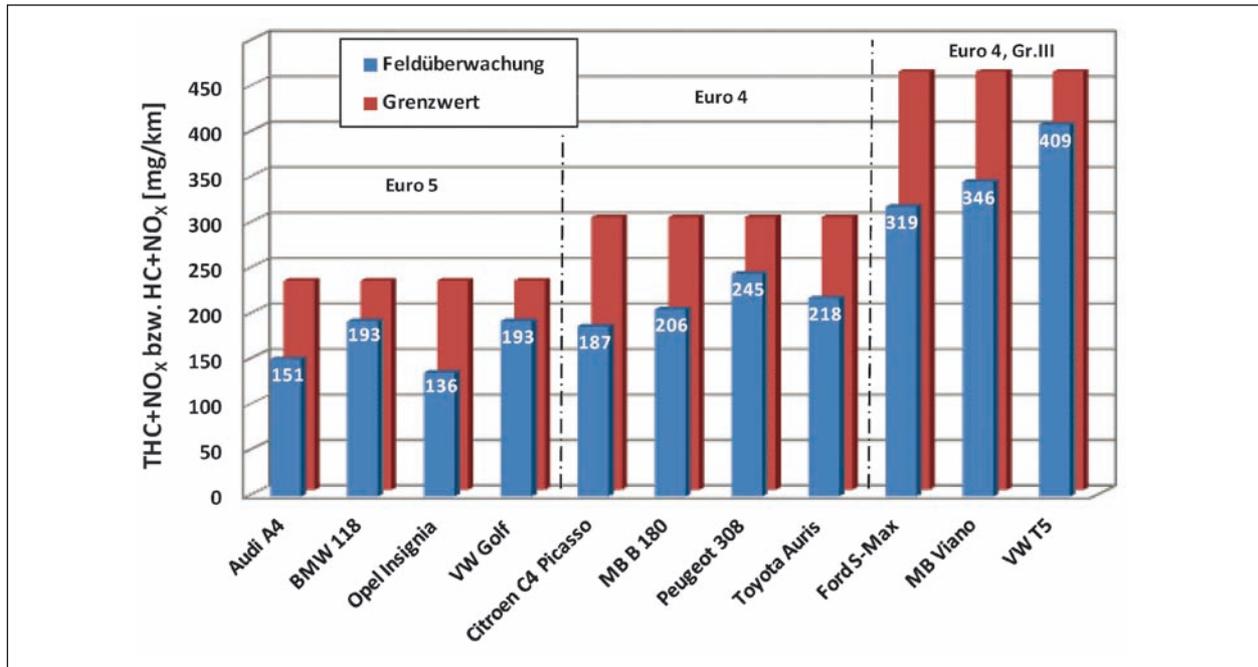


Bild 4-24: THC+NO<sub>x</sub>-Emissionen, Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor

## Partikelmasse

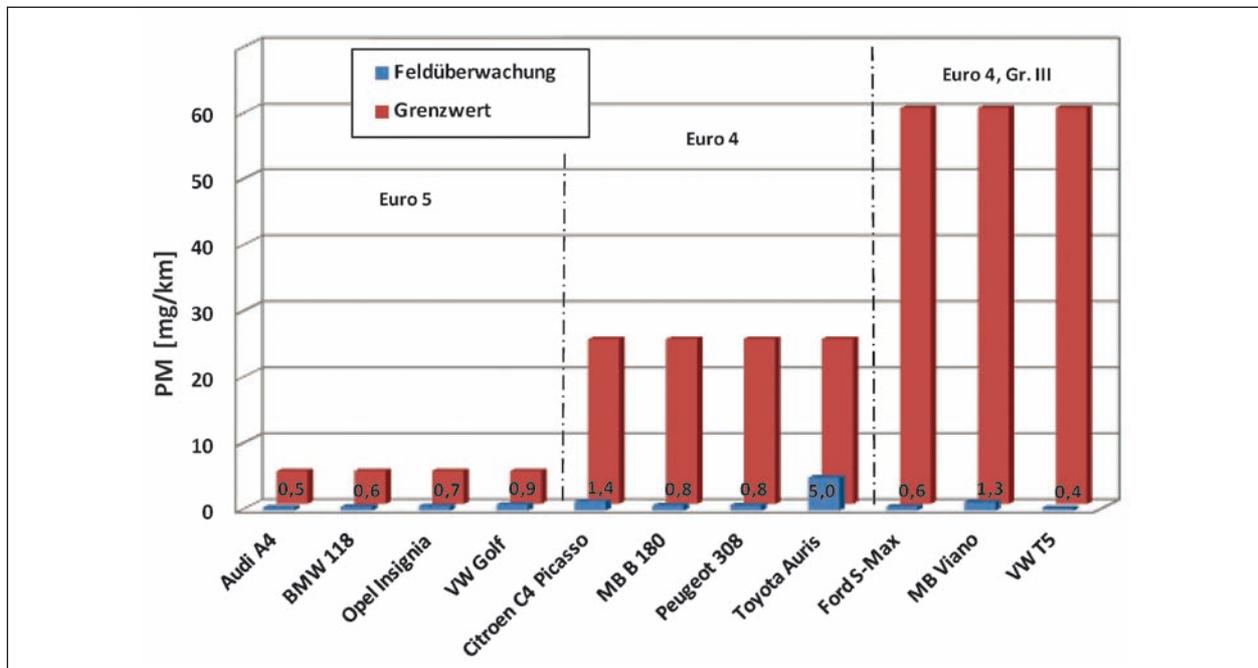


Bild 4-25: Partikelmasse, Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor

wertüberschreitung auf, ein Fahrzeug des Typs VW Golf erreichte mit 177 mg/km jedoch 99 % des Grenzwertes (Bild 4-10).

Die Summe aus Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden (Bild 4-24) ist nur bei den Fahrzeugen mit Kom-

pressionszündungsmotor reglementiert. Wie bei den Stickoxiden wurde auch hier der Grenzwert von Euro 4 zu Euro 5 verschärft.

Ein Fahrzeug des Typs VW Golf erreichte bei einer Messung einen Wert von 240 mg/km und über-

schrift damit den zulässigen Grenzwert um 10 mg/km (Bild 4-10).

Alle anderen Fahrzeuge der gesamten Testreihe blieben unter dem jeweiligen Grenzwert.

Alle untersuchten Dieselfahrzeuge waren mit einem Rußpartikelfilter ausgerüstet und unterschritten den jeweiligen Grenzwert (Bild 4-25). Erwähnenswert ist in diesem Zusammenhang, dass selbst die nach der Abgasstufe Euro 4 zertifizierten Fahrzeugtypen die deutlich strengere Euro-5-Grenzwertvorgabe einhielten.

### 4.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen und Kraftstoffverbrauch

Gemäß Richtlinie 1999/100/EG und Verordnung (EG) Nr. 715/2007 dürfen die Mitgliedsstaaten aus Gründen, die sich auf die Emissionen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und auf den Kraftstoffverbrauch beziehen, für einen Fahrzeugtyp die Erteilung der EG-Typgenehmigung oder der Betriebserlaubnis mit nationaler Geltung nicht verweigern, wenn die CO<sub>2</sub>-Emissionen und der Kraftstoffverbrauch gemäß Anhang I der Richtlinie 1999/100/EG bzw. gemäß Anhang XII der Verordnung (EG) Nr. 692/2008 ermittelt wurden. Diese Werte sind damit Bestandteil der Typgenehmigung. Die CO<sub>2</sub>- und Verbrauchswerte dienen der Verbraucherinformation und seit dem 1. Juli 2009 auch der steuerlichen Einstufung der Fahrzeuge in Deutschland. Die Typgenehmigungswerte müssen in einem Dokument enthalten sein, das dem Fahrzeughalter beim Kauf des Fahrzeugs zu übergeben ist (z. B. COC-Papier oder eine Bescheinigung). Erhebliche Überschreitungen der CO<sub>2</sub>- und Verbrauchswerte können damit im rechtlichen Sinn zu Gewährleistungsansprüchen des Käufers führen.

Der Kraftstoffverbrauch wird aus den bei der Typprüfung im „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen und den anderen kohlenstoffhaltigen Emissionen (CO und HC) berechnet. Zusätzlich zu den Kraftstoffverbrauchswerten müssen die Fahrzeughersteller die Typgenehmigungswerte für die CO<sub>2</sub>-Emissionen angeben. Im Typgenehmigungsverfahren ist bisher kein Grenzwert für die CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Kraftstoffverbrauch vorgeschrieben, jedoch darf der vom Hersteller für einen Fahrzeugtyp angegebene Wert (Herstellerangabe), den bei der Typprüfung ermittelten Wert um nicht mehr als 4 % (Klasse M) bzw. 6 % (Klasse N) überschreiten [2, 4, 8].

#### 4.3.1 Darstellung der CO<sub>2</sub>- und Kraftstoffverbrauchsergebnisse in tabellarischer Form

In Tabelle 4-3 sind die Mittelwerte der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Kraftstoffverbrauches aus der Feldüberwachung für die verschiedenen Fahrzeugtypen den jeweiligen Herstellerangaben gegenübergestellt. Desweiteren wurden die daraus folgenden Abweichungen zu den Herstellerangaben berechnet und aufgeführt.

Dabei ist anzumerken, dass bei den Fahrzeugtypen, bei denen der errechnete Mittelwert unter dem vom Hersteller angegebenen Wert lag, die prozentuale Abweichung durch ein Minus-Zeichen gekennzeichnet ist. Daher gilt: Ist der prozentuale Wert positiv, so bedeutet dies eine Überschreitung der Herstellerangabe. Ist der Wert hingegen negativ, wurde die Herstellerangabe unterschritten. Alle Messungen wurden, mit Ausnahme einiger Fahrzeuge des Typs VW Golf, mit marktüblichem Kraftstoff durchgeführt.

Die Tabelle 4-3 zeigt, dass elf von insgesamt 17 Fahrzeugtypen die jeweiligen Herstellerangaben einhielten oder unterschritten. Vier von diesen Fahrzeugtypen unterschritten die Herstellerangaben mit mehr als -4 % deutlich. Bei sieben Typen entsprachen die ermittelten Werte für die CO<sub>2</sub>-Emissionen etwa den Herstellerangaben (Herstellerangabe -4 % ≤ ermittelte CO<sub>2</sub>-Wert ≤ Herstellerangabe +4 %).

Bei sechs Fahrzeugtypen lagen die CO<sub>2</sub>-Emissionen um mehr als die bei der Typprüfung zulässigen 4 % über der Herstellerangabe. Unter diesen sechs Fahrzeugtypen befanden sich vier Fahrzeugtypen bei denen die ermittelten CO<sub>2</sub>-Emissionen über 4 % aber unter 10 % lagen und bei zwei Fahrzeugtypen lagen die ermittelten CO<sub>2</sub>-Emissionen über 10 %.

Fahrzeugtypen, bei denen der Mittelwert der gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen um mehr als 4 % oder bei einzelnen Fahrzeugen um mehr als 10 % über dem Typgenehmigungswert gelegen haben, wurden als auffällig eingestuft. Die Hersteller der betroffenen Fahrzeugtypen wurden um eine schriftliche Erläuterung zum Sachverhalt der erhöhten CO<sub>2</sub>-Emissionen gebeten. Sofern die Hersteller eine Stellungnahme abgegeben haben, sind diese als Anlage den Typberichten beigefügt.

Nr.	Hersteller	Handelsbezeichnung	Abgasnorm	Arbeitsprinzip	Herstellerangabe				Feldüberwachung				Abweichung zu den Herstellerangaben			
					Kraftstoffverbrauch [l/100 km]		CO <sub>2</sub> [g/km]		Kraftstoffverbrauch [l/100 km]		CO <sub>2</sub> [g/km]		Kraftstoffverbrauch [%]		CO <sub>2</sub> [%]	
					UDC	EUDC	NEDC	NEDC	UDC	EUDC	NEDC	NEDC	UDC	EUDC	NEDC	NEDC
1	FIAT	FIAT 500	Euro 5	Fremdzündung	6,4	4,3	5,1	119	7,6	4,5	5,6	130,5	18,7	4,7	10,5	9,7
2	CHEVROLET	MATIZ	Euro 4		6,6	4,1	5,1	120	6,7	4,3	5,2	122,6	1,6	3,2	2,0	1,9
3	DACIA	SANDERO 1.4	Euro 4		9,6	5,4	7,0	165	8,8	5,2	6,5	154,2	-8,7	-2,8	-7,1	-6,5
4	HYUNDAI	i10	Euro 4		6,2	4,3	5,0	119	6,8	4,7	5,5	127,3	10,2	8,5	9,3	7,0
5	OPEL	ZAFIRA	Euro 4		9,9	6,0	7,4	177	10,0	5,9	7,4	175,6	1,3	-1,7	0,0	-0,8
6	RENAULT	TWINGO	Euro 4		7,1	4,6	5,5	130	7,2	4,8	5,7	135,2	2,0	3,3	3,2	4,0
7	AUDI	A4 AVANT	Euro 5	Kompressionszündung	7,3	4,8	5,7	151	8,5	5,3	6,5	170,5	16,3	9,7	12,9	12,9
8	BMW	118d	Euro 5		5,4	4,0	4,5	119	6,3	4,3	5,0	131,9	16,1	7,5	11,1	10,8
9	OPEL	Insignia	Euro 5		9,3	5,3	6,8	179	9,4	5,2	6,7	177,4	1,5	-2,5	-1,4	-0,9
10	VOLKSWAGEN	GOLF	Euro 5		6,6	4,1	5,0	132	7,3	4,4	5,4	142,3	12,7	7,2	8,3	7,7
11	CITROEN	C4 Picasso	Euro 4		7,0	5,0	5,7	150	6,3	4,7	5,3	139,5	-9,6	-4,7	-7,0	-7,0
12	MERCEDES-BENZ	B 180 CDI	Euro 4		6,7	4,7	5,5	144	7,5	4,8	5,8	152,3	12,2	2,2	6,0	6,1
13	PEUGEOT	308 HDI	Euro 4		6,4	4,0	4,9	129	6,3	4,0	4,8	126,7	-2,6	-0,8	-2,0	-1,8
14	TOYOTA	AURIS D-CAT	Euro 4		7,2	4,9	5,7	151	7,1	4,9	5,7	149,4	-1,4	-0,7	0,0	-1,1
15	FORD	S-MAX TDI	Euro 4 Gruppe III		8,1	5,4	6,4	169	7,3	4,9	5,8	152,6	-9,9	-8,7	-9,4	-9,7
16	MERCEDES-BENZ	VIANO CDI 2.2	Euro 4 Gruppe.III		11,0	7,0	8,5	226	10,5	7,1	8,3	220,3	-4,8	1,2	-1,8	-2,5
17	VOLKSWAGEN	TRANSPORTER/CARAVELLE	Euro 4 Gruppe III	9,6	7,0	7,9	208	9,0	6,4	7,3	192,3	-6,6	-8,6	-7,6	-7,5	

Tab. 4-3: Mittelwerte der im Neuen Europäischen Fahrzyklus gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs (Typ-I-Test)

### 4.3.2 Darstellung der CO<sub>2</sub>-Emissionen

Zur besseren Übersicht sind in Bild 4-26 die Fahrzeuge in die Gruppen Ottomotor und Dieselmotor unterteilt und zusätzlich von links nach rechts entsprechend der Abgasnorm (Euro 5, Euro 4 und Euro 4 Gruppe III) angeordnet. Über jedem Säulenpaar ist die Abweichung zwischen der Herstellerangabe und dem Mittelwert der Messungen aus der Feldüberwachung angegeben.

#### Fahrzeugtypen mit Ottomotor

Der im Rahmen dieses Vorhabens untersuchte Fahrzeugtyp mit Ottomotor und der Abgasnorm Euro 5 stieß 9,7 % mehr CO<sub>2</sub>-Emissionen aus als vom Hersteller angegeben.

Von den 5 geprüften Typen mit Ottomotor und der Abgasnorm Euro 4 wurde nur 1 Typ mit erhöhtem Kohlendioxidausstoß gemessen (7,0 %). Bei allen anderen Fahrzeugtypen der Abgasstufe Euro 4 stimmten die gemessenen CO<sub>2</sub>-Emissionen mit denen vom Hersteller angegebenen Werten überein (-0,8 % bis 4,0 %). Entsprechend der Vorschrift dürfen die vom Hersteller angegebenen Werte die bei der Typprüfung ermittelten CO<sub>2</sub>-Werte um nicht mehr als 4 % überschreiten. Bei einem Fahrzeugtyp lagen die bei der Feldüberwachung ermittelten CO<sub>2</sub>-Werte sogar unter denen des Herstellers (-6,5 %).

#### Fahrzeugtypen mit Dieselmotor

Bei den Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor und der Abgasnorm Euro 5 fallen 3 von 4 Fahrzeugtypen mit hohen Abweichungen auf. Hier lagen die Unterschiede zwischen den Ergebnissen aus der Feldüberwachung und den Herstellerangaben zwischen 7,7 % und 12,9 %. Nur ein Fahrzeugtyp hielt die vom Hersteller angegebene CO<sub>2</sub>-Emissionen ein (-0,9 %).

Bei den 4 Fahrzeugtypen mit der Abgasstufe Euro 4 und der Fahrzeugklasse M lag die einzige Überschreitung bei 6,1 %. Alle anderen Fahrzeugtypen mit der Abgasstufe Euro 4 wiesen einen mit -7,0 % deutlich geringeren CO<sub>2</sub>-Ausstoß auf oder entsprachen etwa der Herstellerangabe (-1,8 % und -1,1 %).

Die 3 untersuchten Fahrzeugtypen mit Abgasnorm Euro 4 der Fahrzeugklasse N1 Gruppe III zeigten alle ein positives Ergebnis. Bei 2 Fahrzeugtypen wurde sogar ein deutlich geringerer CO<sub>2</sub>-Ausstoß gemessen, der bei -7,5 % und -9,7 % lag. Ein weiterer Typ konnte mit einer Abweichung von -2,5 % gemessen werden.

In Bild 4-27 wird für die untersuchten Fahrzeugtypen differenziert nach verschiedenen Fahrzeugklassen (M1 und N1 Gruppe III), Fahrzeugantrieben (Otto- bzw. Dieselmotor) und Abgasstufen (Euro-4,

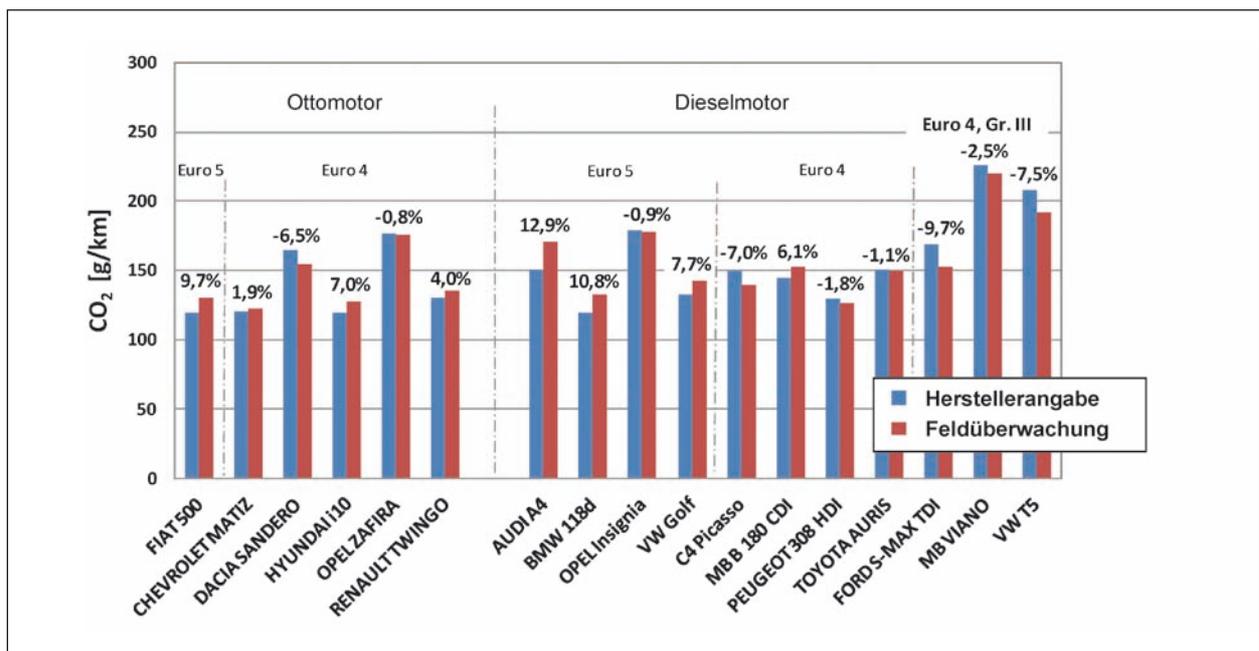
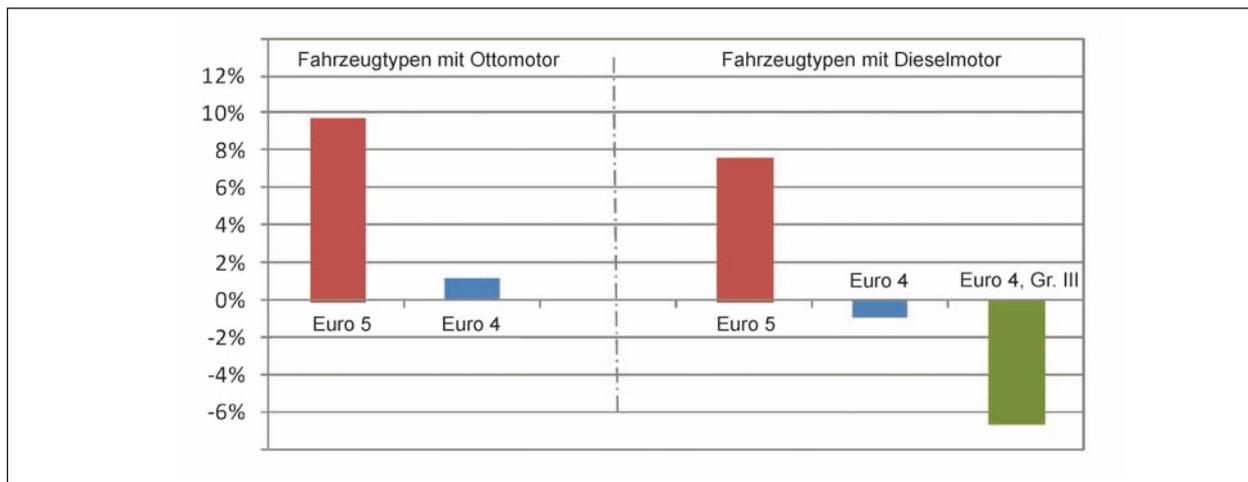


Bild 4-26: Mittelwerte der CO<sub>2</sub>-Emissionen im NEFZ



**Bild 4-27:** Abweichungen der CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Feldüberwachung zu den Herstellerangaben

Euro-5) für jedes Cluster die mittlere Abweichung der CO<sub>2</sub>-Messergebnisse aus der Feldüberwachung (jeweils bezogen auf die bei Typprüfung ermittelten CO<sub>2</sub>-Werte) dargestellt.

Es wird deutlich, dass bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen von Euro-4-Fahrzeugen der Klasse M kaum Unterschiede zu den Herstellerangaben festgestellt werden konnten. Im Gegensatz dazu wichen die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei Pkw-Typen der Klasse M und der Abgasnorm Euro 5 mit 9,7 % bei Fahrzeugtypen mit Ottomotor und 7,6 % bei Fahrzeugtypen mit Dieselmotor deutlich von den Angaben die im Rahmen des Typgenehmigungsverfahrens ermittelt wurden ab.

Eindeutig hervorzuheben hingegen waren die Messungen der Fahrzeugtypen mit Selbstzündungsmotor der Abgasstufe Euro 4 Klasse N1 Gruppe III. Hier lagen die ermittelten CO<sub>2</sub>-Werte mit durchschnittlich -6,6 % erheblich unter den Herstellerangaben.

Angesichts der zunehmenden Bedeutung der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Hinblick auf die geplanten Emissionsüberschreitungsabgaben für Fahrzeughersteller müssen die Randbedingungen während der Typprüfung so festgelegt werden, dass die Reproduzierbarkeit und die Realitätsnähe der Messergebnisse sichergestellt sind. Diese Maßnahmen sind erforderlich, um eine Überprüfung der CO<sub>2</sub>-Werte von bereits im Verkehr befindlichen Fahrzeugen zu ermöglichen, wie es zum Beispiel für Schadstoffemissionen im Rahmen der Feldüberwachung bereits der Fall ist.

### 4.3.3 Darstellung des Kraftstoffverbrauchs

In den Bildern 4-28 bis 4-30 wird auf den Kraftstoffverbrauch im gesamten NEFZ und in den einzelnen Phasen (innerstädtische und außerstädtische) eingegangen.

Bild 4-28 zeigt die Differenz des Kraftstoffverbrauchs zwischen der Herstellerangabe und dem Mittelwert der Messungen im NEFZ. Da der Kraftstoffverbrauch aus den kohlenstoffhaltigen Emissionen berechnet wird und Kohlendioxid dabei den größten Anteil bildet, ergibt sich in Bezug auf den Kraftstoffverbrauch ein ähnliches Bild wie bei den CO<sub>2</sub>-Emissionen (Bild 4-26). Wie aus den Bildern 4-29 und 4-30 ersichtlich, liegen die höheren Abweichungen im innerstädtischen Teil. Sie lagen zwischen -10 % und 19 %. Im außerstädtischen Teil wurden Abweichungen zwischen -9 % und 10 % ermittelt. Dieses Ergebnis lässt sich dadurch erklären, dass z. B. der innerstädtische Teil dynamischer abläuft als der außerstädtische, in dem längere Strecken mit konstanter Geschwindigkeit gefahren werden.

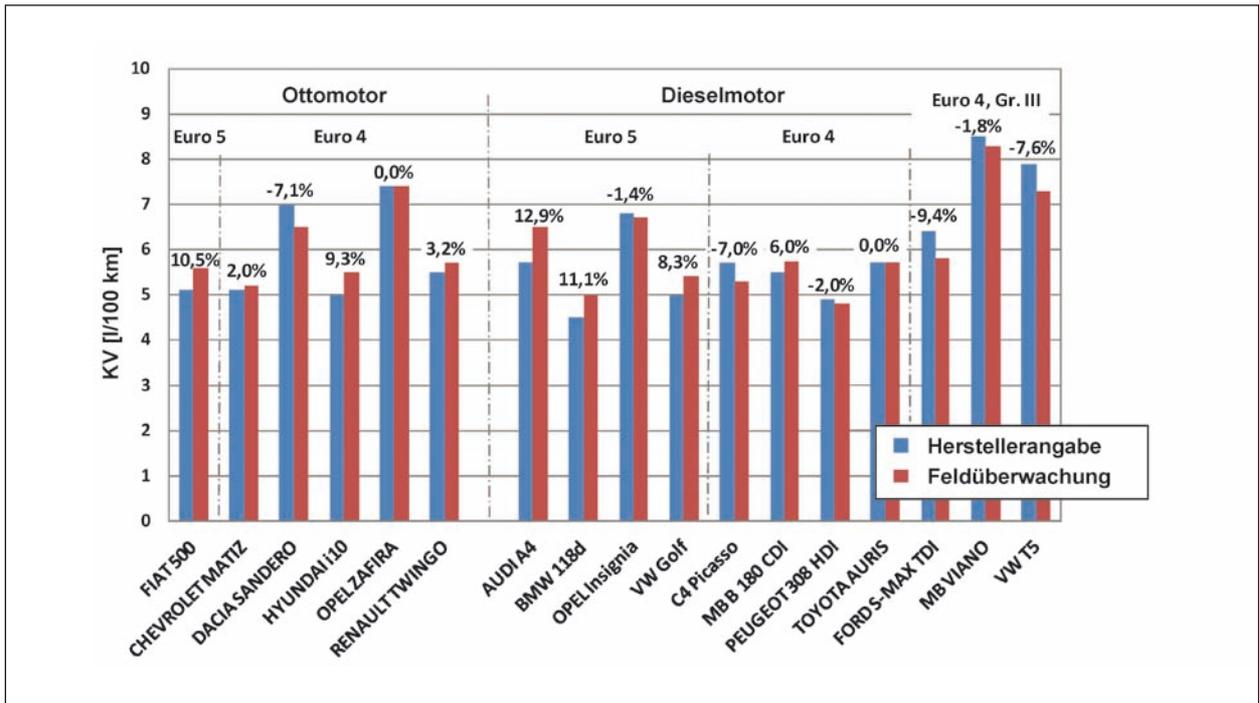


Bild 4-28: Kraftstoffverbrauch im NEFZ

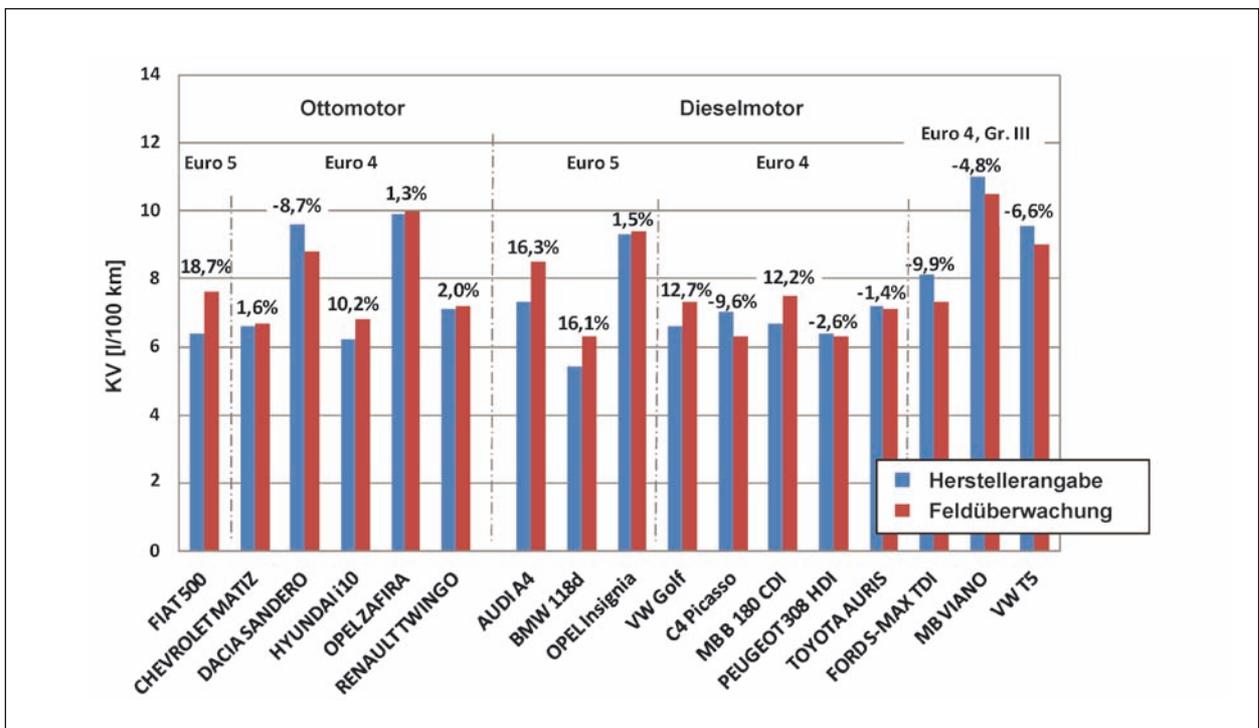


Bild 4-29: Kraftstoffverbrauch im innerstädtischen Teil des NEFZ

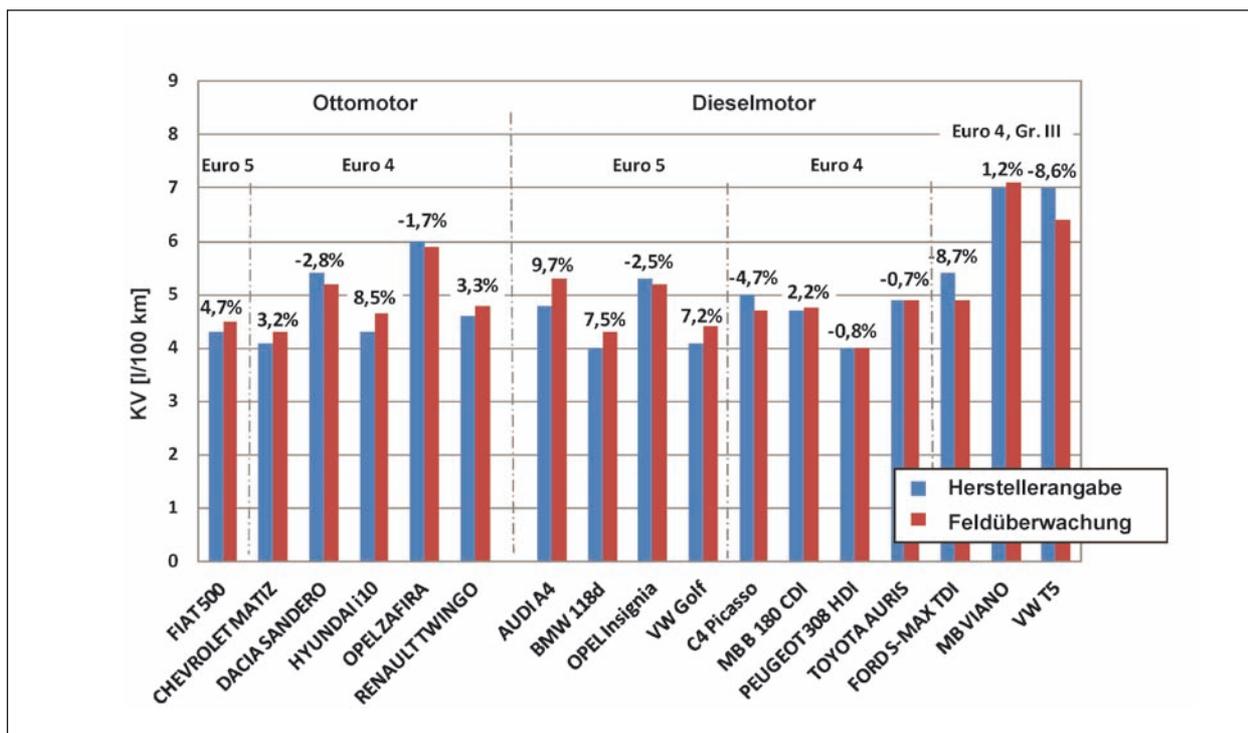


Bild 4-30: Kraftstoffverbrauch im außerstädtischen Teil des NEFZ

## 5 Zusammenfassung

Im Forschungsvorhaben „Untersuchung des Abgasverhaltens von in Betrieb befindlichen Fahrzeugen und emissionsrelevanten Bauteilen“ wurden Fahrzeuge untersucht, die sich bereits im realen Verkehr befanden. Der Testablauf erfolgte entsprechend der Richtlinie 98/69/EG bzw. Verordnung (EG) Nr. 715/2007.

Bei der Auswahl der Prüffahrzeuge wurden hauptsächlich statistische Kriterien, wie die Zulassungszahlen aus den Jahren 2008 und 2009 berücksichtigt. Darüber hinaus wurden aber auch Statistiken und technische Aspekte aus vergangenen Feldüberwachungen bzw. aus laufenden europäischen Projekten mit einbezogen.

Insgesamt wurden 17 Fahrzeugtypen untersucht. Die Messreihe beinhaltet 6 Typen der Klasse M mit Fremdzündungsmotoren, wobei 1 Fahrzeugtyp der Abgasstufe Euro 5 entsprach und alle anderen die Abgasnorm Euro 4 erfüllten. Bei den 11 Typen mit Kompressionszündungsmotor handelte es sich um 4 Fahrzeugtypen der Abgasstufe Euro 5 Klasse M, 4 Fahrzeugtypen der Abgasstufe Euro 4 Klasse M und 3 N1-Fahrzeugtypen der Abgasstufe Euro 4 Gruppe III.

Hinsichtlich der limitierten Schadstoffemissionen wurden bei 16 Fahrzeugtypen keine Auffälligkeiten festgestellt. Bei einem Fahrzeugtyp traten bei einzelnen Fahrzeugen Grenzwertüberschreitungen auf. Daraufhin wurden für diesen Typ gemäß dem in der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 vorgeschriebenen statistischen Verfahren weitere Fahrzeuge untersucht. Insgesamt wurden 8 Fahrzeuge untersucht, wobei bei 3 Fahrzeugen Grenzwertüberschreitungen auftraten. Gemäß der Richtlinie konnte die Stichprobe mit „positiv“ bewertet werden.

Mehr Auffälligkeiten zeigten die CO<sub>2</sub>-Messungen und die Kraftstoffverbrauchsberechnungen. So wurden bei dem Fahrzeugtyp mit Ottomotor und der Abgasstufe Euro 5 ein deutlich erhöhter CO<sub>2</sub>-Ausstoß ermittelt (9,7 %). Bei Ottomotoren mit der Abgasnorm Euro 4 zeigte nur ein Typ erhöhte CO<sub>2</sub>-Emissionen (7,0 %) alle anderen untersuchten Fahrzeugtypen lagen im Toleranzfeld oder unterschritten die Herstellerangaben mit -6,5 % deutlich.

Bei den Fahrzeugen mit Dieselmotor und der Abgasnorm Euro 5 zeigte ein Fahrzeugtyp keine Auffälligkeiten, alle anderen Fahrzeuge überschritten die Herstellerangaben. Die Abweichungen

Nr.	Hersteller	Handelsbezeichnung	Abgaszulassung	Arbeitsprinzip	Schadstoff-Emissionen im NEFZ	CO <sub>2</sub> -Abweichungen im NEFZ
1	FIAT	FIAT 500	Euro 5	Fremdzündung	Keine Grenzüberschreitungen	2 Fahrzeuge über +10 % 1 Fahrzeug über +4 %
2	CHEVROLET	MATIZ	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. keine Auffälligkeiten
3	DACIA	SANDERO 1.4	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	2 Fahrzeuge unter Herstellerangabe 1 Fahrzeug keine Auffälligkeit
4	HYUNDAI	i10	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fahrzeuge über +4 %
5	OPEL	ZAFIRA	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. keine Auffälligkeiten
6	RENAULT	TWINGO	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	2 Fahrzeuge keine Auffälligkeiten 1 Fahrzeug über +4 %
7	AUDI	A4 AVANT	Euro 5	Kompressionszündung	Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fahrzeuge über +10 %
8	BMW	118d	Euro 5		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fahrzeuge über +10 %
9	OPEL	Insignia	Euro 5		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. keine Auffälligkeiten
10	VOLKSWAGEN	GOLF	Euro 5		Grenzüberschreitungen bei 3 von 8 Fzg. 2 Fzg. mit CO-Grenzüberschreitungen 1 Fzg. mit THC+NO <sub>x</sub> -Grenzüberschreitung	3 Fahrzeuge über +10 % 3 Fahrzeuge über +4 % 2 Fahrzeuge keine Auffälligkeiten
11	CITROEN	C4 Picasso	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. unter Herstellerangabe
12	MERCEDES-BENZ	B 180 CDI	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	1 Fahrzeug über +10 % 1 Fahrzeug über +4 % 1 Fahrzeug keine Auffälligkeiten
13	PEUGEOT	308 HDI	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. keine Auffälligkeiten
14	TOYOTA	AURIS D-CAT	Euro 4		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. keine Auffälligkeiten
15	FORD	S-MAX TDI	Euro 4 Gruppe III		Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. unter Herstellerangabe
16	MERCEDES-BENZ	VIANO CDI 2.2	Euro 4 Gruppe.III		Keine Grenzüberschreitungen	2 Fahrzeuge keine Auffälligkeiten 1 Fahrzeug unter Herstellerangabe
17	VOLKSWAGEN	TRANSPORTER/ CARAVELLE.	Euro 4 Gruppe III	Keine Grenzüberschreitungen	alle 3 Fzg. unter Herstellerangabe	

Tab. 5-1: Zusammenfassung

lagen im NEFZ zwischen 7,7 % und 12,9 % und damit auch deutlich über den zulässigen 4 %. Ein besseres Ergebnis konnte bei den Fahrzeugen mit Dieselmotor und der Abgasnorm Euro 4 erlangt werden. Hier fiel nur ein Fahrzeugtyp mit 6,1 % negativ auf. Alle anderen Typen der Euro 4 hielten sich mit 4 % im Toleranzbereich oder zeigten sogar mit -9,7 % deutliche Werte unterhalb der Herstellerangabe. Die größten Abweichungen traten dabei im ersten Teil des NEFZ, dem Stadtfahrzyklus, auf.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse bietet die Tabelle 5-1, in der noch einmal die jeweiligen Typresultate bei dieser Feldüberwachung aufgezeigt werden. In der Spalte „CO<sub>2</sub>-Abweichungen im NEFZ“ werden alle Fahrzeuge als nicht auffällig bezeichnet, bei denen der ermittelte Wert

zwischen  $\pm 4$  % liegt (Herstellerangabe  $-4$  %  $\leq$  ermittelte CO<sub>2</sub>-Wert  $\leq$  Herstellerangabe  $+4$  %). Liegen die ermittelten Werte unter  $-4$  % so werden diese mit „unter Herstellerangabe“ bezeichnet.

## 6 Literatur

- [1] Umweltbundesamt: [www.umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de), 05.10.2012
- [2] Amtsblatt der Europäischen Union: Richtlinie 70/220/EWG einschließlich aller Änderungen bis 2006/96/EG; Amtsblatt der Europäischen Union, 1970-2006
- [3] Amtsblatt der Europäischen Union: Verordnung (EG) Nr. 715/2007 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge, Amtsblatt der Europäischen Union, 2007
- [4] Amtsblatt der Europäischen Union: Richtlinie 1999/100/EG zur Anpassung der Richtlinie 80/1268/EWG über die Kohlendioxidemissionen und den Kraftstoffverbrauch von Kraftfahrzeugen an den technischen Fortschritt, 1999
- [5] SCHMIDT, H.: Feldüberwachung von Otto- und Diesel Pkw und leichten Nfz der Grenzwertstufen EURO3, D4 und EURO4. Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen zu den Schadstoffemissionen und der Kfz-Geräuschvorschriften sowie zur Aktualisierung der Emissionsfaktoren (Feldüberwachung 6); TÜV NORD im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN Nr. 203 45 160, 2006
- [6] SCHMIDT, H.: Feldüberwachung VII von Otto- und Diesel-Pkw und leichten Nutzfahrzeugen der Grenzwertstufen EURO3, D4 und EURO4: Überprüfung der Einhaltung der Anforderungen zu den Schadstoffemissionen und der Kfz-Geräuschvorschriften sowie zur Aktualisierung der Emissionsfaktoren (Feldüberwachung 7); TÜV NORD im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN Nr. 205 45 126, 2009
- [7] SCHMIDT, H.: Überprüfung der Kfz-Emissionen im realen Betrieb; TÜV NORD im Auftrag des Umweltbundesamtes, UFOPLAN Nr. 3708 45 103, 2010
- [8] GEORGES, M.: Einflussfaktoren bei der Ermittlung der CO<sub>2</sub>-Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs im Rahmen der Typgenehmigung von Pkw, TÜV-NORD, 2011
- [9] Amtsblatt der Europäischen Union: Verordnung (EG) Nr. 443/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Festlegung von Emissionsnormen für neue Personenkraftwagen im Rahmen des Gesamtkonzepts der Gemeinschaft zur Verringerung der CO<sub>2</sub>-Emissionen von Personenkraftwagen und leichten Nutzfahrzeugen, 2009
- [10] DAT: Leitfaden über den Kraftstoffverbrauch, die CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Stromverbrauch, DAT – Deutsche Automobil Treuhand GmbH, Ausgabe 2012, 3. Quartal
- [11] Kraftfahrt-Bundesamt: [www.kba.de](http://www.kba.de), 05.10.2012

## Schriftenreihe

### Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

#### Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

### 2005

F 55: 1st International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on 3rd/4th September 2004 at Hannover Medical School € 29,00

### 2006

F 56: Untersuchung von Verkehrssicherheitsaspekten durch die Verwendung asphärischer Außenspiegel  
Bach, Rüter, Carstengerdes, Wender, Otte € 17,00

F 57: Untersuchung von Reifen mit Notlaufeigenschaften  
Gail, Pullwitt, Sander, Lorig, Bartels € 15,00

F 58: Bestimmung von Nutzfahrzeugemissionsfaktoren  
Steven, Kleinebrahm € 15,50

F 59: Hochrechnung von Daten aus Erhebungen am Unfallort  
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 15,50

F 60: Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit  
Vollrath, Briest, Schießl, Drewes, Becker € 16,50

### 2007

F 61: 2nd International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on 1st/2nd September 2006 at Hannover Medical School € 30,00

F 62: Einfluss des Versicherungs-Einstufungstests auf die Belange der passiven Sicherheit  
Rüter, Zoppke, Bach, Carstengerdes € 16,50

F 63: Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen  
Marberger € 14,50

F 64: Anforderungen an Helme für Motorradfahrer zur Motorradsicherheit  
Dieser Bericht liegt nur in digitaler Form vor und kann kostenpflichtig unter [www.nw-verlag.de](http://www.nw-verlag.de) heruntergeladen werden.  
Schüler, Adolph, Steinmann, Ionescu € 22,00

F 65: Entwicklung von Kriterien zur Bewertung der Fahrzeugbelastung im Hinblick auf ein NCAP für aktive Fahrzeugsicherheit  
Manz, Kooß, Klinger, Schellinger € 17,50

### 2008

F 66: Optimierung der Beleuchtung von Personenwagen und Nutzfahrzeugen  
Jebas, Schellinger, Klinger, Manz, Kooß € 15,50

F 67: Optimierung von Kinderschutzsystemen im Pkw  
Weber € 20,00

F 68: Cost-benefit analysis for ABS of motorcycles  
Baum, Westerkamp, Geißler € 20,00

F 69: Fahrzeuggestützte Notrufsysteme (eCall) für die Verkehrssicherheit in Deutschland  
Auerbach, Issing, Karrer, Steffens € 18,00

F 70: Einfluss verbesserter Fahrzeugsicherheit bei Pkw auf die Entwicklung von Landstraßenunfällen  
Gail, Pöppel-Decker, Lorig, Eggers, Lerner, Ellmers € 13,50

### 2009

F 71: Erkennbarkeit von Motorrädern am Tag – Untersuchungen zum vorderen Signalbild  
Bartels, Sander € 13,50

F 72: 3rd International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research“ – Reports on the ESAR-Conference on 5th / 6th September 2008 at Hannover Medical School € 29,50

F 73: Objektive Erkennung kritischer Fahrsituationen von Motorrädern  
Seiniger, Winner € 16,50

### 2010

F 74: Auswirkungen des Fahrens mit Tempomat und ACC auf das Fahrerverhalten  
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](http://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](http://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](http://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: 5<sup>th</sup> 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: 6<sup>th</sup> 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 CO<sub>2</sub>-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.

---

Alle Berichte sind zu beziehen im:

Carl Schünemann Verlag GmbH  
Zweite Schlachtpforte 7  
28195 Bremen  
Tel. (0421) 3 69 03-53  
Fax (0421) 3 69 03-48  
[www.schuenemann-verlag.de](http://www.schuenemann-verlag.de)

Dort ist auch ein Kompletverzeichnis erhältlich.