

**UMWELTFORSCHUNGSPLAN DES  
BUNDESMINISTERS FÜR UMWELT  
NATURSCHUTZ UND  
REAKTORSICHERHEIT**  
- Luftreinhaltung -

Umweltbundesamt  
UFOPLAN-Nr. 205 45 126

**Feldüberwachung VII  
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**

- Abschlussbericht: Teil 1, Schadstoffemissionen -

von

**Helge Schmlidt**



Institut für Fahrzeugtechnik und Mobilität  
Antrieb/Emissionen  
PKW/Kraftrad

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

**Berichts - Kennblatt**

<b>1. Berichtsnummer</b> UBA-FB 001423/A	<b>2. Abschlussbericht</b>	<b>3.</b>
<b>4. Titel des Berichts</b> Feldüberwachung VII 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 - Teil 1, Schadstoffemissionen		
<b>5. Autor(en), Name(n), Vorname(n)</b> Schmidt, Helge		<b>8. Datum des Berichts</b> 30.11.2009
		<b>9. Veröffentlichungsdatum</b>
<b>6. Durchführende Institution (Name, Anschrift)</b> TÜV Nord Mobilität GmbH & Co. KG Institut für Fahrzeugtechnik und Mobilität Adlerstr. 7, 45307 Essen		<b>10. UFOPLAN - Nr.</b> 205 45 126
		<b>11. Seitenzahl</b> 80 + Anhang
<b>7. Fördernde Institution (Name, Anschrift)</b>  Umweltbundesamt, Wörlitzer Platz 1, 06844 Dessau		<b>12. Literaturangaben</b> 23
<b>15. Zusätzliche Angaben</b>  -		<b>13. Tabellen und Diagramme</b> 21
		<b>14. Abbildungen</b> 48
<b>16. Kurzfassung</b>  Bei der Feldüberwachung werden Fahrzeuge aus dem Verkehr in einem vollständigen Testverfahren entsprechend dem Typprüfzyklus hinsichtlich der Abgasemissionen untersucht. Ziel der Feldüberwachung ist die Erkennung typspezifischer und konstruktionsbedingter Mängel oder unzureichender Wartungsvorschriften. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde zusätzlich zu den Abgasemissionen der Kraftstoffverbrauch ermittelt. Bei einem Fahrzeug je Typ mit Fremdzündungsmotor wurden die Verdunstungsemissionen ermittelt und untersucht, ob in bestimmten Betriebspunkten von der stöchiometrischen Verbrennung abgewichen wurde.  In diesem Forschungsvorhabens wurden insgesamt 5 Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor und 6 Typen mit Kompressionszündungsmotor überprüft. Bei einem Fahrzeugtyp mit Fremdzündungsmotor und bei 4 Typen mit Kompressionszündungsmotor wurden im Anlieferungszustand die bei der Typprüfung relevanten Grenzwerte von einzelnen Fahrzeugen überschritten. Zusätzlich wurde bei einem Fahrzeug mit Fremdzündungsmotor der Grenzwert für die Verdunstungsemissionen nicht eingehalten.		
<b>17. Schlagwörter</b>  Feldüberwachung, Abgasemissionen, Vollastanreicherung, nicht limitierte Schadstoffe, Verdunstungsemissionen		
<b>18. Preis</b>	<b>19.</b>	<b>20.</b>

Umweltbundesamt  
201006568  
Fachbibliothek  
Umwelt

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b><u>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</u></b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b><u>EINLEITUNG</u></b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b><u>PROJEKTABWICKLUNG</u></b>	<b>10</b>
3.1	Untersuchungsprogramm	10
3.2	Fahrzeugauswahl	11
3.3	Durchführung der Untersuchungen	18
3.4	Bewertung einer Stichprobe gemäß Richtlinie 98/69/EG	25
<b>4</b>	<b><u>DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE</u></b>	<b>28</b>
4.1	Abgasemissionen im Zertifizierungstest	28
4.1.1	VERGLEICH DER EMISSIONEN MIT DEN GRENZWERTEN BEI DER TYPGENEHMIGUNG	28
4.1.2	BEWERTUNG DER ABGASEMISSIONEN IM TYPPROFZYKLUS	42
4.2	Kohlendioxidemissionen und Kraftstoffverbrauch	47
4.3	Abgasemissionen in den zusätzlichen Fahrzyklen	50
4.4	Verdunstungsemissionen	59
4.5	Vollastanreicherung	60
4.6	Zusätzliche Messungen zum Thema Kraftstoffverbrauch	65
<b>5</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG</u></b>	<b>73</b>
<b>6</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b><u>ANHANG</u></b>	<b>81</b>

### Typberichte:

Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor:

BMW 116i  
HONDA Jazz  
OPEL Vectra-C 1,8l  
SKODA Fabia 1.4l  
VOLKSWAGEN Golf 1.6l

Fahrzeugtypen mit Kompressionszündungs-  
motor:

AUDI A4 TDI  
DAIMLER-CHRYSLER C200CDI  
DAIMLER-CHRYSLER Vanéo  
OPEL Corsa  
TOYOTA Avenir  
VOLKSWAGEN Touran TDI

In **Tabelle 3.1** sind die im Rahmen der Typprüfung angewendeten Abgasgrenzwerte für Pkw (M1) und leichte Nutzfahrzeuge (N1) mit Fremdzündungsmotor dargestellt. Um die Einführung emissionsarmer Fahrzeuge zu fördern, wurde in Deutschland am 18.04.1997 das sogenannte Kraftfahrzeugsteueränderungsgesetz eingeführt. Zur Erreichung günstigerer Steuerklassen war die vorzeitige Einhaltung der Euro 4 Abgasgrenzwerte im „Neuen Europäischen Fahrzyklus“ bei der Typprüfung erforderlich (Euro 3 D4). Im Gegensatz zu der Einstufung Euro 4 war bis zum 1.1.2002 bei der Typprüfung u.a. keine Prüfung Typ VI (Test bei -7°C) nötig. /20/

Stand der Abgaszulassung	Aufbauergänzungsschlüsselnummer (ASN)	Grenzwerte im Typ I Test		
		CO [g/km]	HC [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]
Euro 3	44	2,30	0,20	0,15
Euro 3 D4	53	1,00	0,10	0,08
Euro 4	62	1,00	0,10	0,08

**Tabelle 3.1: Emissionsgrenzwerte im Neuen Europäischen Fahrzyklus für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge mit Fremdzündungsmotor (M1 und N1 Gruppe I)**

**Tabelle 3.2** zeigt die im Rahmen der Typprüfung angewendeten Abgasgrenzwerte für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge mit Kompressionszündungsmotor.

Stand der Abgaszulassung	Aufbauergänzungsschlüsselnummer (ASN)	Grenzwerte im Typ I Test			
		CO [g/km]	NO <sub>x</sub> [g/km]	HC+NO <sub>x</sub> [g/km]	Partikel [g/km]
Euro 3	44	0,64	0,50	0,56	0,050
Euro 3 D4	53	0,50	0,25	0,30	0,025
Euro 4	62	0,50	0,25	0,30	0,025

**Tabelle 3.2: Emissionsgrenzwerte im NEFZ für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge mit Kompressionszündungsmotor (M1 und N1 Gruppe I)**

Die Auswahl der Fahrzeuge nach dem Stand der Abgaszulassung erfolgte über die Aufbauergänzungsschlüsselnummer (ASN), so dass sichergestellt werden konnte, dass alle Fahrzeuge eines Fahrzeugtyps sowohl nach dem gleichen Fahrzyklus als auch nach den gleichen Abgasgrenzwerten zugelassen wurden. /21/, /22/

Bei der Ermittlung von Fahrzeughaltern wurden Regionalschlüssel angewendet, so dass sichergestellt werden konnte, dass die Fahrzeuge auf die Bereiche der Standorte der beteiligten Forschungsstellen des TÜV NORD in Essen und des ADAC in Lande-

Nr.	Hersteller	HSN (*)	Typ	TSN (**)	Verkaufs- bezeich- nung	Motortyp	Hub- raum	Leistung	Getriebe	Ø Fahr- leistung	Alter	ASN (***)	Zulassung
							cm³	KW		km	Jahre		
6	MAZDA	7118	GG	257	MAZDA 6	RF	1.998	89		-	-	62	Euro 3
7	MERCEDES	0710	414	528	Vaneo	668914	1.689	67	M5	42.656	2,5	44	Euro 3
8	AUDI	0588	8E	805	A4 TDI	BDG	2.498	120	M6	79.127	3,5	62	Euro 4
9	MERCEDES	0710	203	916	C220 CDI	646963	2.148	100	M6	37.362	3	62	Euro 4
10	OPEL	0035	Corso-C	520	Corso	Z13-DT	1.248	51	M5	43.829	3	62	Euro 4
11	TOYOTA	.5048	T25	106	Avenis	2AD-FHV	2.231	130	M6	48.521	3	62	Euro 4
12	VOLKSWAGEN	0603	1T	740	Touran TDI	BKD	1.988	103	M6 / A6	50.687		62	Euro 4

\*) HSN: Hersteller-Schlüsselnummer

\*\*\*) TSN: Typ-Schlüsselnummer

\*\*\*\*) ASN: Aufbau-Ergänzungs-Schlüsselnummer

**Tabelle 3.4: Ausgewählte Fahrzeugtypen mit Kompressionszündungsmotor**

Nr.	Hersteller	Verkaufs- bezeichnung	Zulassung	Antriebsart	Ø Fahr- leistung [km]	CO Emissionsmittelwerte [g/km]				
						NEDC	FTP	CADC Urban	CADC Road	CADC Motorway
1	BMW	116i	Euro 4	PI	28.268	0,660	0,739	0,488	0,509	0,429
2	HONDA	Jazz	Euro 4	PI	45.757	0,407	0,253	0,045	0,113	18,336
3	OPEL	Vectra-C	Euro 4	PI	28.468	0,791	0,845	0,898	0,575	5,838
4	SKODA	Fabia	Euro 4	PI	42.514	0,479	0,477	0,711	0,539	8,811
5	VOLKSWAGEN	Golf	Euro 4	PI	38.709	0,179	0,280	0,111	0,228	1,827
7	MERCEDES	Vaneo	Euro 3	CI	42.858	0,746	0,225	0,707	0,012	0,014
8	AUDI	A4 TDI	Euro 4	CI	79.127	0,386	0,049	0,152	0,003	0,007
9	MERCEDES	C220 CDI	Euro 4	CI	37.362	0,053	0,021	0,013	0,005	0,003
10	OPEL	Corsa	Euro 4	CI	43.829	0,606	0,101	0,124	0,022	0,021
11	TOYOTA	Avenis	Euro 4	CI	48.521	0,269	0,130	0,017	0,042	0,044
12	VOLKSWAGEN	Touran TDI	Euro 4	CI	50.667	0,169	0,021	0,025	0,009	0,016

**Tabelle 4.4: Kohlenmonoxidemissionen in verschiedenen Fahrzyklen**

Nr.	Hersteller	Verkaufs- bezeichnung	Zulassung	Antriebsart	Ø Fahr- leistung [km]	HC Emissionsmittelwerte [g/km]				
						NEDC	FTP	CADC Urban	CADC Road	CADC Motorway
1	BMW	116i	Euro 4	PI	28.268	0,066	0,053	0,014	0,004	0,006
2	HONDA	Jazz	Euro 4	PI	45.757	0,060	0,034	0,005	0,001	0,035
3	OPEL	Vectra-C	Euro 4	PI	28.466	0,037	0,038	0,019	0,003	0,010
4	SKODA	Fabia	Euro 4	PI	42.514	0,086	0,078	0,071	0,010	0,169
5	VOLKSWAGEN	Golf	Euro 4	PI	38.709	0,038	0,029	0,025	0,004	0,018
7	MERCEDES	Vaneo	Euro 3	CI	42.656	0,164	0,126	0,607	0,045	0,015
8	AUDI	A4 TDI	Euro 4	CI	78.127	0,055	0,017	0,052	0,014	0,005
9	MERCEDES	C220 CDI	Euro 4	CI	37.362	0,012	0,008	0,003	0,002	0,001
10	OPEL	Corsa	Euro 4	CI	43.829	0,075	0,022	0,016	0,008	0,015
11	TOYOTA	Avenis	Euro 4	CI	48.521	0,049	0,090	0,039	0,027	0,029
12	VOLKSWAGEN	Touran TDI	Euro 4	CI	50.667	0,054	0,015	0,006	0,006	0,014

**Tabelle 4.5: Kohlenwasserstoffemissionen in verschiedenen Fahrzyklen**

Nr.	Hersteller	Verkaufs- bezeichnung	Zulassung	Antriebsart	Ø Fahr- leistung [km]	NOx Emissionsmittelwerte [g/km]				
						NEDC	FTP	CADC Urban	CADC Road	CADC Motorway
1	BMW	116i	Euro 4	PI	28.268	0,019	0,024	0,073	0,008	0,113
2	HONDA	Jazz	Euro 4	PI	45.757	0,059	0,094	0,181	0,053	0,017
3	OPEL	Vectra-C	Euro 4	PI	28.466	0,011	0,017	0,026	0,013	0,021
4	SKODA	Fabia	Euro 4	PI	42.514	0,038	0,045	0,020	0,016	0,074
5	VOLKSWAGEN	Golf	Euro 4	PI	38.709	0,043	0,048	0,068	0,042	0,017
7	MERCEDES	Vaneo	Euro 3	CI	42.656	0,676	0,688	1,062	0,661	1,277
8	AUDI	A4 TDI	Euro 4	CI	79.127	0,234	0,490	0,619	0,427	0,664
9	MERCEDES	C220 CDI	Euro 4	CI	37.362	0,187	0,369	0,632	0,522	0,856
10	OPEL	Corsea	Euro 4	CI	43.829	0,258	0,363	0,729	0,376	1,213
11	TOYOTA	Avensis	Euro 4	CI	48.521	0,236	0,422	0,682	0,428	0,682
12	VOLKSWAGEN	Touran TDI	Euro 4	CI	50.667	0,279	0,393	0,901	0,583	0,779

**Tabelle 4.6: Stickoxidemissionen in verschiedenen Fahrzyklen**



Nr.	Hersteller	Verkaufs- bezeichnung	Zulassung	Antriebsart	Ø Fahr- leistung [km]	Partikel-Emissionsmittelwerte [g/km]				
						NEDC	FTP	CADC Urban	CADC Road	CADC Motorway
1	BMW	116i	Euro 4	PI	28.288	-	-	-	-	-
2	HONDA	Jazz	Euro 4	PI	45.757	-	-	-	-	-
3	OPEL	Vectra-C	Euro 4	PI	28.466	-	-	-	-	-
4	SKODA	Fabia	Euro 4	PI	42.514	-	-	-	-	-
5	VOLKSWAGEN	Golf	Euro 4	PI	38.709	-	-	-	-	-
7	MERCEDES	Vaneo	Euro 3	CI	42.656	0,0168	0,015	0,0359	0,0181	0,0729
8	AUDI	A4 TDI	Euro 4	CI	79.127	0,0150	0,037	0,0586	0,0323	0,0250
9	MERCEDES	C220 CDI	Euro 4	CI	37.362	0,0010	0,001	0,0024	0,0010	0,0014
10	OPEL	Corse	Euro 4	CI	43.829	0,0174	0,017	0,0356	0,0134	0,0702
11	TOYOTA	Avensis	Euro 4	CI	48.521	0,0022	0,002	0,0025	0,0226	0,0070
12	VOLKSWAGEN	Touran TDI	Euro 4	CI	50.667	0,0256	0,022	0,0301	0,0203	0,0416

Tabelle 4.7: Partikelemissionen in verschiedenen Fahrzyklen

Nr.	Hersteller	Verkaufs- bezeichnung	Zulassung	Antriebsart	Ø Fahr- leistung [km]	CO <sub>2</sub> Emissionsmittelwerte [g/km]				
						NEDC	FTP	CADC Urban	CADC Road	CADC Motorway
1	BMW	116i	Euro 4	PI	28.268	179,5	188,686	262,9	159,5	176,6
2	HONDA	Jazz	Euro 4	PI	45.757	132,4	130,793	171,5	121,4	170,7
3	OPEL	Vectra-C	Euro 4	PI	28.466	170,3	174,619	265,1	143,8	148,3
4	SKODA	Fabia	Euro 4	PI	42.514	148,9	154,939	197,7	124,1	156,9
5	VOLKSWAGEN	Golf	Euro 4	PI	38.709	169,7	167,078	226,5	138,9	179,7
7	MERCEDES	Vaneo	Euro 3	CI	42.856	142,1	150,845	192,8	128,1	192,7
8	AUDI	A4 TDI	Euro 4	CI	79.127	184,8	207,624	262,8	162,7	173,0
9	MERCEDES	C220 CDI	Euro 4	CI	37.362	166,7	166,076	241,1	157,5	172,3
10	OPEL	Corssa	Euro 4	CI	43.829	110,2	115,879	159,7	95,8	147,0
11	TOYOTA	Avensis	Euro 4	CI	48.521	170,0	226,665	276,3	183,4	200,3
12	VOLKSWAGEN	Touran TDI	Euro 4	CI	50.687	165,7	174,394	237,2	136,3	181,3

Tabelle 4.8: Kohlendioxidemissionen in verschiedenen Fahrzyklen

## Fahrwiderstand

Zunächst wurde der Fahrwiderstand des zu untersuchenden Fahrzeugs gemäß der Richtlinie ermittelt. Zu diesem Zweck wurde die Energieänderung des Fahrzeugs beim Auslaufversuch auf einer Teststrecke bestimmt. Bei diesem Verfahren wird das Fahrzeug zunächst beschleunigt. Anschließend wird das Getriebe in Leerlaufstellung gebracht und die Verzögerungszeiten über mehrere Geschwindigkeitsintervalle bestimmt. Aus den Ausrollzeiten lässt sich der Fahrwiderstand des Fahrzeugs bei verschiedenen Geschwindigkeiten ermitteln. Dabei werden die Fahrzeugmasse, rotierende Massen, Widerstände im Antriebsstrang, der Rollwiderstand und der Luftwiderstand des Fahrzeugs unter realen Fahrbedingungen erfasst. Bei späteren Messungen auf dem Prüfstand wird der Fahrleistungsprüfstand so eingestellt, dass die gleichen Verzögerungszeiten wie beim Ausrollen auf der Straße erreicht werden. Dadurch kann sichergestellt werden, dass auf dem Prüfstand der gleiche Fahrwiderstand simuliert wird, der unter realen Fahrbedingungen auftritt.

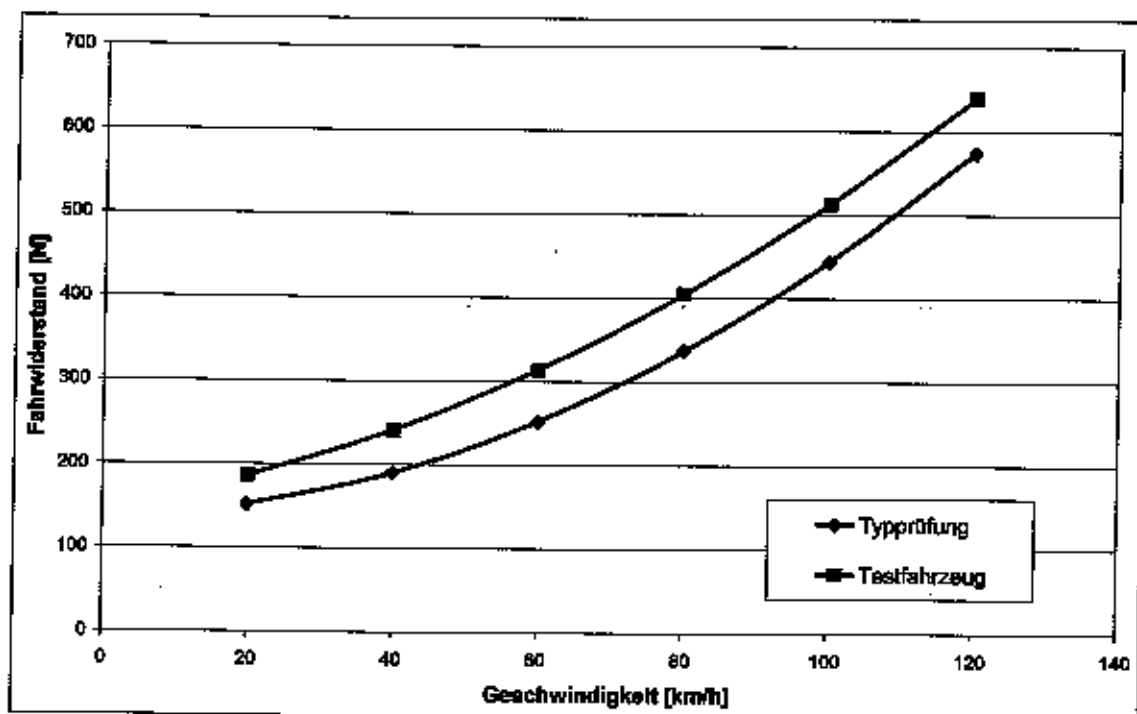


Abbildung 4.29: Fahrwiderstand

In Abbildung 4.29 ist der bei dem Testfahrzeug ermittelte Fahrwiderstand der Einstellung gegenübergestellt, die bei der Typprüfung verwendet worden ist. Es wird deutlich, dass bei dem Testfahrzeug ein höherer Fahrwiderstand ermittelt wurde als bei der Typprüfung. Das lässt sich darauf zurückführen, dass das Testfahrzeug gegenüber dem Typprüffahrzeug anders ausgestattet war. Insbesondere die Bereifung hat einen erheblichen Einfluss auf das Ergebnis. In der Richtlinie 98/69/EG ist vorgesehen, dass bei Fahrzeugtypen für die mehr als drei Reifengrößen zugelassen sind, die Messung mit dem zweitbreitesten Reifen durchgeführt werden soll. (In der neuen Verordnung

(EG) Nr. 715/2007 ist mit dem Reifen zu messen, der den zweitgrößten Rollwiderstand aufweist).

### Abgasemissionen

Der BMW 118d wurde als Euro 4 Fahrzeug typgeprüft. Die an dem Testfahrzeug im Neuen Europäischen Fahrzyklus ermittelten Abgasemissionen sind in **Tabelle 4.12** den bei der Typprüfung ermittelten Werten gegenübergestellt.

Messung	Abgasemissionen [g/km]			
	CO	NOx	HC + NOx	Partikel
Typprüfung (Quelle: KBA) Schwungmasse 1360 kg	0,385	0,181	0,220	0,000
Schwungmasse 1360 kg, Last entsprechend Typprüfung	0,291	0,196	0,229	0,001
<b>Grenzwert Euro 4</b>	<b>0,50</b>	<b>0,25</b>	<b>0,30</b>	<b>0,025</b>

**Tabelle 4.12: Abgasemissionen im Neuen Europäischen Fahrzyklus bei verschiedenen Schwungmassen und Lasteinstellungen**

Es wird deutlich, dass die Euro 4 Abgasgrenzwerte eingehalten wurden und die Ergebnisse an dem Testfahrzeug gut mit den bei der Typprüfung ermittelten Werten korrelieren.

### Kraftstoffverbrauch und Kohlendioxidemissionen

Zur Überprüfung der Verbrauchsangaben wurden zahlreiche Messungen unter verschiedenen Randbedingungen durchgeführt. Dabei wurden unterschiedliche Fahrzeugmassen und Fahrwiderstände zur Darstellung unterschiedlicher Ausstattungsvarianten berücksichtigt. Zusätzlich wurde der Einfluss der Start-Stop-Funktion und anderer Parameter wie Kalt- und Warmstart betrachtet. Sämtliche Messungen wurden mit handelsüblichem Tankstellenkraftstoff durchgeführt.

Zur Berücksichtigung verschiedener Ausstattungsvarianten und den damit verbundenen unterschiedlichen Leermassen wurde mit einer Schwungmasse von 1360 kg und von 1470 kg gemessen. Aufgrund der unterschiedlichen Fahrzeugmassen und Fahrwiderstände wurden folgende Tests durchgeführt:

- Schwungmasse 1360 kg, Lasteinstellung entsprechend der Typprüfung
- Schwungmasse 1360 kg, Lasteinstellung entsprechend dem am Testfahrzeug ermittelten Fahrwiderstand
- Schwungmasse 1470 kg, Lasteinstellung entsprechend dem am Testfahrzeug ermittelten Fahrwiderstand

In **Tabelle 4.13** und **Abbildung 4.30** sind die mit verschiedenen Schwungmassen und Lasteinstellungen gemessenen Kraftstoffverbräuche und Kohlendioxidemissionen der

## 5 Zusammenfassung

Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes zeigen, dass die Feldüberwachung ein geeignetes Mittel ist, um die Umweltbelastung durch den Straßenverkehr zu reduzieren. Typspezifische, abgasrelevante Fehler lassen sich mit Hilfe der Feldüberwachung identifizieren und in Zusammenarbeit mit den betroffenen Fahrzeugherstellern beseitigen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden insgesamt 43 Fahrzeuge, verteilt auf fünf Typen mit Fremdzündungsmotor und sechs Typen mit Kompressionszündungsmotor, hinsichtlich der vom Gesetzgeber limitierten Abgasemissionen überprüft. Alle untersuchten Typen waren gemäß Änderungsrichtlinie 98/69/EG typgeprüft worden. Die Typen mit Fremdzündungsmotor waren nach Euro 4 Grenzwerten zugelassen worden. Ein Fahrzeugtyp mit Kompressionszündungsmotor erfüllte bei der Typprüfung die Euro 3 Grenzwerte, alle anderen die Euro 4 Grenzwerte. Bei der Auswahl der Fahrzeugtypen fanden primär statistische Gesichtspunkte wie die Zulassungszahlen der einzelnen Hersteller für Neufahrzeuge und die Struktur des Fahrzeugbestandes Berücksichtigung.

Bei allen untersuchten Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor wurden die jeweiligen Grenzwerte der EG-Typgenehmigung durch die Mittelwerte der Abgasemissionen eingehalten. Bei einem SKODA Fabia traten im Anlieferungszustand Grenzwertüberschreitungen auf. Eine Stichprobe von 5 Fahrzeugen eines Typs mit einem auffälligen Fahrzeug erfüllt die Anforderungen der Richtlinie.

Bei vier von sechs untersuchten Fahrzeugtypen mit Kompressionszündungsmotor wurden im Anlieferungszustand Abgasgrenzwerte überschritten: MERCEDES Vaneo, OPEL Corsa, TOYOTA Avensis und VOLKSWAGEN Touran.

Bei den untersuchten MERCEDES Vaneo wurde als Ursache für die Grenzwertüberschreitung die Höhenkorrektur identifiziert. Dieser Fehler soll, bei im Verkehr befindlichen Fahrzeugen des betroffenen Typs, durch eine Softwareanpassung im Steuergerät behoben werden.

OPEL führt die erhöhten Stickoxidemissionen bei den untersuchten OPEL Corsa auf eine mögliche Beeinträchtigung der Abgasrückführung durch eine Verschmutzung des AGR-Systems zurück. Zur Abhilfe wurde eine neue Software entwickelt, die ab dem 19. Januar 2007 europaweit verwendet wird. Für erhöhte Kohlenmonoxid-, Kohlenwasserstoff- und Partikelemissionen die bei zwei OPEL Corsa gemessen wurden konnte OPEL keine Erklärung geben.

Bei zwei der fünf untersuchten TOYOTA Avensis wurden erhöhte Stickoxidemissionen festgestellt, die zu einer Überschreitung des NOx-Grenzwertes und des Summengrenzwertes für Kohlenwasserstoff- und Stickoxidemissionen geführt haben. Der TOYOTA Avensis ist mit einem periodisch regenerierenden Abgasnachbehandlungssystem ausgestattet. In Zusammenarbeit mit dem Herstellervertreter wurde eine Regeneration des Systems eingeleitet. Nach zweimaliger Regeneration wurden von einem der beiden auffälligen Fahrzeuge die Euro 4 Grenzwerte eingehalten. Bei einem auffäl-

ligen von 5 untersuchten Fahrzeugen ist die Stichprobe gemäß Richtlinie als positiv zu bewerten.

Bei allen fünf VW Touran TDI traten Grenzwertüberschreitungen auf. VOLKSWAGEN will die erhöhten Emissionen durch eine geänderte Software vermeiden und hat eine Softwareanpassung für die Serienproduktion vorgenommen. Außerdem werden im Rahmen einer freiwilligen Feldaktion Kundenfahrzeuge beim Werkstattbesuch damit ausgerüstet.

Darüber hinaus wurden bei dem MAZDA 6, der im Rahmen dieses Projektes untersucht werden sollte, bereits bei einer Feldüberwachung des VCA in Großbritannien Auffälligkeiten festgestellt. Aufgrund dieser Ergebnisse wurde von MAZDA zugesichert, dass die erforderlichen Maßnahmen zur Verringerung der Abgasemissionen auch an den in Deutschland im Verkehr befindlichen Fahrzeugen durchgeführt werden, ohne dass Messungen erforderlich wurden.

Zusätzlich zu der Messung der Abgasemissionen wurde im Neuen Europäischen Fahrzyklus aus den Emissionen der kohlenstoffhaltigen Abgaskomponenten der Kraftstoffverbrauch gemäß Änderungsrichtlinie 1999/100/EG berechnet. Bei acht Fahrzeugtypen lagen die gemessenen Kohlendioxidemissionen und der aus den Emissionen ermittelte Kraftstoffverbrauch unter den jeweiligen Herstellerangaben. Bei drei Typen entsprachen die ermittelten Werte für die CO<sub>2</sub>-Emissionen und den Verbrauch etwa den Herstellerangaben. Bei zwei Fahrzeugtypen lagen die Kohlendioxidemissionen und der Kraftstoffverbrauch um 3,4 % bis 4,8 % über der Herstellerangabe.

Im bei der Typprüfung relevanten Neuen Europäischen Fahrzyklus werden relativ niedrige Motorlasten und Fahrgeschwindigkeiten von maximal 120 km/h erreicht. Um auch abgasrelevante Betriebssituationen beurteilen zu können, die nicht durch den NEFZ abgedeckt werden, wurden zusätzlich der FTP 75- und der Common Artemis Driving Cycle (CADC) gefahren. Dabei war zu erkennen, dass die Kohlenmonoxidemissionen bei Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor deutlich höher sind als die der Fahrzeuge mit Kompressionszündungsmotor. Außerdem ist der starke Anstieg der CO-Emissionen der Fahrzeuge mit Fremdzündungsmotor im CADC Motorway Fahrzyklus auffällig. Das ist auf die hohen Drehzahlen und Motorlasten zurückzuführen, die in diesem Fahrzyklus erreicht werden. Demgegenüber sind bei Fahrzeugen mit Kompressionszündungsmotor die Stickoxid- und Partikelemissionen das Hauptproblem. Im CADC Motorway bei hohen Motorlasten und Drehzahlen sind erhöhte Stickoxid- und Partikelemissionen bei den Dieselfahrzeugen zu erkennen.

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde bei jeweils einem Fahrzeug pro Typ mit Fremdzündungsmotor eine Messung der Verdunstungsemissionen durchgeführt. Bei vier der fünf untersuchten Fahrzeugtypen mit Fremdzündungsmotor wurde der Grenzwert für die Verdunstungsemissionen von 2,0 g Kohlenwasserstoff eingehalten. Auffällig waren die hohen Kohlenwasserstoffemissionen bei dem VOLKSWAGEN Golf. Als Ursache für die erhöhten Emissionen wurde eine falsch montierte Dichtung am Flansch der Kraftstoffförderpumpe identifiziert. Bei den anderen Fahrzeugen dieses Typs ist dieser Fehler nicht aufgetreten, so dass man davon ausgehen kann, dass es sich nicht um ein typspezifisches Problem handelt.

Bei einem Fahrzeug jedes Typs mit Fremdzündungsmotor wurde untersucht, ob bei hoher Motorlast bzw. Vollast eine Gemischanreicherung vorlag. Zu diesem Zweck wurde für sechs stationäre Messpunkte das Luftverhältnis  $\lambda$  auf dem Fahrleistungsprüfstand ermittelt. Bei Motorvollast wurde bei allen untersuchten Fahrzeugen mit Fremdzündungsmotor eine Anreicherung des Kraftstoff-Luft-Gemisches festgestellt. Eine derartige Gemischanreicherung führt zu einer Erhöhung der limitierten Schadstoffkomponenten Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe, da in diesem Motorbetriebszustand zum einen die Rohemissionen von CO und HC ansteigen und zum anderen keine optimale Umsetzung dieser Komponenten im Katalysator möglich ist.

Klimaerwärmung und Ölknappheit machen den Kraftstoffverbrauch zu einem wichtigen Kriterium beim Kauf eines Neufahrzeuges. Im Rahmen dieses Vorhabens wurden verschiedenen Aspekte der Kraftstoffverbrauchsmessung exemplarisch an einem Fahrzeug untersucht. Dabei hat sich gezeigt, dass die Randbedingungen bei den Messungen möglichst einheitlich sein sollten, um vergleichbare Messergebnisse sicherzustellen. Insbesondere die Masse und der Fahrwiderstand der untersuchten Fahrzeuge spielen eine entscheidende Rolle. Einflussfaktoren wie die Prüfraumtemperatur und die Quantifizierung des Mehrverbrauchs durch zusätzliche Verbraucher wie elektrische Lenkhilfen, Tagfahrlicht oder auch Klimaanlage spielen eine wesentliche Rolle. Weitere Untersuchungen sind erforderlich, um den Einfluss dieser Faktoren zu quantifizieren und daraus Vorgaben für die Durchführung der Typprüfung abzuleiten.

In **Tabelle 5.1** sind die auffälligen Fahrzeugtypen und die jeweils festgestellten Mängel zusammengefasst.

Alarmierend ist das Ergebnis der Messungen bei den Dieselfahrzeugen. Insbesondere die Einhaltung des mit der Richtlinie 98/69/EG eingeführten Einzelgrenzwertes für die Stickoxidemissionen und des Summenwertes für Kohlenwasserstoffe und Stickoxide bereitet bei den im Feld befindlichen Fahrzeugen mit Kompressionszündungsmotoren erhebliche Schwierigkeiten.