



**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D-76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: [info.ka@lohmeyer.de](mailto:info.ka@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

**Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG**

## **MASSNAHMEBETRACHTUNGEN ZU PM10 IM ZUSAMMENHANG MIT LUFTREINHALTEPLÄNEN**

Auftraggeber: Regierungspräsidium Stuttgart  
Postfach 800709  
70507 Stuttgart

Dipl.-Geogr. T. Nagel  
S. Haupt  
T. v. Wees

Dr.-Ing. W. Bächlin

Dezember 2004  
Projekt 60277-04-01  
Berichtsumfang 69 Seiten

## **INHALTSVERZEICHNIS**

<b>ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>3 FAHRZEUGFLOTTEN UND EMISSIONSFAKTOREN .....</b>	<b>7</b>
3.1 Fahrzeugflotte .....	7
3.2 Emissionsfaktoren .....	10
3.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren .....	10
3.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	11
3.2.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen .....	12
<b>4 AUSWIRKUNGEN FÜR AUSGEWÄHLTE STRASSENABSCHNITTE .....</b>	<b>19</b>
4.1 Auswirkungen auf Emissionen in den Straßenabschnitten .....	19
4.2 Auswirkungen auf Immissionen in den Straßenabschnitten .....	22
<b>5 MÖGLICHE MASSNAHME MIT VERKEHRSBESCHRÄNKUNG .....</b>	<b>31</b>
<b>6 MASSNAHMEN AKTUELLER LUFTREINHALTEPLÄNE .....</b>	<b>35</b>
6.1 Veranlassung der Erarbeitung von Luftreinhalteplänen .....	35
6.2 Zusammenfassende Kurzbeschreibung der Inhalte der Luftreinhaltepläne ...	38
6.3 In den Luftreinhalteplänen genannte Maßnahmen .....	39
6.4 Maßnahmenbeschreibungen außerhalb der deutschen Luftreinhaltepläne ...	44
<b>7 LITERATUR .....</b>	<b>47</b>
<b>A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>51</b>
<b>A2 IN DEN VORLIEGENDEN LUFTREINHALTEPLÄNEN AUFGEFÜHRTE MASSNAHMEN FÜR DEN KFZ-VERKEHR .....</b>	<b>57</b>

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

Literaturstellen sind im Text durch Name und Jahreszahl zitiert. Im Kapitel Literatur findet sich dann die genaue Angabe der Literaturstelle.

Es werden Dezimalpunkte (= wissenschaftliche Darstellung) verwendet, keine Dezimalkommas. Eine Abtrennung von Tausendern erfolgt durch Leerzeichen.

## **ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN**

### **Emission / Immission**

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug oder anderen Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (oder  $\text{mg}$ ) Schadstoff pro  $\text{m}^3$  Luft.

### **Vorbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung**

Als Vorbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Vorbelastung und Zusatzbelastung und wird in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$  angegeben.

### **Grenzwerte / Vorsorgewerte**

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die nicht überschritten werden dürfen (z.B. Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes). Vorsorgewerte stellen zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe dar, die zahlenmäßig niedriger als Grenzwerte sind und somit im Konzentrationsbereich unterhalb der Grenzwerte eine differenzierte Beurteilung der Luftqualität ermöglichen.

### **Jahresmittelwert / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert**

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert, 98-Perzentilwert und weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration. Der Gesetzgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert z. B. den so genannten 98-Perzentilwert der Konzentration

nen eingeführt. Das ist derjenige Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird.

Die Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (22. BImSchV) fordert weitere Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO<sub>2</sub> Konzentrationen von 200 µg/m<sup>3</sup>, der in nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m<sup>3</sup>, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf.

### Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten der Kfz ab, die sich in unterschiedlichen Betriebszuständen wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. befinden. Das typische Fahrverhalten der Kfz kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Diese wurden vom Umweltbundesamt definiert und es wurden dafür die Emissionen gegeben. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert.

### PM10

PM10 sind Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

### Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO<sub>x</sub> mit Geltungsjahr

		Euro 1	Euro 2	Euro 3	Euro 4	Euro 5
<b>PKW</b>	Jahr	1993	1996/97	2000	2005	
	Partikel [g/km]	0.14	0.08	0.05	0.025	-
	Jahr	1992	1996	2000	2005	-
	NOx Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	-
	NOx Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	-
<b>LKW</b>	Jahr	1992/93	1995/96	2000/01	2005	2008
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02
	Jahr	1992	1998	2000	2005	2008
	NOx [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Aktuelle Messdaten der Luftschadstoffbelastungen an Hauptverkehrsstraßen entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV weisen in Stuttgart u.a. Überschreitungen der Beurteilungswerte für PM10 auf. Damit entsteht die Erfordernis, im Rahmen von Luftreinhalteplänen bzw. Aktionsplänen Maßnahmen zur Verringerung der Luftschadstoffbelastungen vorzuschlagen. Im vorliegenden Bericht werden folgende Themen im Auftrag des Regierungspräsidiums Stuttgart bearbeitet:

- Aufzeigen möglicher Minderungspotentiale der PM10-Belastung an Hauptverkehrsstraßen mit Bewertung
- Bestandsaufnahme der in Luftreinhalteplänen / Aktionsplänen vorgeschlagenen Maßnahmen in Deutschland und evtl. in EU-Ländern

Detaillierte Kenntnisse über erzielbare Minderungspotentiale der PM10-Belastungen durch Maßnahmen im Kfz-Verkehrsbereich liegen nicht vor. Dementsprechend wird in dieser Untersuchung die mögliche Reduzierung durch technische Maßnahmen, d.h. durch Veränderung der Kfz-Flotte bei unverändertem Verkehrsaufkommen betrachtet.

Auf der Grundlage von Informationen und Daten für das Hauptverkehrsstraßennetz von Stuttgart, aktuellen Luftschadstoffmessdaten in Stuttgart, auch von „Spot“-Messungen, und aktueller Fachinformationen für die Partikel-Emissionen durch den Kfz-Verkehr erfolgen die Ausarbeitungen für ausgewählte Straßenabschnitte in Stuttgart. Die Angaben der Partikelemissionen werden der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Stand 2004, und den neuesten Erkenntnissen bezüglich Anteilen von Abrieb und Aufwirbelung entnommen.

Als weitestgehende technische Möglichkeiten wird in der Kfz-Fahrzeugflotte der Austausch der Dieselfahrzeuge mit Euro4-Ausstattungen angesetzt. Im Vergleich zur unveränderten Situation im Jahr 2005 sind damit nur noch ca. 30 % der „motorbedingten“ Partikelemissionen, zwischen 72 % und 82 % der Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen und ca. 85 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen in den genannten Straßenabschnitten zu erwarten. Die „motorbedingten“ Partikelemissionen werden durch die Euro4-Ausstattungen wesentlich reduziert; das betrifft insbesondere die sehr feinen Partikel und damit die lungengängigen Fraktionen. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge dämpfen die Reduktionen der Partikelemissionen weniger deutlich, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge der

PM10-Belastungen sind überwiegend der gröberen Fraktion zuzuschreiben und damit gegenüber den sehr feinen Partikel weniger lungengängig.

Für die Immissionsbetrachtungen wird aus den Messdaten der lokale verkehrsbedingte Anteil abgeleitet, auf den dann die genannte Minderung angewendet und zur Gesamtbelastung zusammengefasst wird. Entsprechend den verfügbaren Messdaten für den Zeitraum Januar bis Anfang November 2004 traten an den fünf Straßenmessstationen für vier Stationen Überschreitungen des ab dem Jahr 2005 geltenden Grenzwertes auf. Am Neckartor liegt eine deutliche Überschreitung, an der Station Stuttgart-Mitte-Straße (Arnulf-Klett-Platz) keine Überschreitung vor. Mit der Berücksichtigung der Euro4-Ausstattungen der Dieselfahrzeuge wird die Anzahl der Tage mit Überschreitungen teilweise deutlich verringert. An zwei Stationen sind dennoch Überschreitungen des Grenzwertes abgeleitet. Bezogen auf den Ausgangszustand sind mit der betrachteten Emissionsminderung noch zwischen 70 % und 83 % der Tage mit Überschreitungen von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten. Die Reduktion der Gesamtbelastungen fallen geringer aus, es werden bezogen auf den Ausgangszustand zwischen 88 % und 94 % der Konzentrationen abgeleitet.

Aus diesen Ableitungen ist bezogen auf den genannten Betrachtungszeitraum zu schließen, dass mit technischen Maßnahmen für den Kfz-Verkehr die PM10-Belastungen nicht so weit reduziert werden können, dass die Einhaltung der erlaubten Überschreitungen der Tagesmittelwerte zu erwarten ist.

Als mögliche und umsetzbare verkehrsbeschränkende Maßnahme wurde in Diskussionen mit dem Auftraggeber folgende Maßnahme gebildet:

**An Tagen mit hohen Schadstoffbelastungen dürfen an geraden Kalendertagen nur Kfz mit geraden Kennzeichen-Zahlen und an ungeraden Kalendertagen nur Kfz mit ungeraden Kennzeichen-Zahlen in Stuttgart fahren.**

Nachdem für Stuttgart noch keine Erfahrungen mit solch einer Maßnahme vorliegen, wird als vorläufige Annahme angesetzt, dass bei episodenhafter Anwendung dieser Maßnahme ca. 60 % des Kfz-Verkehrs an diesen Tagen verkehren und damit noch ca. 60 % der verkehrsbedingten Emissionen an Partikeln und  $\text{NO}_x$  in den Straßenabschnitten zu erwarten sind. Mit der Berücksichtigung der Kennzeichen-Regelung wird die Anzahl der Tage mit Überschreitungen teilweise deutlich verringert. An der Station Am Neckartor sind dennoch Überschreitungen des Grenzwertes abgeleitet; an den anderen betrachteten Stationen kann der Grenzwert entsprechend diesen Ableitungen eingehalten werden. Bezogen auf den Aus-

gangszustand sind mit der betrachteten Emissionsminderung an den anderen betrachteten Straßenabschnitten zwischen 50 % und 60 % der Tage mit Überschreitungen von 50 µg PM10/m<sup>3</sup> zu erwarten. Die Reduktion der Gesamtbelastungen fallen geringer aus, es werden bezogen auf den Ausgangszustand Am Neckartor ca. 78 % und an den anderen betrachteten Straßenabschnitten zwischen 86 % und 88 % der Konzentrationen abgeleitet. Diese Abschätzungen korrespondieren gut mit Ergebnissen aus Feldversuchen in Italien.

Für die Bestandsaufnahme der in aktuellen Luftreinhalteplänen genannten Maßnahmen wurden bis Ende November 2004 verfügbare Luftreinhaltepläne gesichtet und ausgewertet. Das sind insgesamt 18 Luftreinhaltepläne bzw. Entwürfe oder Vorentwürfe der Luftreinhaltepläne. In insgesamt 15 Gebieten wurden Überschreitungen des Beurteilungswertes für PM10 und in 7 Gebieten Überschreitungen des Beurteilungswertes für NO<sub>2</sub> bei den betrachteten Luftreinhalteplänen festgestellt. Kfz-verkehrsbezogene Maßnahmen wurden in zwei Luftreinhalteplänen nicht aufgeführt, da industrielle bzw. gewerbliche Emittenten die Verhältnisse prägen oder bereits eingeleitete Maßnahmen und Entwicklungen die Einhaltung der Beurteilungswerte erwarten lassen. Insgesamt werden in den betrachteten Luftreinhalteplänen 231 Maßnahmen für den Kfz-Verkehr genannt. Für ca. 90 % dieser in den Luftreinhalteplänen genannten Maßnahmen sind keine quantitativen Angaben über deren Wirksamkeit enthalten.

Von den vorliegenden Luftreinhalteplänen heben sich die beiden für Nauen (Brandenburg) und Erfurt (Thüringen, Vorentwurf) inhaltlich deutlich ab, da dort für insgesamt 9 Maßnahmen konkret berechnete Minderungen der Immissionen aufgeführt sind. Diese sind an die lokalen Verhältnisse angepasst und damit sehr speziell. Die immissionsseitigen Entlastungswirkungen stehen in sehr engem Zusammenhang mit den von den Sperrungen betroffenen Fahrzeuggruppen und können für PM10 bis ca. 30 % und für NO<sub>2</sub> bis ca. 45 % reichen. Maßnahmenbezogene Emissionsreduktionen werden mit ca. 30 % angegeben. Für einige Maßnahmen werden Angaben der Verringerung der Fahrleistungen genannt; diese beziehen sich überwiegend auf Fahrverbote bzw. Fahrbeschränkungen für bestimmte Fahrzeuge und weisen teilweise sehr hohe Entlastungen auf. Weiterhin werden mit dem Bau von Ortsumfahrungen in innerörtlichen Bereichen deutliche Entlastungen verbunden. Güterverkehrszentren und City-Logistik führen zu leichten Verringerungen der Kfz-Fahrleistungen, teilweise aber zu deutlichen Verringerungen der LKW-Fahrleistungen.

Die relativ geringe Anzahl der quantitativen Entlastungswirkungsangaben in den betrachteten Luftreinhalteplänen zeigt mögliche Wirkungen auf, lässt aber keine Ableitungen einer Rangliste effektiver Maßnahmen zu, die auf andere Luftreinhaltepläne übertragbar wären.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Aktuelle Messdaten der Luftschadstoffbelastungen an Hauptverkehrsstraßen entsprechend den Anforderungen der 22. BImSchV weisen in Stuttgart u.a. Überschreitungen der Beurteilungswerte für PM10 auf. Damit entsteht die Erfordernis, im Rahmen von Luftreinhalteplänen bzw. Aktionsplänen Maßnahmen zur Verringerung der Luftschadstoffbelastungen vorzuschlagen. In diesem Zusammenhang wurde die Ausarbeitung einer Untersuchung zu folgenden Themen initiiert:

- Aufzeigen möglicher Minderungspotentiale der PM10-Belastung an Hauptverkehrsstraßen mit Bewertung
- Bestandsaufnahme der in Luftreinhalteplänen / Aktionsplänen vorgeschlagenen Maßnahmen in Deutschland und evtl. in EU-Ländern

Informationen und Daten für das Hauptverkehrsstraßennetz von Stuttgart liegen mit dem im Auftrag der Landeshauptstadt Stuttgart erarbeiteten Gutachten „Luftschadstoffbelastungen an Stuttgarter Hauptverkehrsstraßen für die Jahre 2005 und 2010“ - Ing.-Büro Lohmeyer 2003/5261) und mit aktuellen Luftschadstoffmessdaten, auch von „Spot“-Messungen, vor.

Für ausgewählte Straßenabschnitte in Stuttgart, an denen Luftschadstoffmessdaten vorliegen, sind basierend auf den vorliegenden Verkehrsbelegungsdaten und den Emissionsfaktoren die Spannweiten der möglichen Reduktionen der PM10-Emissionen durch das Ausschließen von Diesel betriebenen Fahrzeugen ohne Emissionsminderungskonzepte anhand der aktuellen Emissionsdatenbank des UBA (Auspuffemissionen), d.h. HBEFA – Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Stand 2004, zu berechnen. Mit den extrahierten Emissionsfaktoren und den neuesten Erkenntnissen bezüglich Anteilen von Abrieb und Aufwirbelung ist die Reduktion der gesamten täglichen Emission gegenüber dem Referenzfall aufzuzeigen. Unter Berücksichtigung der Hintergrundbelastung wird die mögliche Reduktion der PM10-Immission an den Straßenabschnitten vereinfacht abgeschätzt.

Für die Bestandsaufnahme der in aktuellen Luftreinhalteplänen genannten Maßnahmen werden bis Ende November 2004 verfügbare Luftreinhaltepläne gesichtet und ausgewertet.

### 3 FAHRZEUGFLOTTEN UND EMISSIONSFAKTOREN

Im April 2004 wurde das aktuelle Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs – HBEFA –, Version 2.1 veröffentlicht. Diese Datenbasis stellt die aktuelle und für das gesamte Bundesgebiet zutreffende Emissionsdatenbasis für den Kfz-Verkehr dar.

Die Informationen der fahrzeugflottenspezifischen Emissionsfaktoren im Handbuch basieren auf Emissionsmessungen an unterschiedlichen repräsentativen Kfz mit den entsprechenden Motorenkonzepten sowie einer angesetzten Flottenzusammensetzung der Kfz in Deutschland.

Für das verkehrsbedingte Feinstaubaufkommen sind neben den „motorbedingten“ Emissionen auch „nicht motorbedingte“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Beiträge zu berücksichtigen. Dies basiert auf aktuellen Angaben der Fachliteratur.

#### 3.1 Fahrzeugflotte

Die Zusammensetzung der dynamischen Fahrzeugflotte, d.h. die Zusammensetzung der auf den Straßen verkehrenden Fahrzeuge, ist für innerstädtische Bereiche dem HBEFA für das Bezugsjahr 2005 entnommen und in **Abb. 3.1** aufgezeigt. Dabei ist zu beachten, dass die dynamische Fahrzeugflotte nicht direkt vergleichbar ist mit den Bestandszahlen für eine Region, die die statische Flottenzusammensetzung basierend auf den Zulassungszahlen angibt.

Der Anteil der Diesel betriebenen PKW umfasst ca. 26.2 %, der Anteil der Diesel betriebenen leichten Nutzfahrzeuge umfasst ca. 85.8 %; bei den Bussen und schweren Nutzfahrzeugen setzen sich die Fahrzeuge ausschließlich aus Diesel betriebenen zusammen.

Für das Aufzeigen möglicher Minderungspotentiale der verkehrsbedingten PM10-Emissionen wird als theoretische Annahme unterstellt, dass sämtliche Kfz mit Dieselmotoren sofort durch Diesel-Kfz mit der Zulassungsnorm Euro4 (verbindlich ab 1.1.2005) ersetzt werden. Diese Anteile sind in **Abb. 3.2** grafisch gekennzeichnet und hervorgehoben.

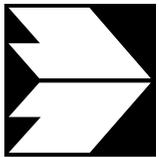
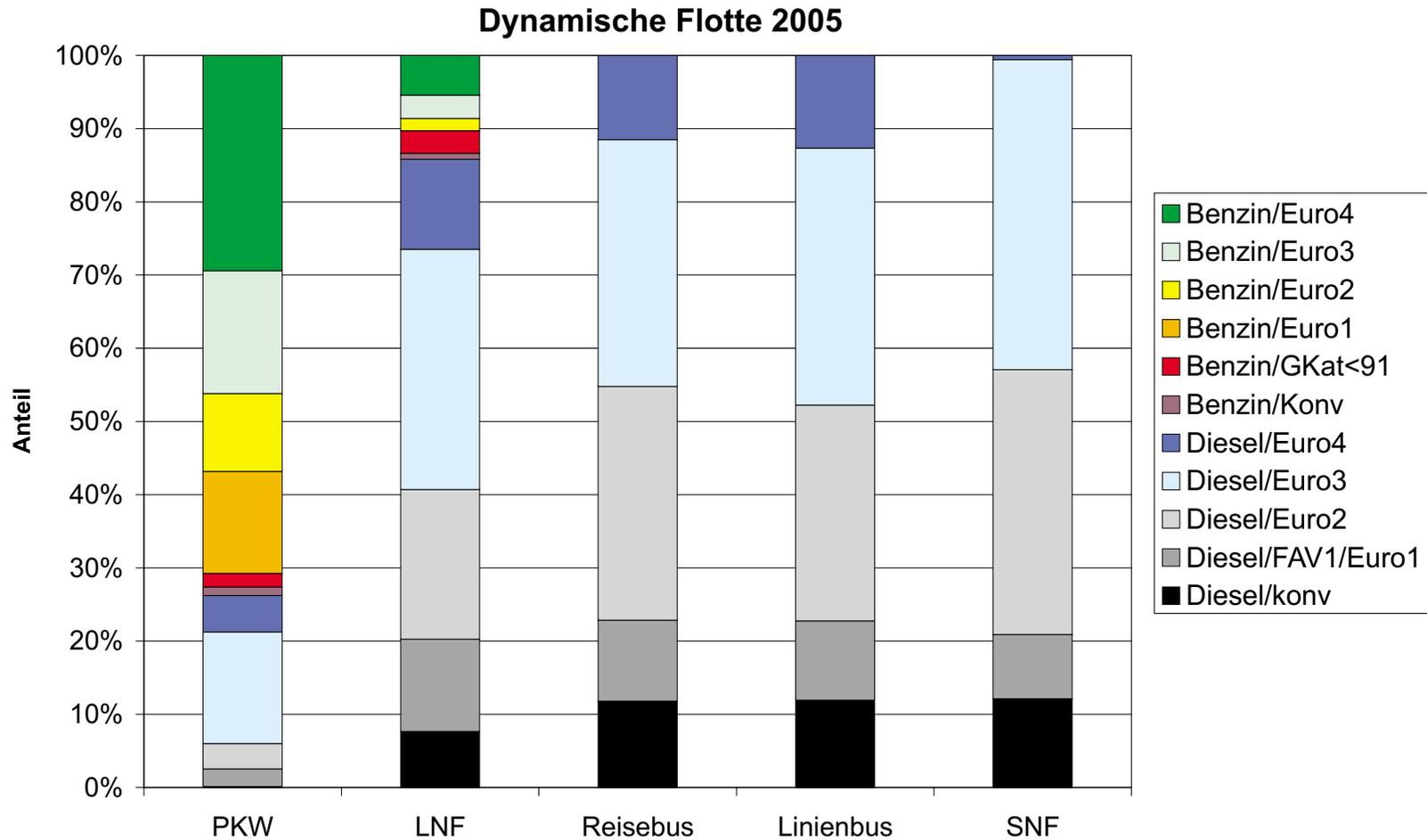


Abb. 3.1: Zusammensetzung der dynamischen Kfz-Flotte für das Jahr 2005 entsprechend HBEFA, unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF)

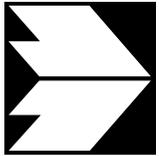
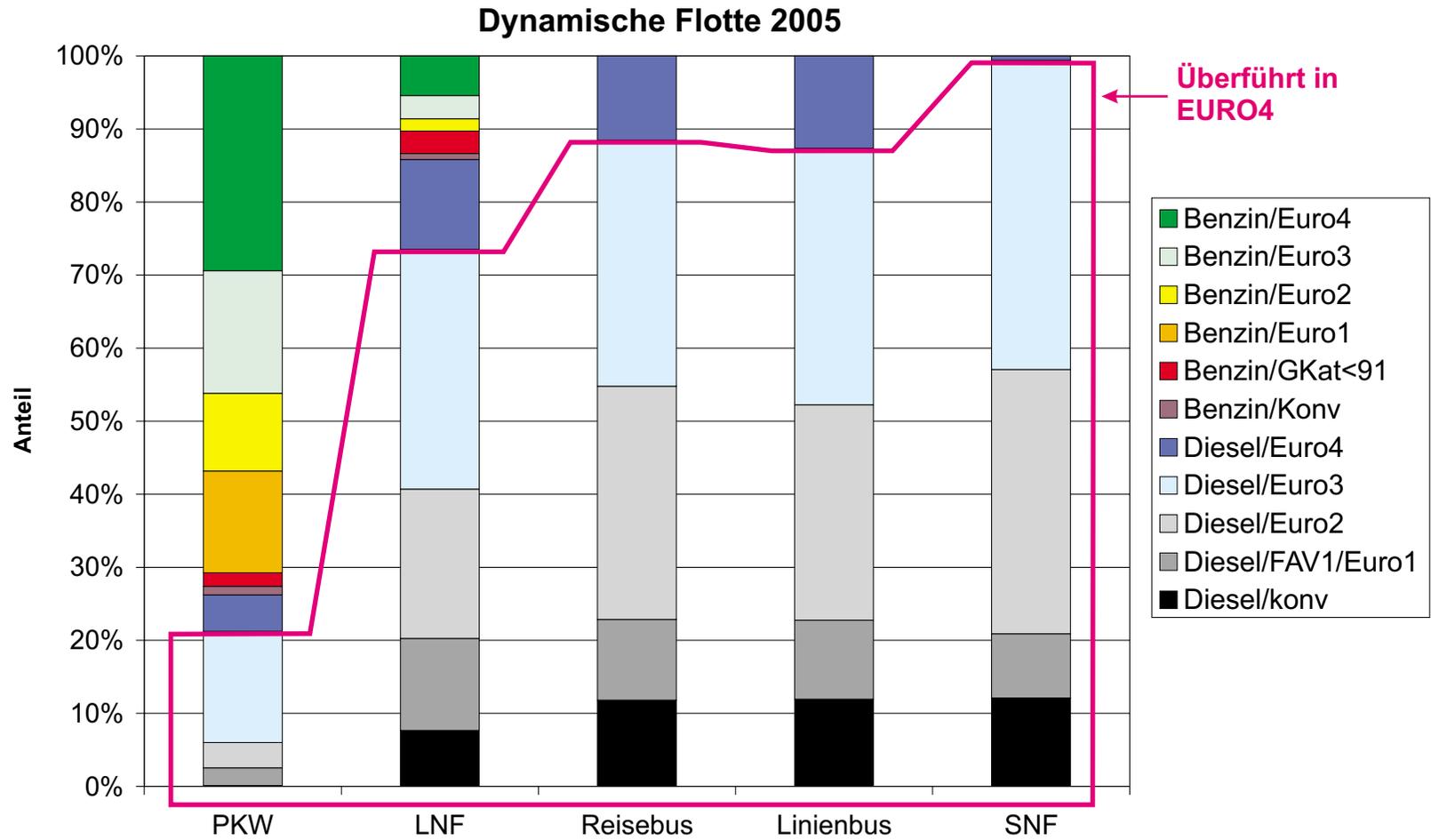


Abb. 3.2: Zusammensetzung der dynamischen Kfz-Flotte für das Jahr 2005 entsprechend HBEFA, unterteilt nach PKW, leichte Nutzfahrzeuge (LNF), Reisebusse, Linienbusse und schwere Nutzfahrzeuge (SNF) und Kennzeichnung der Anteile, die für die vorliegende Untersuchung modifiziert werden

## 3.2 Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten PKW und LKW unterschieden. Die Fahrzeugart PKW enthält dabei die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) und Motorräder, die Fahrzeugart LKW versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattel-schlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenantrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen.

Im Folgenden werden Grundlagen der „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Emissionsfaktoren beschrieben, dann erfolgt die Anwendung für Stuttgart im Zusammenhang mit möglichen Emissionsminderungen.

### 3.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW im Wesentlichen ab von

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2004) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Längsneigung der Straßen und die Verkehrssituationen sind den Festlegungen des vorangegangenen Gutachtens (Lohmeyer, 2003/5261) entnommen, der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW wird entsprechend HBEFA angesetzt, der Kaltstarteinfluss für LKW wird aus UBA (1995) entnommen.

### 3.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen-, Kupplungs- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA nicht enthalten, sie sind auch derzeit nicht mit zufriedenstellender Aussagegüte zu bestimmen. Die Ursache hierfür liegt in der Vielfalt der Einflussgrößen, die bisher noch nicht systematisch parametrisiert wurden und für die es derzeit auch keine verlässlichen Aussagen gibt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Kupplung und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der von Düring und Lohmeyer (2004) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems-, Kupplungs- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragene Straßenstaub die in der **Tab. 3.1** exemplarisch für eine innerstädtische Verkehrssituation, hier für eine innerstädtische Hauptverkehrsstraße mit großen Störungen des Verkehrsflusses (HVS4), aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln aus heißen Abgasen während der Abkühlung und Ausbreitung wird im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt, da dieser Prozess nur in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen dominiert (Filliger et al., 1999).

### 3.2.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen

Für die Betrachtungen in dieser Untersuchung werden für das Bezugsjahr 2005 die Emissionsfaktoren geändert, indem einerseits die Möglichkeiten der Anwendung des HBEFA und andererseits die Fahrzeugflottenzusammensetzung variiert wird.

Im Umgang mit der Datenbank des HBEFA steht zusätzlich die Auswahlmöglichkeit „Partikelfilter-Korrektur berücksichtigen“ zur Verfügung, die als eine Variante betrachtet wird. Diese Eingabeoption wirkt sich nur auf die Emissionsfaktoren für PKW und Linienbusse für die Fahrzeugkonzepte mit Euro4, vermindert für Euro3 aus.

Als maßgebliche und weitgehende technische Maßnahme wird die Modifizierung der Fahrzeugflotte betrachtet, indem alle Diesel betriebenen Kfz mit Euro4-Ausstattung berücksichtigt werden.

Die Euro4-Ausstattung wird im nächsten Schritt inklusive Partikelfilter-Korrektur des HBEFA betrachtet.

Für schwere Nutzfahrzeuge, Linienbusse und Reisebusse sieht das HBEFA nach dem Jahr 2005 auch Angaben des Fahrzeugkonzeptes mit Euro5 vor. Diese Einstellung wird ebenfalls berücksichtigt und weiterhin diese Einstellung mit Partikelfilter-Korrektur.

Die Auswirkungen dieser Varianten sind am Beispiel der innerörtlichen Verkehrssituation HVS4 in den **Abb. 3.3** bis **Abb. 3.7** sowie in **Tab. 3.1** für die Fahrzeugflotte 2005 und die Diesel-Euro4-Ausstattung inklusive Partikelfilter-Korrektur aufgezeigt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km]					
Fahrzeugflotte	Verkehrssituation (Kürzel)	Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirb.)		NO <sub>x</sub>	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
2005 nach HBEFA	HVS4	0.01152	0.3333	0.05	0.45	0.315	9.695
2005, Diesel nur Euro4	HVS4	0.00478	0.0833	0.05	0.45	0.264	8.510

Tab. 3.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für eine innerstädtische Verkehrssituation für das Bezugsjahr 2005 nach HBEFA und für Diesel nur als Euro4 inklusive Partikelfilter-Korrektur

**Abb. 3.3** zeigt die „motorbedingten“ Partikelemissionsfaktoren für PKW und LKW. Dabei wird deutlich, dass intensive Unterschiede zwischen den Emissionsfaktoren der LKW und der PKW bestehen und weiterhin die Euro4-Konzepte gegenüber der unveränderten Flotte deutlich geringere Emissionsfaktoren beinhalten.

In **Abb. 3.4** sind die Partikelemissionsfaktoren für die „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Beiträge aufaddiert dargestellt. Aus dem Vergleich mit **Abb. 3.3** lässt sich schließen, dass die „nicht motorbedingten“ Beiträge einen wesentlichen Anteil der Partikelemissionen einnehmen.

**Abb. 3.5** dokumentiert die Auswirkungen der Modifizierung der Diesel-Fahrzeugflotte auf die  $\text{NO}_x$ -Emissionsfaktoren. Auch für  $\text{NO}_x$  wird deutlich, dass intensive Unterschiede zwischen den Emissionsfaktoren der LKW und der PKW bestehen, die Euro4-Konzepte gegenüber der unveränderten Flotte deutlich geringere Emissionsfaktoren beinhalten und zusätzlich mit Berücksichtigung der Euro5-Konzepte für die LKW-Flotte (Linienbusse, Reisebusse, schwere Nutzfahrzeuge) intensive Verringerungen der Emissionsfaktoren erfolgen.

Die diskutierten und grafisch dargestellten Emissionsfaktoren sind in **Abb. 3.6** und **Abb. 3.7** als relative Darstellungen bezogen auf die Ausgangsflottenzusammensetzung für das Jahr 2005 aufgezeigt. Entsprechend den Darstellungen für die „motorbedingten“ Emissionsfaktoren (**Abb. 3.6**) bewirkt die „Partikelfilter-Korrektur“ sehr geringe Auswirkungen auf die Partikelemissionen. Mit der Umstellung der Fahrzeugflotte für Diesel betriebene Kfz mit ausschließlicher Euro4-Ausstattung umfassen die Emissionsfaktoren für PKW nur noch ca. 40 % und für LKW nur noch ca. 20 % vom Ausgangszustand. Diese Umstellung wirkt sich auch auf die  $\text{NO}_x$ -Emissionen aus, indem für PKW nur noch ca. 80 % und für LKW noch 90 %, für LKW mit Euro5-Ausstattung nur noch ca. 40 % vom Ausgangszustand zu erwarten sind.

Mit Berücksichtigung der „nicht motorbedingten“ Beiträge sind die Unterschiede gegenüber dem Ausgangszustand bei den Partikelemissionen geringer (**Abb. 3.7**). Danach bewirkt die „Partikelfilter-Korrektur“ sehr geringe Auswirkungen auf die gesamten Partikelemissionen. Mit der Umstellung der Fahrzeugflotte für Diesel betriebene Kfz mit ausschließlicher Euro4-Ausstattung umfassen die gesamten Emissionsfaktoren für PKW ca. 90 % und für LKW nur ca. 70 % vom Ausgangszustand. Die Auswirkungen auf die  $\text{NO}_x$ -Emissionen sind wie für **Abb. 3.6** beschrieben.

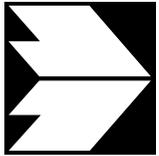
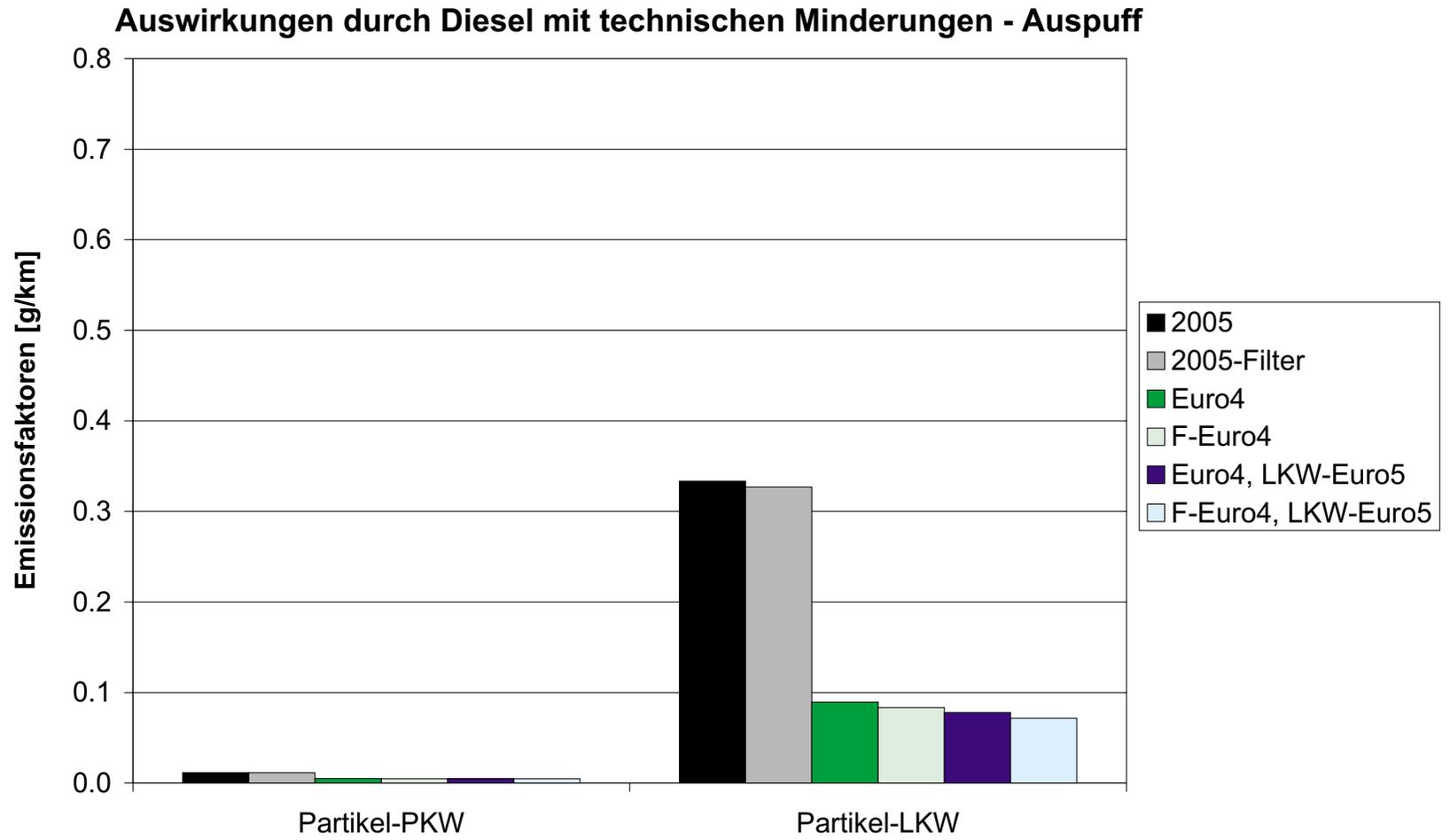


Abb. 3.3: "Motorbedingte" Partikel-Emissionsfaktoren für PKW und LKW einer innerstädtischen Verkehrssituation (HVS4)

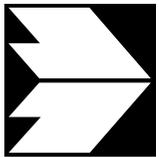
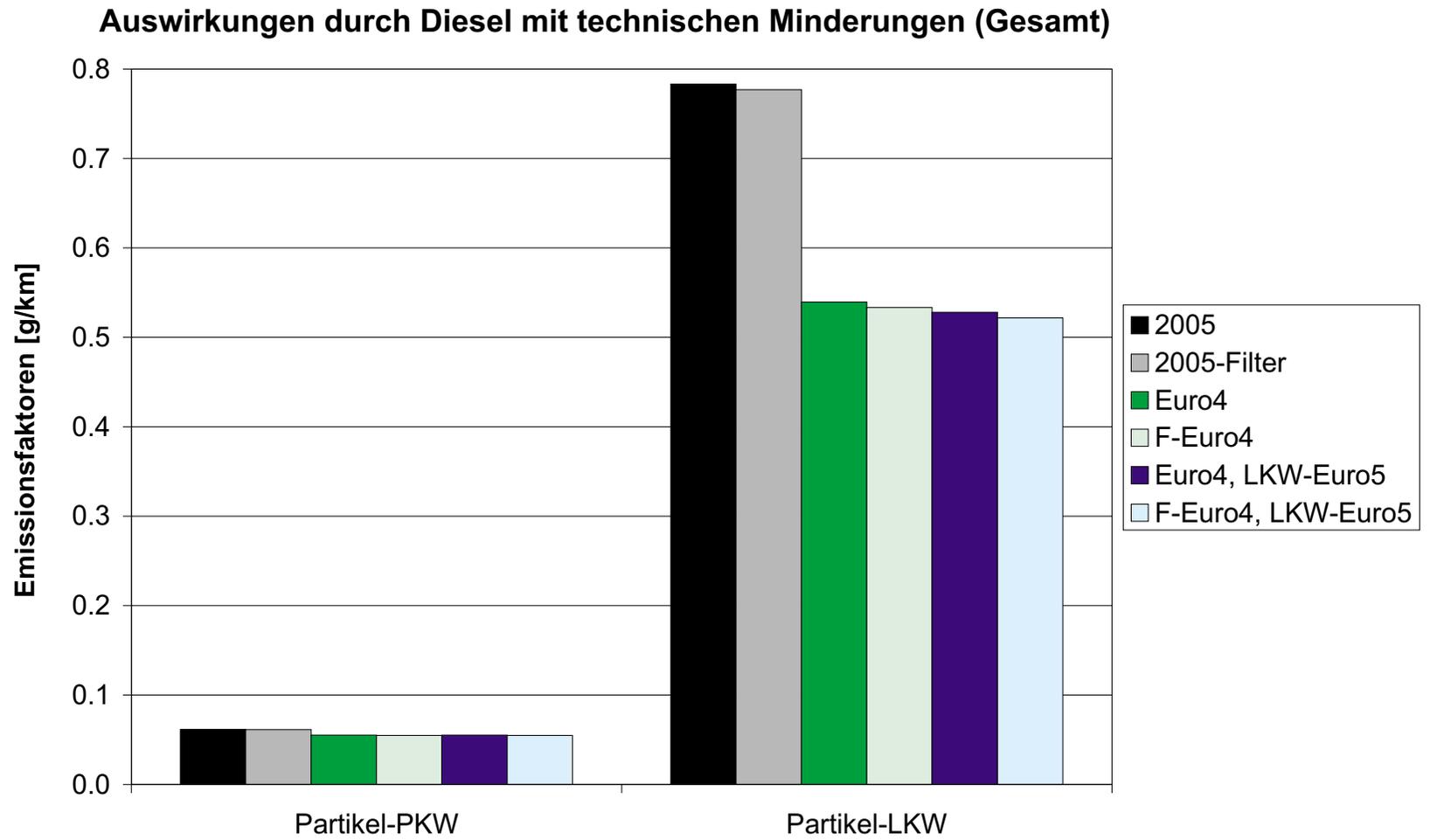


Abb. 3.4: "Motorbedingte" und "nicht motorbedingte" Partikel-Emissionsfaktoren für PKW und LKW einer innerstädtischen Verkehrssituation (HVS4)

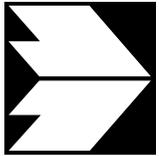
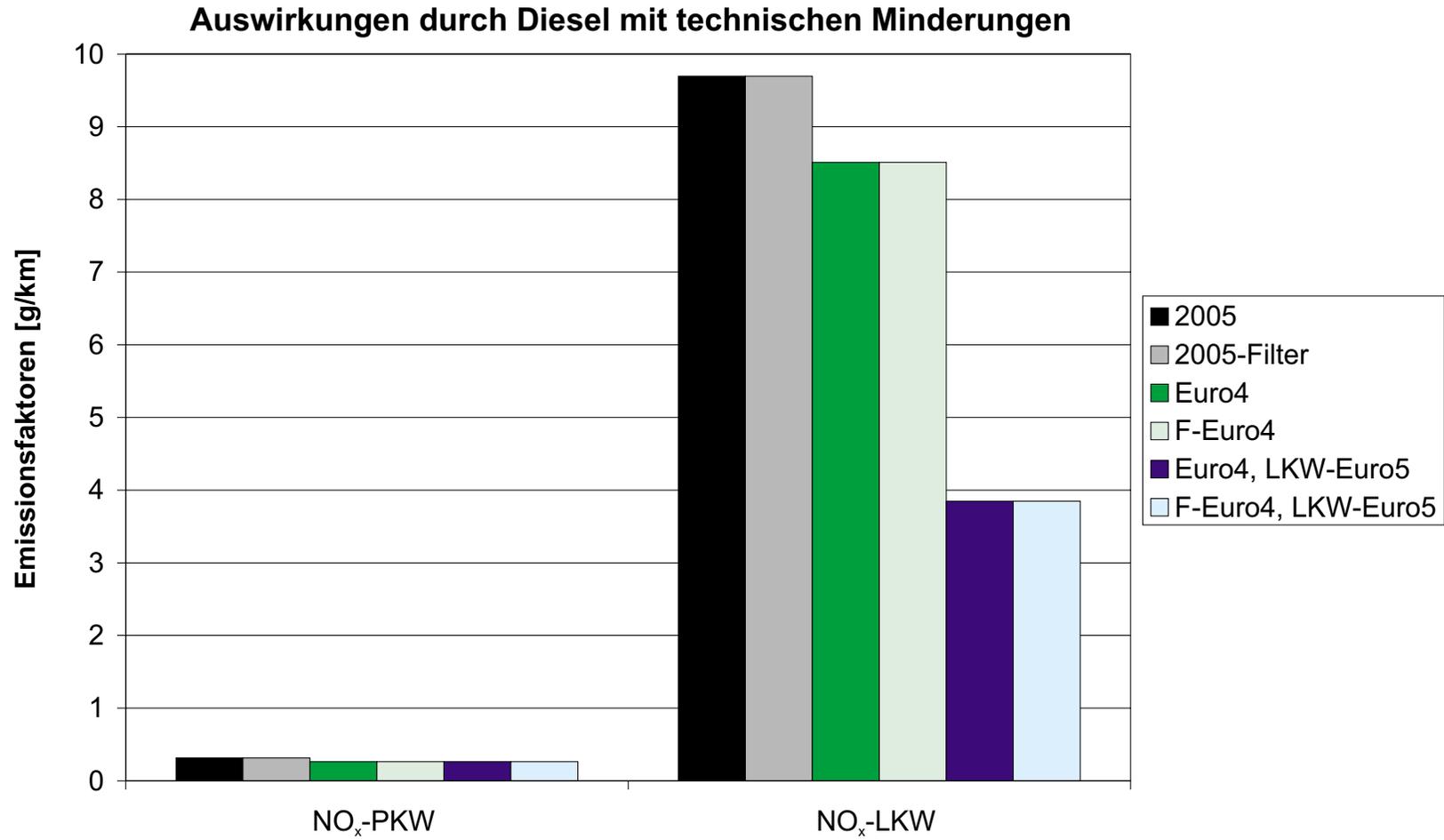


Abb. 3.5: NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für PKW und LKW einer innerstädtischen Verkehrssituation (HSV4)

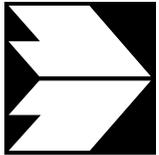
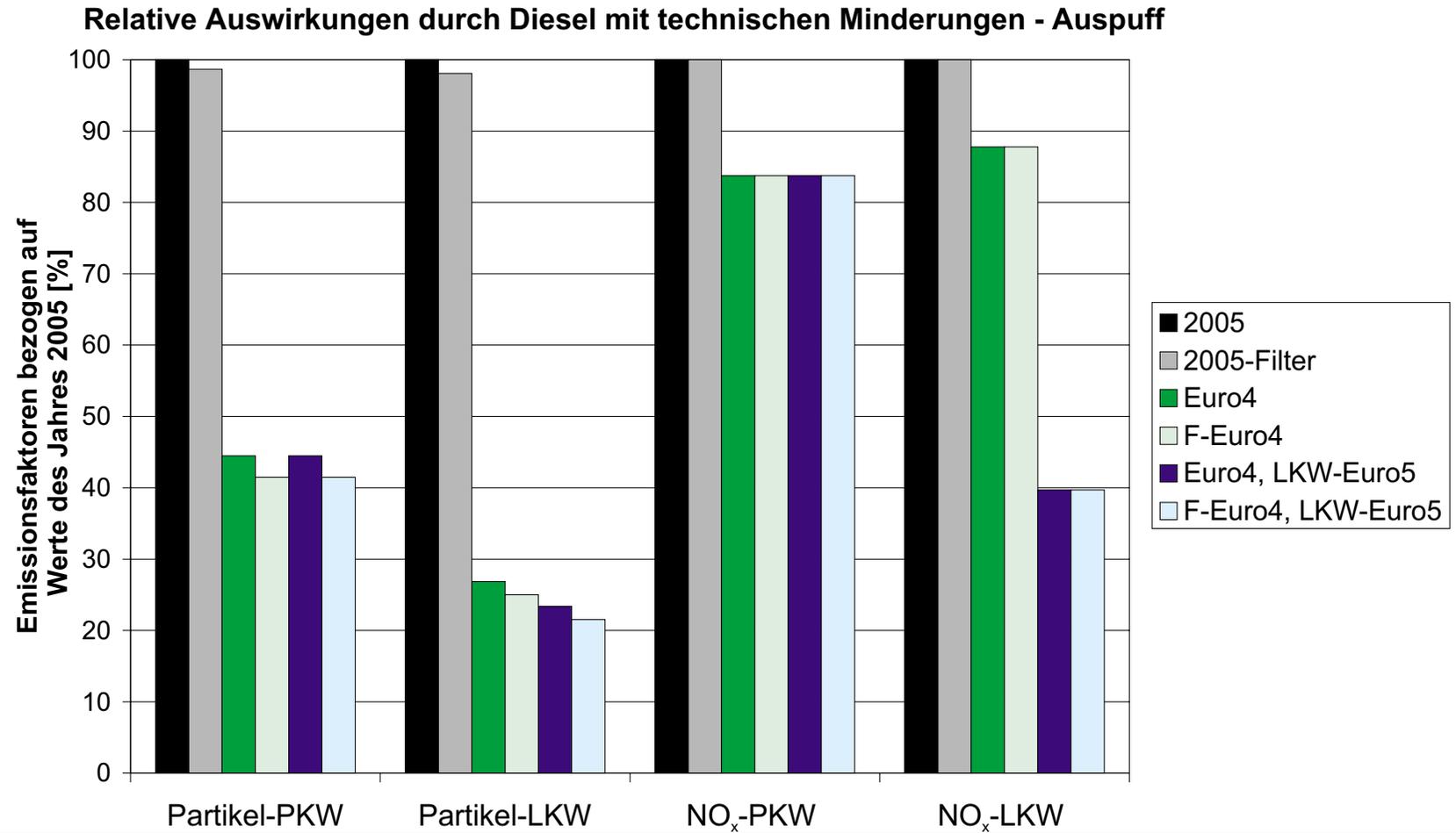


Abb. 3.6: Relativer Vergleich der "motorbedingten" Partikel-Emissionsfaktoren und NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für PKW und LKW einer innerstädtischen Verkehrssituation (HSV4)

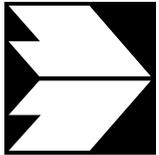
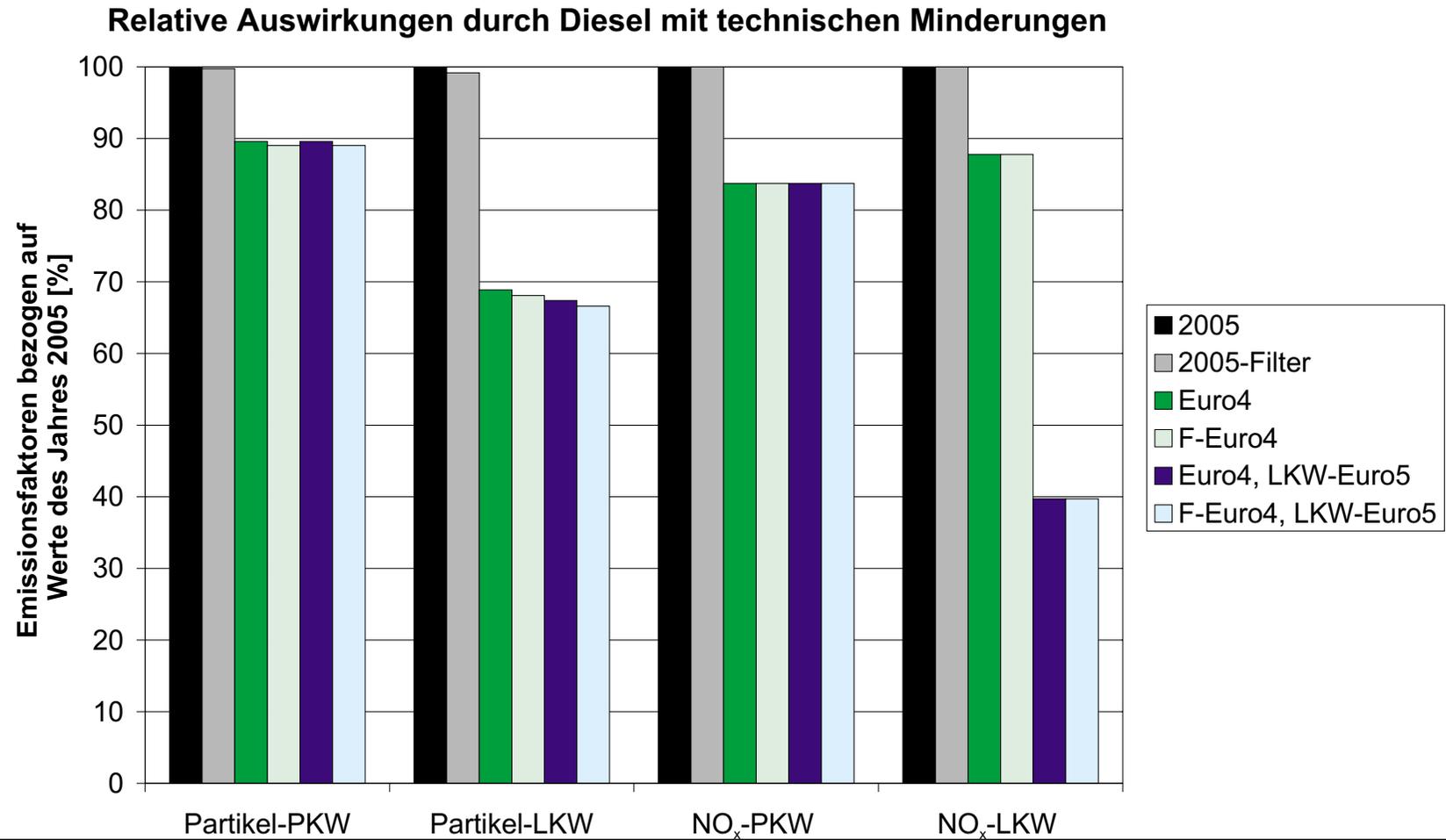


Abb. 3.7: Relativer Vergleich der "motorbedingten" und "nicht motorbedingten" Partikel-Emissionsfaktoren und NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für PKW und LKW einer innerstädtischen Verkehrssituation (HSV4)

## 4 AUSWIRKUNGEN FÜR AUSGEWÄHLTE STRASSENABSCHNITTE

### 4.1 Auswirkungen auf Emissionen in den Straßenabschnitten

Basierend auf den o.g. Flotten- und Emissionsdaten werden die Emissionen für einige ausgewählte Straßenabschnitte in Stuttgart berechnet. Die Verkehrsbelegungsdaten werden den Eingangsdaten der vorangegangenen Untersuchung entnommen. Die Auswahl der Straßenabschnitte orientiert sich an verfügbaren zusätzlichen Informationen, d.h. an verfügbaren Immissionsdaten. Seit Januar 2004 werden in Stuttgart neben der Messstation Stuttgart-Mitte Straße, Arnulf-Klett-Platz, auch so genannte Spot-Messungen an vier weiteren Hauptverkehrsstraßen durch die UMEG mbH durchgeführt. Damit werden folgende Straßenabschnitte in Stuttgart im Hinblick auf die Emissionen und Immissionen betrachtet:

- Stuttgart-Mitte Straße (Arnulf-Klett-Platz),
- Am Neckartor,
- Hohenheimer Straße,
- Siemensstraße und
- Waiblinger Straße.

Entsprechend den in Kap. 3 aufgeführten Auswertungen der Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die Emissionen der genannten Streckenabschnitte für den Ausgangszustand im Bezugsjahr 2005 und für die Umstellung der Fahrzeugflotte für Diesel betriebene Kfz mit ausschließlicher Euro4-Ausstattung inklusive Berücksichtigung der Partikelfilter-Korrektur betrachtet. Die verwendeten Verkehrsbelegungen sind in **Tab. 4.1** aufgeführt.

Straße	DTV [Kfz/Tag]	LKW-Anteil [%]
Arnulf-Klett-Platz	57 180	3.4
Am Neckartor	71 870	4.0
Hohenheimer Straße	39 120	3.0
Siemensstraße	37 191	7.2
Waiblinger Straße	28 491	3.5

Tab. 4.1: Verkehrsbelegungsdaten für ausgewählte Straßenabschnitte in Stuttgart

Die berechneten Emissionen sind in **Tab. 4.2** und als relative Darstellungen bezogen auf die Emissionsmodellierung des Ausgangszustandes im Bezugsjahr 2005 in **Abb. 4.1** aufgezeigt. Bei den Darstellungen sind die „motorbedingten“ Partikelemissionen, die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen sowie die NO<sub>x</sub>-Emissionen betrachtet. Vergleiche der berechneten Immissionen mit Messdaten an sehr stark befahrenen Straßenabschnitten in Stuttgart zeigen, dass auch bei Verkehrssituationen für Innerortsstraßen im Stadtkern die Aufwirbelungsbeiträge der Verkehrssituation HVS4 heranzuziehen sind.

	<b>2005</b> <b>Part-Auspuff</b> <b>[g/(km d)]</b>	<b>Euro4</b> <b>Part-Auspuff</b> <b>[g/(km d)]</b>	<b>2005</b> <b>Part-Ges</b> <b>[g/(km d)]</b>	<b>Euro4</b> <b>Part-Ges</b> <b>[g/(km d)]</b>	<b>2005</b> <b>NO<sub>x</sub></b> <b>[g/(km d)]</b>	<b>Euro4</b> <b>NO<sub>x</sub></b> <b>[g/(km d)]</b>
Arnulf-Klett-Platz	1 518	461	5 155	4 098	39 144	33 441
Am Neckartor	2 073	615	6 816	5 358	53 335	45 767
Hohenheimer Straße	1 248	396	3 673	2 822	31 643	26 200
Siemensstraße	1 851	527	4 782	3 457	49 708	41 784
Waiblinger Straße	664	221	2 488	2 045	18 229	15 527

Tab. 4.2: Berechnete Emissionen für den Ausgangszustand 2005 sowie die Ausstattung der Diesel-Fahrzeuge mit Euro4 in Gramm pro km und Tag

Entsprechend den Zusammensetzungen der Verkehrsbelegungsdaten und der Verkehrssituationen zeigen sich an den fünf Straßenabschnitten deutlich unterschiedliche Emissionen (**Tab. 4.2**). Die relativen Änderungen bezogen auf den Ausgangszustand weisen nur leichte Variationen auf (**Abb. 4.1**). Mit Berücksichtigung der Diesel-Fahrzeuge mit Euro4-Ausstattungen sind nur noch ca. 30 % der „motorbedingten“ Partikelemissionen, zwischen 72 % und 82 % der „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Partikelemissionen und ca. 85 % der NO<sub>x</sub>-Emissionen in den genannten Straßenabschnitten zu erwarten.

Mit diesen Darstellungen wird verdeutlicht, dass die „motorbedingten“ Partikelemissionen durch die Euro4-Ausstattungen wesentlich reduziert werden; das betrifft insbesondere die sehr feinen Partikel und damit die lungengängigen Fraktionen. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge dämpfen die Reduktionen der Partikelemissionen weniger deutlich, da auch PKW und leichte Nutzfahrzeuge ohne Dieselmotor zu den Aufwirbelungen beitragen. Das betrifft auch die große Anzahl der Benzin betriebenen PKW. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge der PM<sub>10</sub>-Belastungen sind überwiegend der gröberen Fraktion zuzuschreiben und damit gegenüber den sehr feinen Partikel weniger lungengängig.

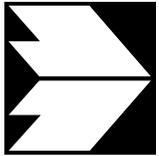
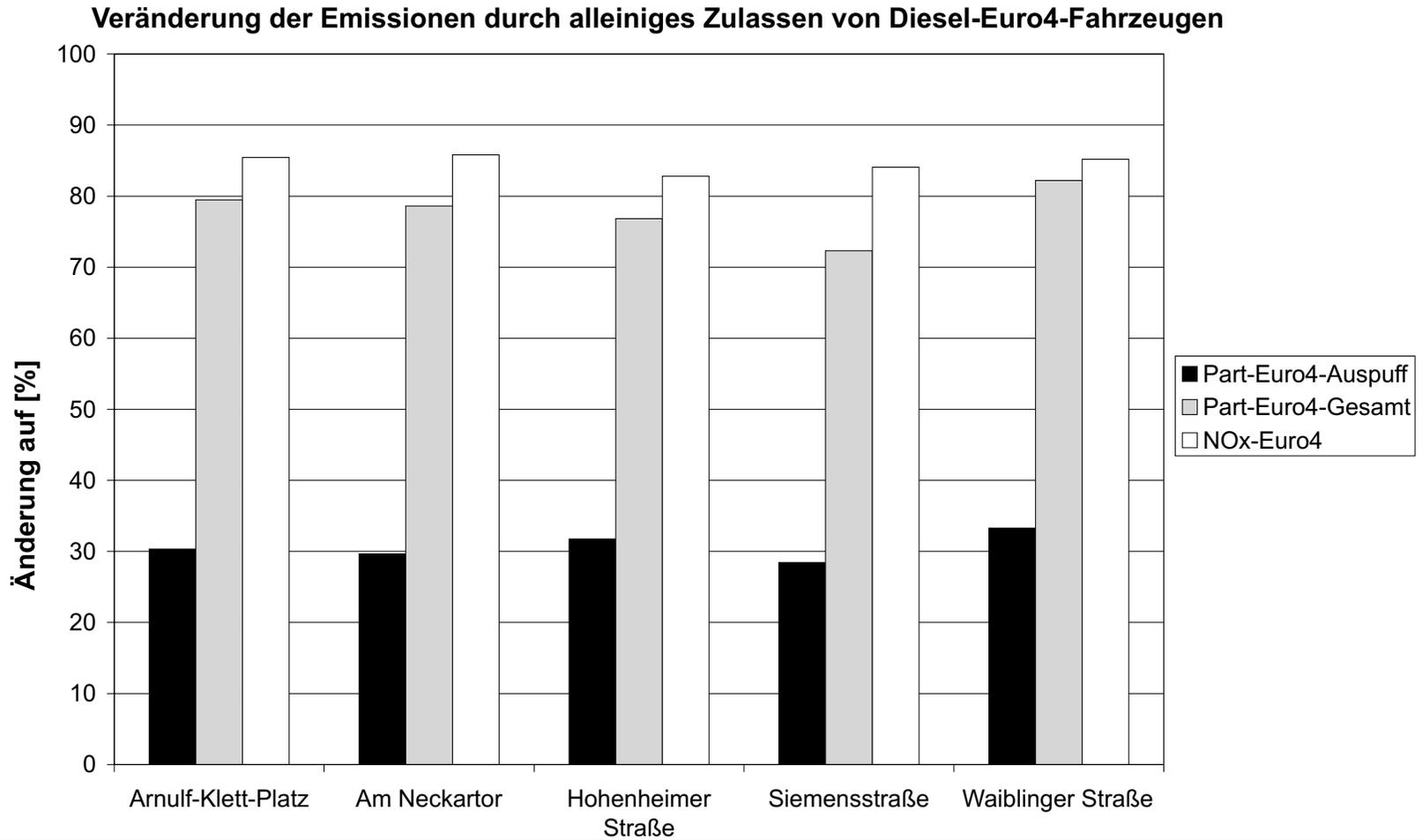


Abb. 4.1: Relativer Anteil der Emissionen mit Euro4-Ausstattung der Dieselfahrzeuge am Ausgangszustand für die fünf Straßenabschnitte getrennt nach "motorbedingten" und "nicht motorbedingten" Partikelemissionen sowie NO<sub>x</sub>-Emissionen

## 4.2 Auswirkungen auf Immissionen in den Straßenabschnitten

Seit Januar 2004 werden an den oben genannten Straßenabschnitten u.a. Tagesmittelwerte der PM<sub>10</sub>-Belastungen messtechnisch erfasst. Diese Tagesmittelwerte wurden durch die UMEG mbH bis Anfang November 2004 für die Stationen in Stuttgart zur Verfügung gestellt; diese umfassen folgende Stationen: Station Stuttgart-Bad Cannstatt, Station Stuttgart-Mitte-Straße, Station Stuttgart-Zuffenhausen, Spotmessung Am Neckartor, Spotmessung Hohenheimer Straße, Spotmessung Siemensstraße und Spotmessung Waiblinger Straße.

Auswertungen dieser Messdaten erlauben einen vorläufigen Überblick über die Anzahl der Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup>; weiterhin können die Daten zur Abschätzung und Unterscheidung der verkehrsbedingten Beiträge der Hauptverkehrsstraßen von der städtischen Grundbelastung herangezogen werden. Darauf wird im Folgenden kurz eingegangen. Diese Vorgehensweise ist erforderlich, um die Wirkung lokaler, Verkehrsemissionen beeinflussender Maßnahmen auf die Immissionen ableiten zu können; sie ist nicht als Vorgriff auf die derzeit in Arbeit befindliche Ursachenanalyse der Feinstaubbelastungen aufzufassen.

**Abb. 4.2** zeigt die gemessenen PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte der Stuttgarter Messstationen von Januar bis Anfang November 2004. Zusätzlich ist der Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> hervorgehoben. An der Darstellung ist zu erkennen, dass die höchsten Immissionen an der Station Am Neckartor erfasst werden und auch an den anderen Straßenmessstationen teilweise hohe Belastungen auftreten. Die Messdaten der Station Stuttgart-Bad Cannstatt liegen überwiegend unter denen der anderen Stuttgarter Messstationen.

Die Station Stuttgart-Bad Cannstatt wird als städtische Hintergrundstation (UBA-Katalog) eingestuft, obwohl eine Straße (Gnesener Straße) mit über 20 000 Kfz pro Tag wenige Meter daran vorbeiführt. Die Station Stuttgart-Zuffenhausen ist als städtisches Gebiet mit Verkehrseinfluss eingestuft und repräsentiert damit nicht die städtische Hintergrundbelastung.

Aus den Messdaten der PM<sub>10</sub>-Tagesmittelwerte wurden die Tage selektiert, an denen an mindestens einer der betrachteten Stationen eine Überschreitung von 50 µg/m<sup>3</sup> vorlag. Diese Daten wurden für die Station mit den höchsten Belastungen, der Station Am Neckartor, der Größe nach sortiert und sind in **Abb. 4.3** dargestellt. Zusätzlich ist der Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> hervorgehoben. Auch an dieser Darstellung ist zu erkennen, dass die höchsten Immissionen an der Station Am Neckartor erfasst werden und an den anderen Straßen-

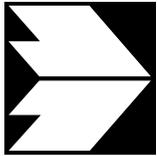
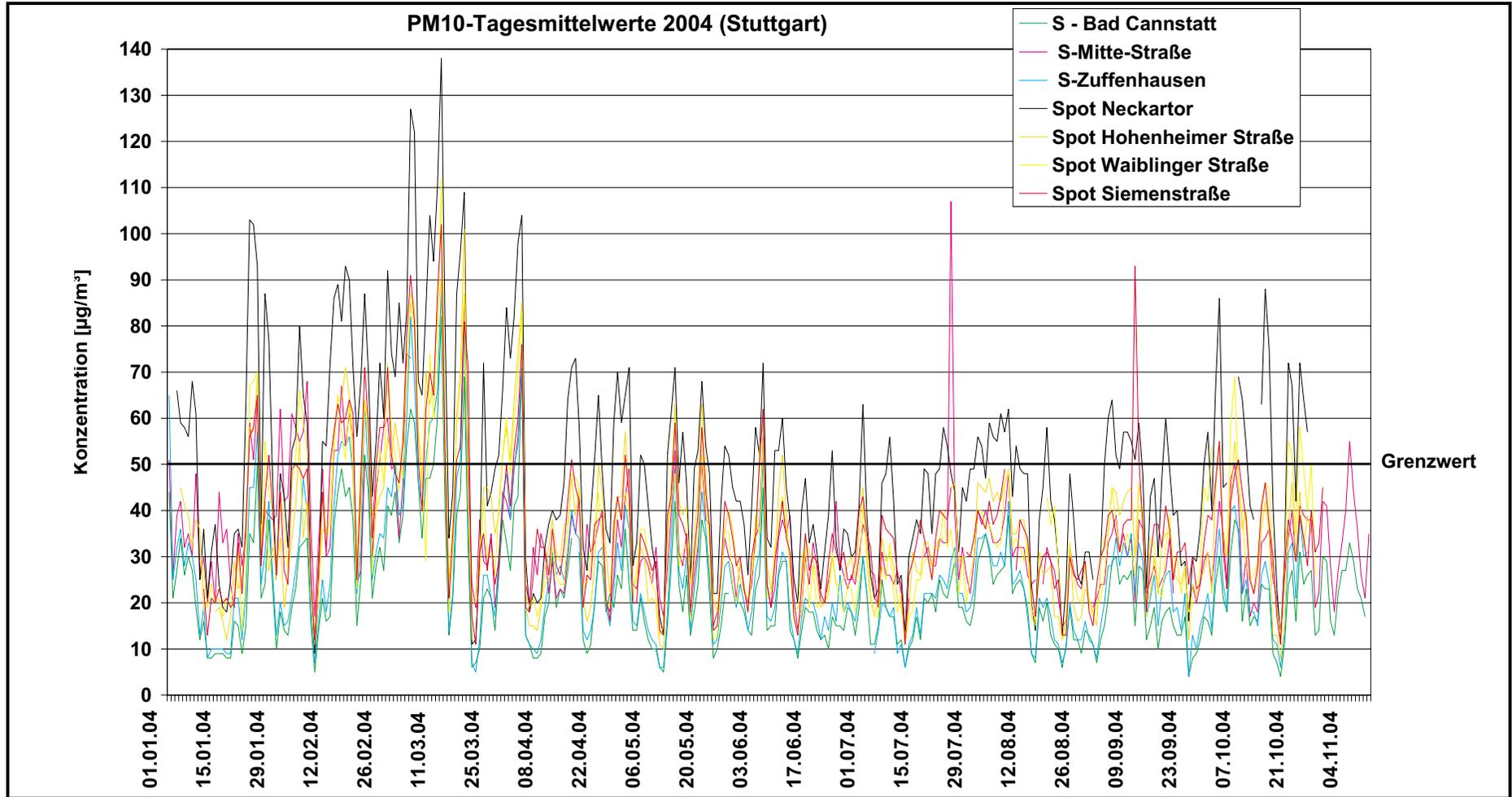


Abb. 4.2: Gemessene PM10-Tagesmittelwerte von Januar 2004 bis Anfang November 2004 an Messstationen in Stuttgart (Quelle: UMEG mbH)

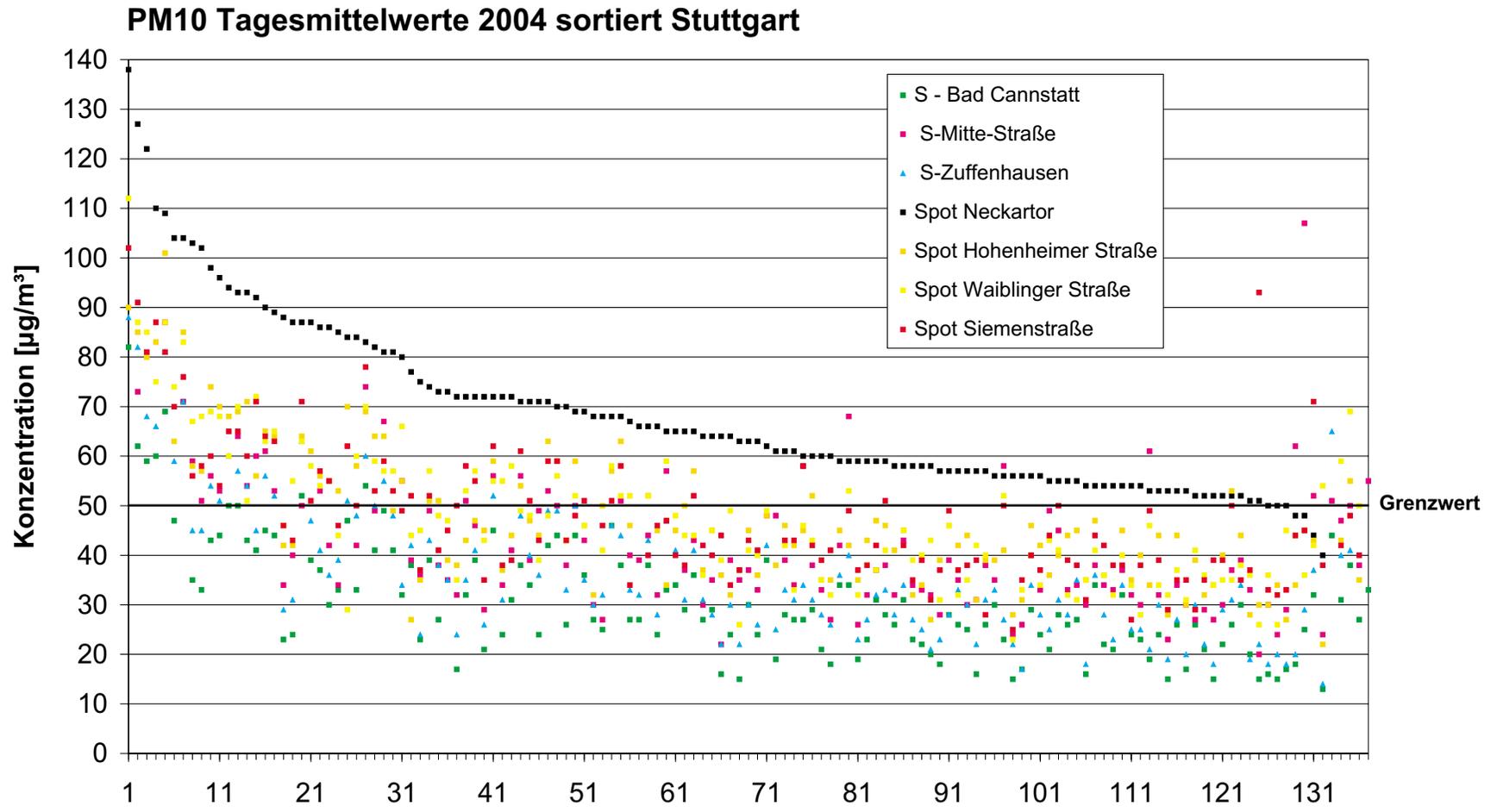


Abb. 4.3: PM10-Tagesmittelwerte für Tage, an denen an mindestens einer Station über  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erfasst sind, sortiert nach der Konzentration an der Station Am Neckartor

messstationen hohe Belastungen auftreten. Die Messdaten der Station Stuttgart-Bad Cannstatt liegen überwiegend unter denen der anderen Stuttgarter Messstationen, wobei an 8 Tagen auch an der Station Bad Cannstatt eine Überschreitung von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vorlag.

Aus den in **Abb. 4.3** dargestellten Daten wurde durch die Gegenüberstellung der Messdaten der jeweiligen Straßenmessstation mit der Station Bad Cannstatt der Anteil der verkehrsbedingten Zusatzbelastung abgeleitet und gemittelt. Mit dieser Vorgehensweise wird der Anteil der PM10-Immissionen beschrieben, der im Rahmen von verkehrsbezogenen Minderungsmaßnahmen beeinflusst werden kann. In **Tab. 4.3** sind die ermittelten relativen Anteile der Zusatzbelastungen aufgeführt.

<b>Straßenmessstation</b>	<b>Anteil [%]</b>
S-Mitte-Straße	29
Spot Neckartor	55
Spot Hohenheimer Straße	35
Spot Siemenstrasse	36
Spot Waiblinger Straße	36

Tab. 4.3: Abgeleiteter Anteil der verkehrsbedingten PM10-Zusatzbelastung an den Straßenmessstationen

Zusätzlich zu den genannten Stationen wurden im Internet auf den Seiten der LfU-Baden-Württemberg verfügbare Tagesmittelwerte der Umgebung von Stuttgart (z.B. Waiblingen, Bernhausen, Böblingen, Ludwigsburg) und einer ländlichen Hintergrundmessstation von Baden-Württemberg in diese Auswertungen einbezogen. Damit wird eine Einschätzung der an der Station Stuttgart-Bad Cannstatt erfassten PM10-Belastungen im Vergleich mit umliegenden städtischen Stationen möglich und zeigt auf, dass an den umliegenden Stationen überwiegend geringere PM10-Tagesmittelwerte erfasst werden. Damit liegt die oben beschriebene Ableitung der verkehrsbedingten Zusatzbelastungen der Straßenmessstationen eher auf der sicheren Seite, d.h. bezogen auf die Messdaten umliegender städtischer Stationen würden sich höhere Anteile der Zusatzbelastungen ergeben.

Für die Anwendung der vorgestellten Emissionsermittlung und der darauf aufbauenden möglichen Maßnahmen werden entsprechend der Vorgehensweise des vorangegangenen Gutachtens (Lohmeyer, 2003/5261) für die fünf Standorte Ausbreitungsrechnungen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS\_B durchgeführt, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zur Einschätzung bzw. Kalibrierung zu erhalten.

Diese aus den Messungen abgeleitete Zusatzbelastung wird mit den berechneten Emissionsminderungen durch die Euro4-Ausstattungen der Dieselfahrzeuge (Kap. 4.1) an der jeweiligen Station verschnitten und so eine neue Gesamtbelastung als Tagesmittelkonzentration berechnet. Aus diesen Daten wird wiederum die Anzahl der Überschreitungen abgeleitet und grafisch in **Abb. 4.4** dargestellt. Zusätzlich ist der ab 2005 geltende Grenzwert, d.h. 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , hervorgehoben. Für den Zeitraum Januar bis Anfang November 2004 zeigen die Messdaten an den fünf Straßenmessstationen für vier Stationen Überschreitungen des ab dem Jahr 2005 geltenden Grenzwertes. Am Neckartor liegt eine deutliche Überschreitung, an der Station Stuttgart-Mitte-Straße (Arnulf-Klett-Platz) keine Überschreitung vor. Mit der Berücksichtigung der Euro4-Ausstattungen der Dieselfahrzeuge wird die Anzahl der Tage mit Überschreitungen teilweise deutlich verringert. An zwei Stationen sind dennoch Überschreitungen des Grenzwertes abgeleitet.

In **Abb. 4.5** ist der relative Vergleich der abgeleiteten PM10-Belastungen der berücksichtigten technischen Maßnahme für den Kfz-Verkehr mit dem Ausgangszustand aufgezeigt. Dort sind als Balkengrafik die relativen Änderungen der Anzahl der Überschreitungen und die relativen Änderungen der abgeleiteten Konzentrationen dargestellt. Bezogen auf den Ausgangszustand sind mit der betrachteten Emissionsminderung noch zwischen 70 % und 83 % der Tage mit Überschreitungen von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten. Die Reduktion der Gesamtbelastungen fallen geringer aus, es werden bezogen auf den Ausgangszustand zwischen 88 % und 94 % der Ausgangskonzentrationen berechnet.

Aus diesen Ableitungen ist bezogen auf den genannten Betrachtungszeitraum zu schließen, dass mit technischen Maßnahmen für den Kfz-Verkehr die PM10-Belastungen nicht so weit reduziert werden können, dass die Einhaltung der erlaubten Überschreitungen der Tagesmittelwerte zu erwarten ist.

Zur weiteren Einstufung der möglichen Minderung der PM10-Belastungen aufgrund technischer Möglichkeiten für den Kfz-Verkehr wird in **Abb. 4.6** die entsprechend erforderliche Reduktion der Verkehrsbelastung aufgezeigt. Mit dem schwarzen Balken wird ausgedrückt, wie viel Prozent des Kfz-Verkehrs auf den jeweiligen Straßenabschnitten verkehren dürften, damit die selbe Emissionsminderung wie bei der oben beschriebenen technischen Maßnahme erzielt wird; danach dürften noch zwischen 72 % und 82 % des Kfz-Verkehrs verkehren.

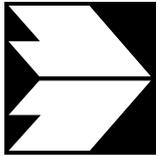
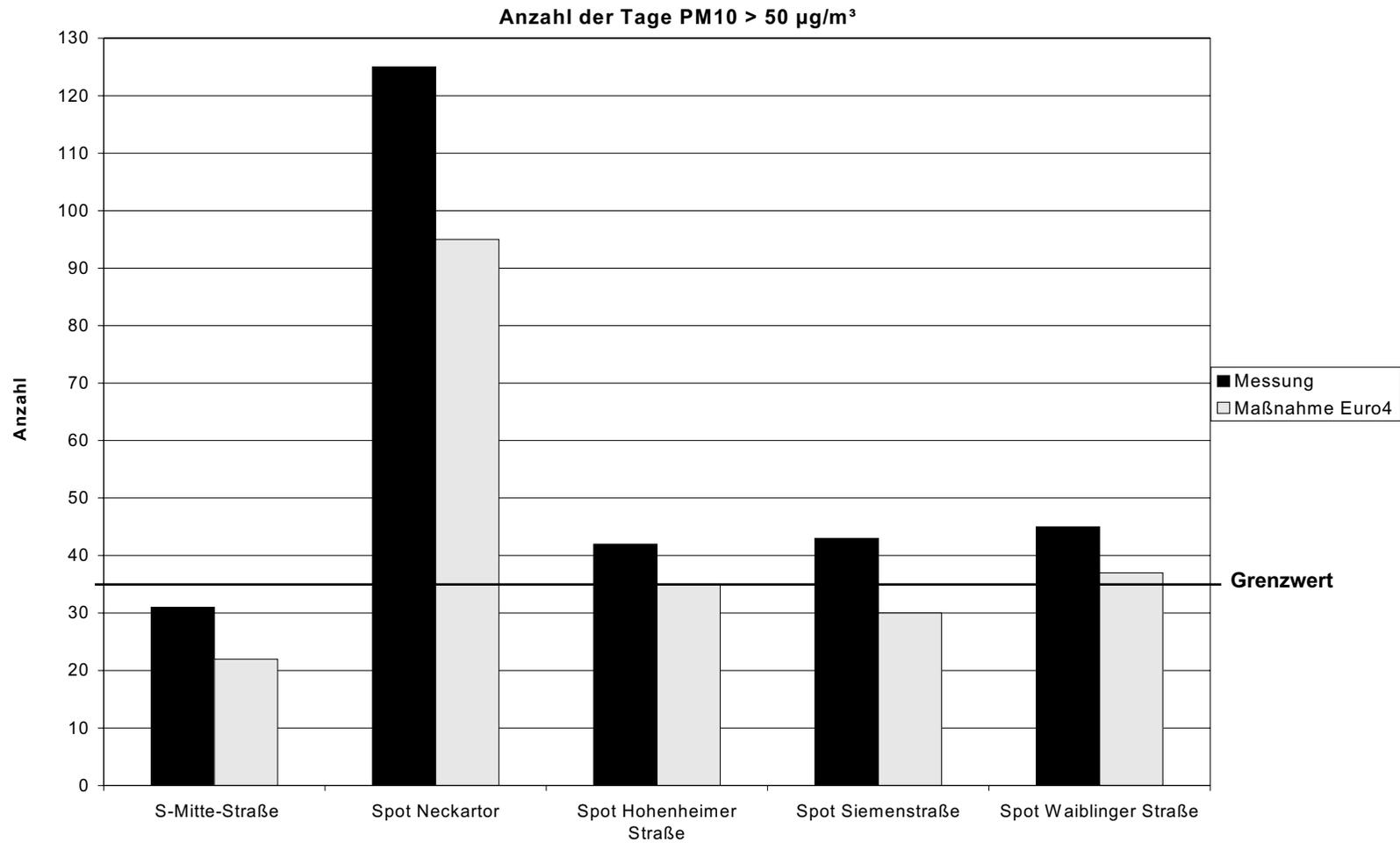


Abb. 4.4: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> für Messdaten (Jan. - Anfang Nov. 2004) und für die Maßnahme "nur Euro4-Ausstattung" für Dieselfahrzeuge

### Relative Änderung der Anzahl der Tage $PM_{10} > 50 \mu g/m^3$ und der Konzentration

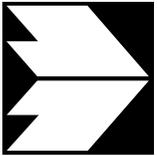
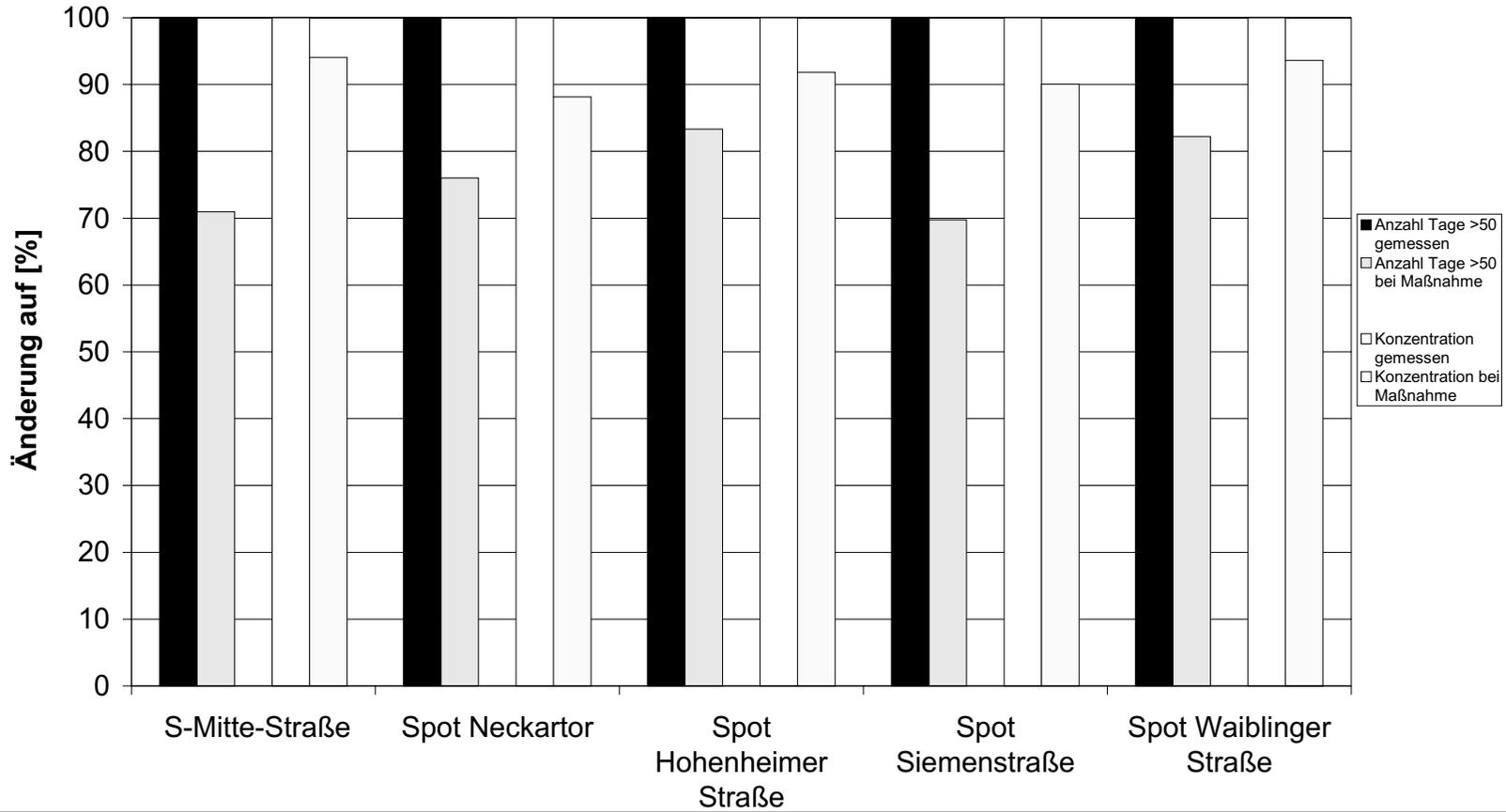


Abb. 4.5: Relativer Vergleich der Anzahl der Tage mit Überschreitungen des  $PM_{10}$ -Grenzwertes sowie der  $PM_{10}$ -Konzentrationen

### Alternativ: Verringerung des Verkehrs um Partikelemissionsminderung zu erzielen

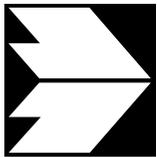
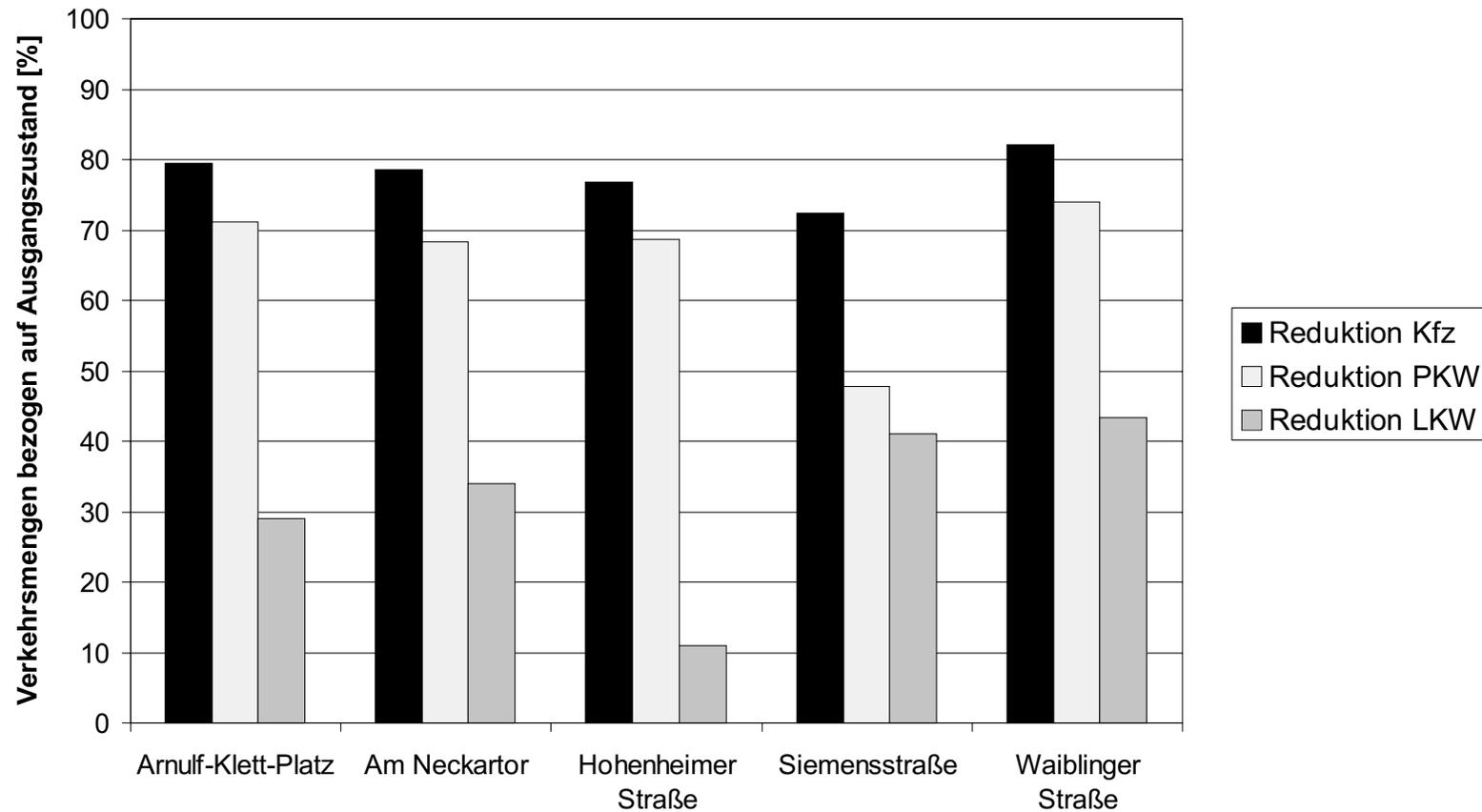


Abb. 4.6: Erforderliche Verkehrsreduzierung, um gleiche Emissionsminderungen wie bei Euro4-Ausstattung der Dieselfahrzeuge zu erzielen. Schwarz: Reduktion der Kfz, hellgrau: Reduktion des PKW- bei unverändertem LKW-Verkehr, dunkelgrau: Reduktion des LKW- bei unverändertem PKW-Verkehr

Für den hellgrauen Balken wurde vorausgesetzt, dass der LKW-Verkehr unbeeinflusst verkehren dürfte und nur eine Einschränkung für den PKW-Verkehr erzielt werden sollte; danach dürften noch zwischen 48 % und 74 % des PKW-Verkehrs verkehren. Für den dunkelgrau dargestellten Balken wurde vorausgesetzt, dass der PKW-Verkehr unbeeinflusst verkehren dürfte und nur eine Einschränkung für den LKW-Verkehr erzielt werden sollte; danach dürften noch zwischen 11 % und 43 % des LKW-Verkehrs verkehren.

## 5 MÖGLICHE MASSNAHME MIT VERKEHRSBESCHRÄNKUNG

Aus den in Kap. 4 beschriebenen möglichen Minderungspotentialen der PM10-Belastungen an Hauptverkehrsstraßen basierend auf technischen Möglichkeiten für den Kfz-Verkehr kann geschlossen werden, dass diese nicht an allen betrachteten Straßenabschnitten zur Einhaltung des Grenzwertes führen. Insbesondere aufgrund des „nicht motorbedingten“ PM10-Emissionsbeitrags ist eine Verringerung der Verkehrsbelastungen in den Straßenabschnitten an Tagen mit hohen PM10-Belastungen erforderlich.

Als mögliche und umsetzbare verkehrsbeschränkende Maßnahme kann das tageweise Ausschließen von Kfz entsprechend dem Kennzeichen angesehen werden. Dementsprechend wurde in Diskussionen mit dem Auftraggeber folgende Maßnahme gebildet:

**An Tagen mit hohen Schadstoffbelastungen dürfen an geraden Kalendertagen nur Kfz mit geraden Kennzeichen-Zahlen und an ungeraden Kalendertagen nur Kfz mit ungeraden Kennzeichen-Zahlen in Stuttgart fahren.**

Nachdem für Stuttgart noch keine Erfahrungen mit solch einer Maßnahme vorliegen, wird als vorläufige Annahme angesetzt, dass bei episodenhafter Anwendung dieser Maßnahme ca. 60 % des Kfz-Verkehrs an diesen Tagen verkehren. Entsprechend der Kennzeichenzahlen ist zu erwarten, dass im Mittel die Hälfte der verkehrenden Kfz jeweils von der Ausschließung an der Verkehrsteilnahme betroffen sind; die vorläufige Annahme beinhaltet, dass von den ausgeschlossenen Fahrten ca. 20 % auf Fahrten mit den erlaubten Kennzeichenziffern verlagert werden. Damit sind bezogen auf den Ausgangszustand noch ca. 60 % der verkehrsbedingten Emissionen an Partikeln und NO<sub>x</sub> in den Straßenabschnitten zu erwarten. Einflüsse durch Veränderungen der Fahrweisen aufgrund der Verkehrsreduzierung sind für die folgenden Abschätzungen nicht zu erwarten.

Wie in Kap. 4.2 werden diese modifizierten, verkehrsbedingten Beiträge auf die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen der jeweiligen Straßenabschnitte übertragen und zur Gesamtbelastung zusammengeführt. Aus diesen Daten wird wiederum die Anzahl der Überschreitungen abgeleitet und grafisch in **Abb. 5.1** dargestellt. Zusätzlich ist der ab 2005 geltende Grenzwert, d.h. 35 Überschreitungen des Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup>, hervorgehoben. Mit der Berücksichtigung der Kennzeichen-Regelung wird die Anzahl der Tage mit Überschreitungen teilweise deutlich verringert. An der Station Am Neckartor sind dennoch Überschreitungen des Grenzwertes abgeleitet; an den anderen betrachteten Stationen kann der Grenzwert entsprechend diesen Ableitungen eingehalten werden.

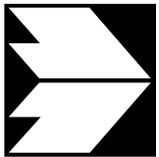
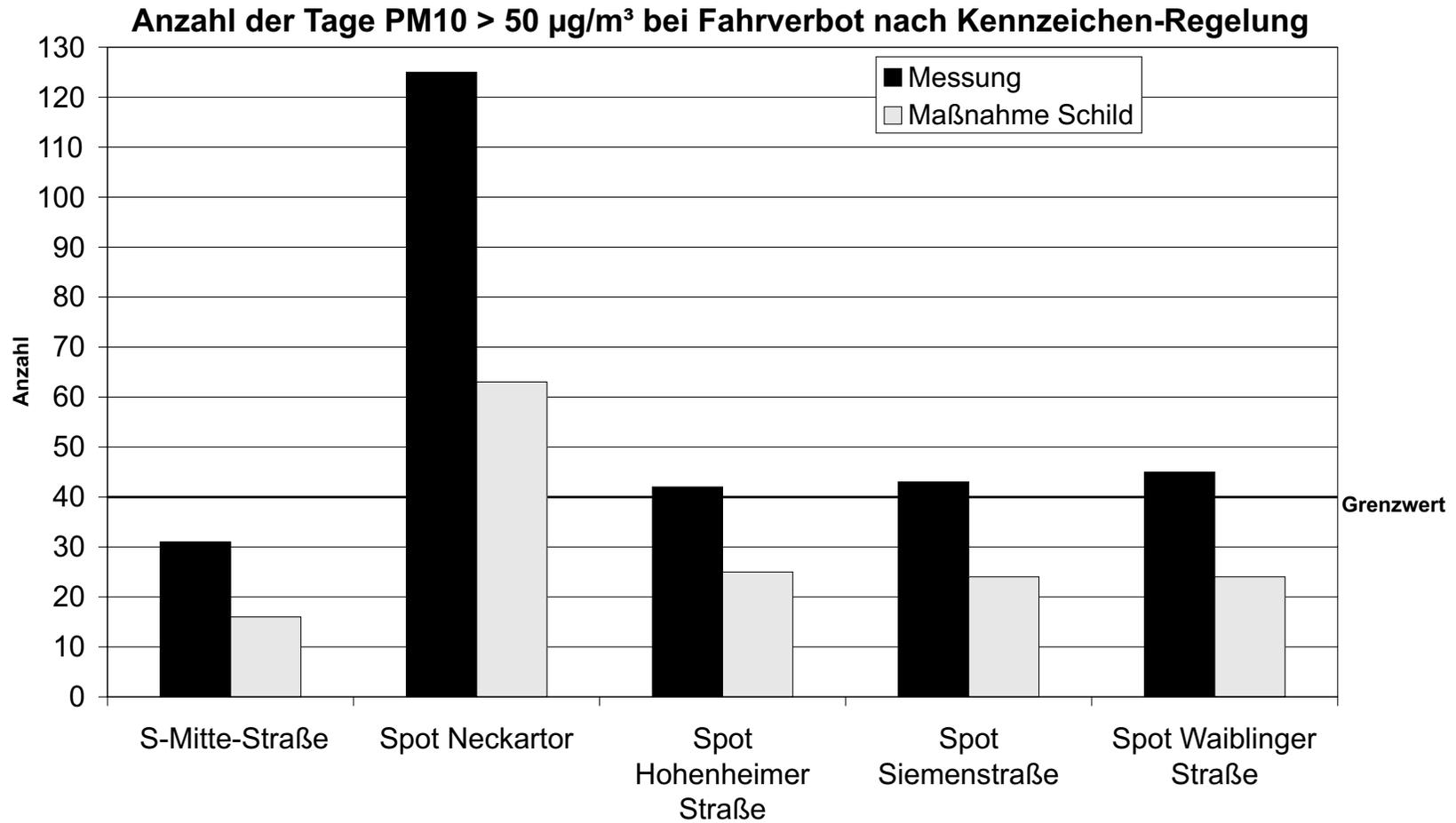


Abb. 5.1: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ für Messdaten (Jan. - Anfang Nov. 2004) und für die Maßnahme "Kennzeichen-Regelung"

In **Abb. 5.2** ist der relative Vergleich der abgeleiteten PM10-Belastungen der berücksichtigten Kennzeichenregelung für den Kfz-Verkehr mit dem Ausgangszustand aufgezeigt. Dort sind als Balkengrafik die relativen Änderungen der Anzahl der Überschreitungen und die relativen Änderungen der abgeleiteten Konzentrationen dargestellt. Bezogen auf den Ausgangszustand sind mit der betrachteten Emissionsminderung an den anderen betrachteten Straßenabschnitten zwischen 50 % und 60 % der Tage mit Überschreitungen von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten. Die Reduktion der Gesamtbelastungen fallen geringer aus, es werden bezogen auf den Ausgangszustand Am Neckartor ca. 78 % und an den anderen betrachteten Straßenabschnitten zwischen 86 % und 88 % der Konzentrationen abgeleitet.

Diese Abschätzungen korrespondieren gut mit Ergebnissen von Feldversuchen in Italien. Entsprechend den zusammenfassenden Darstellungen der Fachliteratur (CAFE, 2003) wurde in der Lombardei die Kennzeichenregelung für Tage mit hohen PM10-Belastungen zwischen 08.00 Uhr und 20.00 Uhr ein- und durchgeführt; dabei ergaben sich Reduktionen der Konzentrationen der PM10-Tagesmittelwerte um ca. 12 % bis 14 %. Bei kompletten Fahrverboten an Sonntagen wurden Reduktionen der PM10-Konzentrationen um ca. 35 % bis 45 % festgestellt. In der Region Emilia Romagna wurde die Kennzeichenregelung für Donnerstag für die Zeit von 08.30 Uhr bis 12.30 Uhr sowie von 14.30 Uhr bis 19.30 Uhr von Oktober 2002 bis März 2003 durchgeführt; damit wurden Reduktionen der PM10-Konzentrationen um ca. 10 % festgestellt.

### Relative Änderung der Anzahl der Tage $PM_{10} > 50 \mu g/m^3$ und der Konzentration nach Kennzeichenregelung

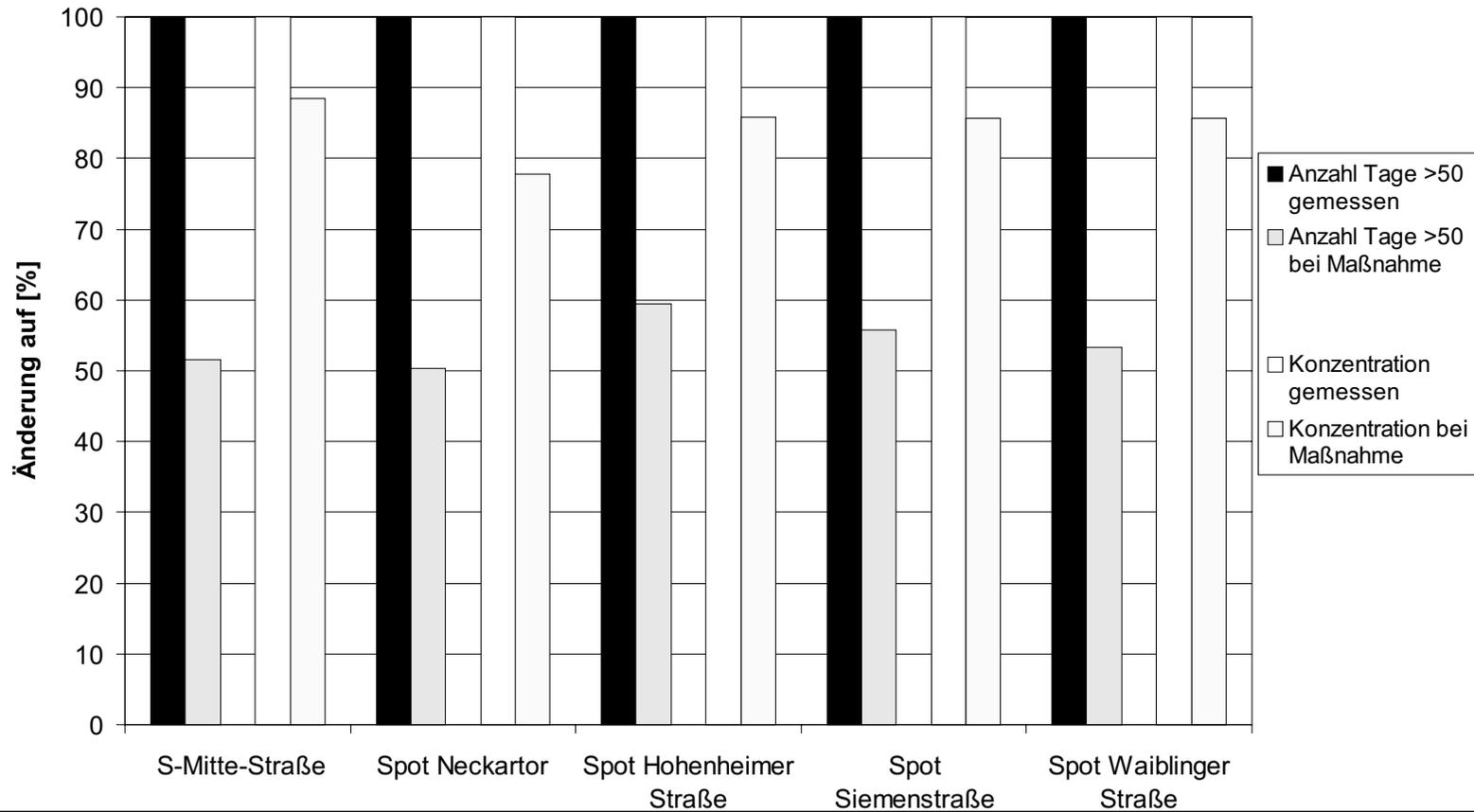


Abb. 5.2: Relativer Vergleich der Anzahl der Tage mit Überschreitungen des  $PM_{10}$ -Grenzwertes sowie der  $PM_{10}$ -Konzentrationen für die betrachtete Kennzeichenregelung

## 6 MASSNAHMEN AKTUELLER LUFTREINHALTEPLÄNE

### 6.1 Veranlassung der Erarbeitung von Luftreinhalteplänen

Seit September 2002 ist in Deutschland die aktualisierte „Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV) eingeführt, die eine Umsetzung der EG-Richtlinie 1999/30/EG in nationales Recht darstellt. Wesentliche, im Zusammenhang mit den auslösenden Kriterien für die Erarbeitung von Luftreinhalteplänen und die inhaltlichen Anforderungen an die Luftreinhaltepläne erarbeiteten Inhalte der 22. BImSchV werden folgend auszugsweise aufgeführt.

*Die zuständigen Behörden legen die Ballungsräume fest. Sie stufen jährlich Gebiete und Ballungsräume wie folgt ein:*

*Gebiete und Ballungsräume*

- 1. mit Werten oberhalb der Summe von Immissionsgrenzwert und Toleranzmarge;*
- 2. mit Werten oberhalb des Immissionsgrenzwertes bis einschließlich dem Wert aus Summe von Immissionsgrenzwert und Toleranzmarge;*
- 3. mit Werten gleich oder unterhalb des Immissionsgrenzwertes.*

*Beurteilung der Luftqualität:*

- 1. Die zuständigen Behörden haben die Luftqualität für die gesamte Fläche ihres Landes in einem bestimmten Zeitraum oder fortlaufend nach Maßgabe der nachfolgenden Absätze zu beurteilen. Die Einstufung jedes Gebiets oder Ballungsraums wird spätestens alle fünf Jahre überprüft. Sie wird bei signifikanten Änderungen der Konzentration der Schadstoffe früher überprüft.*
- 2. Die zuständigen Behörden haben zur Beurteilung der Konzentrationen der einzelnen Schadstoffe Messungen durchzuführen*
  - in Ballungsräumen, wenn die Werte die unteren Beurteilungsschwellen überschreiten,*
  - in Ballungsräumen bei Stoffen, für die Alarmschwellen festgelegt sind,*
  - in Gebieten, in denen die Werte die unteren Beurteilungsschwellen überschreiten.*

*Um angemessene Informationen über die Luftqualität zu erhalten, können für ihre Beurteilung ergänzende Modellrechnungen durchgeführt werden.*

- 3. Zur Beurteilung der Luftqualität kann eine Kombination von Messungen und Modellrechnungen angewandt werden, wenn die Werte über einen repräsentativen Zeitraum zwischen der oberen und der unteren Beurteilungsschwelle liegen.*

*Luftreinhaltepläne, Aktionspläne, Listen von Gebieten und Ballungsräume:*

- 1. Die zuständigen Behörden stellen die Liste der Gebiete und Ballungsräume auf, in denen die Werte eines oder mehrerer Schadstoffe die Summe von Immissionsgrenzwert und Toleranzmarge überschreiten.*
- 2. Die zuständigen Behörden erstellen eine Liste der Gebiete und Ballungsräume, in denen die Werte eines oder mehrerer Schadstoffe zwischen dem Immissionsgrenzwert und der Summe von Immissionsgrenzwert und Toleranzmarge liegen.*
- 3. Luftreinhaltepläne zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte umfassen mindestens die in Anlage 6 der 22. BImSchV aufgeführten Angaben. Luftreinhaltepläne zur Verringerung der Konzentration von PM10 müssen auch auf die Verringerung der Konzentration von PM2.5 abzielen.*

*Berichtspflichten:*

*Für die Berichterstattung an die Kommission der Europäischen Gemeinschaften übermitteln die zuständigen Behörden über die nach Landesrecht zuständige Behörde dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit oder der von ihm beauftragten Stelle:*

- 3. jährlich, spätestens sieben Monate nach Jahresende, die Liste der festgelegten Gebiete und Ballungsräume;*

4. soweit Alarmschwellen überschritten wurden, spätestens zwei Monate danach Informationen über die festgestellten Werte und über die Dauer der Überschreitungen;
5. soweit die Summen von Immissionsgrenzwerten und Toleranzmargen überschritten wurden,
  - spätestens sieben Monate nach Jahresende die festgestellten Werte und die Zeitpunkte oder Zeiträume ihres Auftretens sowie die Ursachen für jeden einzelnen festgestellten Fall,
  - spätestens 22 Monate nach Ablauf des Jahres, in dem die Werte festgestellt wurden, die Luftreinhaltepläne zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte ab den vorgesehenen Zeitpunkten.

In Plänen zur Verbesserung der Luftqualität zu berücksichtigende Informationen (Anlage 6 der 22. BImSchV):

1. Ort des Überschreitens
  - Region
  - Ortschaft (Karte)
  - Messstation (Karte, geographische Koordinaten)
2. Allgemeine Informationen
  - Art des Gebiets (Stadt, Industrie- oder ländliches Gebiet)
  - Schätzung des verschmutzten Gebietes (km<sup>2</sup>) und der der Verschmutzung ausgesetzten Bevölkerung
  - zweckdienliche Klimaangaben
  - zweckdienliche topographische Daten
  - ausreichende Informationen über die Art der in dem betreffenden Gebiet zu schützenden Ziele
3. Zuständige Behörden  
Name und Anschrift der für die Ausarbeitung und Durchführung der Verbesserungspläne zuständigen Personen
4. Art und Beurteilung der Verschmutzung
  - in den vorangehenden Jahren (vor der Durchführung der Verbesserungsmaßnahmen) festgestellte Konzentrationen
  - seit dem Beginn des Vorhabens gemessene Konzentrationen
  - angewandte Beurteilungstechniken
5. Ursprung der Verschmutzung
  - Liste der wichtigsten Emissionsquellen, die für die Verschmutzung verantwortlich sind (Karte)
  - Gesamtmenge der Emissionen aus diesen Quellen (Tonnen/Jahr)
  - Informationen über Verschmutzungen, die aus anderen Gebieten stammen
6. Lageanalyse
  - Einzelheiten über Faktoren, die zu den Überschreitungen geführt haben (Verfrachtung, einschließlich grenzüberschreitende Verfrachtung, Entstehung)
  - Einzelheiten über mögliche Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität
7. Angaben zu den bereits vor dem Inkrafttreten dieser Richtlinie durchgeführten Maßnahmen oder bestehenden Verbesserungsvorhaben
  - örtliche, regionale, nationale und internationale Maßnahmen
  - festgestellte Wirkungen
8. Angaben zu den nach dem Inkrafttreten dieser Richtlinie zur Verminderung der Verschmutzung beschlossenen Maßnahmen oder Vorhaben
  - Auflistung und Beschreibung aller im Vorhaben genannten Maßnahmen
  - Zeitplan für die Durchführung
  - Schätzung der zu erwartenden Verbesserung der Luftqualität und der für die Verwirklichung dieser Ziele vorgesehenen Frist
9. Angaben zu den geplanten oder langfristig angestrebten Maßnahmen oder Vorhaben
10. Liste der Veröffentlichungen, Dokumente, Arbeiten usw., die die in dieser Anlage vorgeschriebenen Informationen ergänzen

Entsprechend den Informationen des Umweltbundesamtes (Newsletter UBA aktuell 1/2004) wurden entsprechend den Messdaten für das Jahr 2002 in 9 Bundesländern (Berlin, Baden-Württemberg, Bayern, Bremen, Hessen, Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen,

Thüringen) die Erarbeitung von Luftreinhalteplänen ausgelöst. Für das Jahr 2003 werden in insgesamt 36 Kommunen, verteilt auf 14 Bundesländer (Brandenburg, Berlin, Baden-Württemberg, Bayern, Bremen, Hessen, Hamburg, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein, Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen) Beurteilungsschwellen zur Auslösung der Erstellung von Luftreinhalteplänen überschritten.

Entsprechend der Umfrage des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg bei den entsprechenden Bundesländern sowie Internet- und Literaturrecherchen wurden für Deutschland bis Ende November 2004 insgesamt 18 Luftreinhaltepläne bzw. Entwürfe der Luftreinhaltepläne der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Die entsprechenden Luftreinhaltepläne sind gruppiert nach Bundesländern in **Tab. 6.1** aufgeführt.

Land	Ort	Titel
Bayern	Ansbach	Luftreinhalteplan der Stadt Ansbach (Entwurf)
Bayern	Arzberg	Luftreinhalteplan für die Stadt Arzberg
Bayern	Augsburg	Luftreinhalteplan Augsburg (Entwurf)
Bayern	München	Luftreinhalteplan München (Entwurf)
Bayern	Nürnberg	Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Nürnberg–Fürth–Erlangen (Entw.)
Bayern	Passau	Entwurf des Luftreinhalteplans für die Stadt Passau
Bayern	Regensburg	Luftreinhalteplan für die Stadt Regensburg
Bayern	Schwandorf	Luftreinhalteplan für die Stadt Schwandorf
Bayern	Weiden	Luftreinhalteplan für die Stadt Weiden i.d. Opf.
Bayern	Würzburg	Luftreinhalteplan nach § 47 BImSchG für die Stadt Würzburg (Entwurf)
Brandenburg	Nauen	Luftreinhalteplan für die Stadt Nauen (Entwurf)
Bremen	Bremen	Luftreinhalteplan im Land Bremen (Internetseite)
Hamburg	Hamburg	Luftreinhalteplan für die Freie und Hansestadt Hamburg
Hessen	Rhein-Main	Luftreinhalteplan für den Ballungsraum Rhein-Main (Entwurf)
Nordrhein-Westfalen	Duisburg	Luftreinhalteplan Duisburg-Nord
Nordrhein-Westfalen	Düsseldorf	Luftreinhalteplan Düsseldorf – Südliche Innenstadt (Entwurf)
Nordrhein-Westfalen	Hagen	Luftreinhalteplan für den Bereich Hagen Innenstadt (Entwurf)
Thüringen	Erfurt	Luftreinhalteplan Erfurt (Vorentwurf)

Tab. 6.1: Bis Ende November 2004 veröffentlichte Luftreinhaltepläne bzw. Entwürfe der Luftreinhaltepläne in Deutschland

Bis auf den Luftreinhalteplan für Passau, der bei den Internetabfragen nicht herunterladbar war, wurden die genannten gesichtet und insbesondere hinsichtlich der genannten Maßnahmen für den Kfz-Verkehr ausgewertet. Weiterhin konnte ein Luftreinhalteplan für Basel (Schweiz) sowie für Österreich erstellte Statusberichte (Messdatenauswertungen) und die darauf basierenden Maßnahmenvorschläge einbezogen werden.

## **6.2 Zusammenfassende Kurzbeschreibung der Inhalte der Luftreinhaltepläne**

In den Luftreinhalteplänen werden jeweils überwiegend die Messdaten der letzten Jahre für die im Ballungsraum bzw. ausgewiesenen Gebiet gelegenen Messstationen dargestellt; die Auslösung basiert überwiegend auf den Messdaten des Jahres 2002. Im Jahr 2003 waren zeitweise ungünstige Ausbreitungsbedingungen gegeben, sodass auch im Jahr 2003 die entsprechenden Beurteilungswerte überschritten, teilweise deutlicher als im Jahr 2002 überschritten wurden. Diese Sachlage wird überwiegend im Rahmen der Luftreinhaltepläne aufgezeigt und diskutiert.

Für 9 der genannten Gebiete war allein der PM10-Kurzzeitbelastungswert, für 2 Gebiete allein der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert die auslösende Komponente, für 1 Gebiet waren der PM10-Kurzzeitbelastungswert und der PM10-Jahresmittelwert, für 3 Gebiete der PM10-Kurzzeitbelastungswert und der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert und für 2 Gebiete die NO<sub>2</sub>- und PM10-Jahresmittelwerte sowie der PM10-Kurzzeitbelastungswert die auslösenden Komponenten.

Bei 14 Luftreinhalteplänen wurden unterstützend auch Immissionsberechnungen durchgeführt, um einen Überblick über die Luftschadstoffbelastungen in weiteren Bereichen der Stadtgebiete zu erhalten; diese berechneten Werte wurden nicht als auslösende Informationen für die Erarbeitung der Luftreinhaltepläne aufgefasst sondern als zusätzliche Informationen.

Die Ursachenanalyse basiert bei allen betrachteten Luftreinhalteplänen auf Messdatenauswertungen im Zusammenhang mit Emissionskatastern sowie mit Ausnahme eines Falles auf unterstützende Ausbreitungsberechnungen. Die verwendeten Berechnungsverfahren sind jedoch sehr unterschiedlich. Sie reichen von der Anwendung von MLuS (wobei dieses Verfahren innerorts nicht anwendbar ist) über einfache Screening-Verfahren für innerörtliche Straßenabschnitte mit Randbebauung (mit denen die Kfz-verkehrsbedingten Zusatzbelastungen berechnet und mit einer vorzugebenden Hintergrundbelastung zur Gesamtbelastung zusammengefasst wird), über Straßennetzmodelle mit Randbebauungstypisierung (mit denen auch Einflüsse umliegender Straßen berücksichtigt werden), über komplexe Strö-

mungs- und Ausbreitungsrechnungen (z.B. entsprechend TA Luft mit flächenbezogenen Auswertungen) bis zu mesoskaligen Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen für regionale und überregionale Einflüsse und zu mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsberechnungen mit Berücksichtigung von Gebäudeumströmungen. Aus diesen Informationen werden die Anteile der unterschiedlichen Emissionsgruppen wie Kfz-Verkehr, sonstiger Verkehr, genehmigungsbedürftige Anlagen, nichtgenehmigungsbedürftige Anlagen, Hausbrand, regionale Einflüsse, sonstige Einflüsse und Ferntransport am erfassten Messwert abgeleitet und angegeben.

Für die Feinstaubbelastungen werden für den Anteil des Kfz-Verkehrs unterschiedliche Vorgehensweisen und Ansätze bezüglich der „nicht motorbedingten“ Beiträge verwendet, sodass eine deutliche Streuung dieser Angaben vorliegt.

Ein Luftreinhalteplan nennt als relevante Ursache industrielle bzw. gewerbliche Nutzungen, ein anderer Luftreinhalteplan nennt als wesentliche Ursache Emittenten der näheren und weiteren Umgebung. Alle anderen Luftreinhaltepläne sehen lokal den Kfz-Verkehr als wesentliche Ursache für die hohen Luftschadstoffbelastungen an.

Alle Luftreinhaltepläne enthalten Aussagen zur voraussichtlichen Entwicklung der jeweils betrachteten Schadstoffe entsprechend den auslösenden Komponenten, wobei für 8 Gebiete Prognoseberechnungen angeführt werden. Für drei Gebiete werden berechnete Angaben der zu erwartenden Minderungen der Immissionen angegeben, für ein Gebiet Verringerungen der Emissionen einzelner Emissionsgruppen und für die anderen wird verbal eine Einschätzung gegeben, ob für das betrachtete Prognosejahr aufgrund der voraussichtlichen Entwicklung eine Einhaltung der jeweiligen Beurteilungswerte zu erwarten ist.

In allen betrachteten Luftreinhalteplänen wird auf geplante Maßnahmen eingegangen, die im folgenden Kapitel beschrieben werden.

### **6.3 In den Luftreinhalteplänen genannte Maßnahmen**

In einem der betrachteten Luftreinhaltepläne sind keine geplanten Maßnahmen aufgeführt, da die bereits eingeleiteten Maßnahmen und die Entwicklungen im Betrachtungsgebiet und dessen Umgebung eine Verringerung der Luftschadstoffbelastungen erwarten lassen, die zur Vermeidung von Überschreitungen der Beurteilungswerte führen.

In einem der betrachteten Luftreinhaltepläne sind nur geplante Maßnahmen für industrielle und gewerbliche Anlagen, nicht aber für den Kfz-Verkehr aufgeführt, da wesentliche Beiträge durch die Anlagen verursacht werden.

Alle anderen betrachteten Luftreinhaltepläne enthalten Angaben von geplanten Maßnahmen, um die Beiträge des Kfz-Verkehrs zu verringern. Von diesen Luftreinhalteplänen werden in 6 Fällen keine Vorschläge für Anlagen und sonstige Emittentengruppen aufgeführt.

Insgesamt werden in den betrachteten Luftreinhalteplänen 231 Maßnahmen für den Kfz-Verkehr genannt. Teilweise finden Unterscheidungen der Maßnahmen statt, indem sie mit dem Vermerk „sofern notwendig“ oder im Zusammenhang mit möglichen 2. Maßnahmestufen versehen sind. Diese wurden hier in die Auswertungen auch einbezogen.

Von den vorliegenden Luftreinhalteplänen heben sich die beiden für Nauen (Brandenburg) und Erfurt (Thüringen, Vorentwurf) inhaltlich deutlich ab, da dort für insgesamt 9 Maßnahmen konkret berechnete Minderungen der Immissionen aufgeführt sind. Das entspricht ca. 4 % der gesamten genannten Maßnahmen. Damit werden örtlich umsetzbare Maßnahmen aufgezeigt, wie z.B. Sperrung eines Straßenzuges für LKW, Verbesserung des Straßenzustandes (Asphaltierung), Neugestaltung von Straßenräumen und Kreuzungsumgestaltungen. In 2 weiteren Luftreinhalteplänen (Würzburg, Düsseldorf) werden Abschätzungen der Auswirkungen von auf die Immissionen angegeben.

In 3 weiteren Luftreinhalteplänen (Hagen, München, Nürnberg/Erlangen/Fürth, Würzburg) werden für insgesamt 4 geplante Maßnahmen Angaben über die Verringerung von Emissionen genannt. Das umfasst Maßnahmen wie City-Logistik, Einführung von Tempo 30, Neubau einer Umfahrungsstraße, innerstädtische Tunnelstrecken, Verkehrskonzept für einen Stadtteil und die vorzeitige Umrüstung von Bussen auf schadstoffarme Motorenkonzepte.

In 3 weiteren Luftreinhalteplänen (Augsburg, Regensburg, Schwandorf) werden für insgesamt 6 geplante Maßnahmen Angaben über die Verringerung der Fahrleistung der Kfz beschrieben. Das entspricht ca. 3 % der gesamten genannten Maßnahmen. Es handelt sich um Maßnahmen wie Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen bei Rückbau von Stadtachsen, City-Logistik und die Inbetriebnahme eines Güterverkehrszentrums.

In **Tab. 6.2** sind diejenigen Maßnahmen aufgeführt, für die Angaben der Wirkungen auf die Verringerung der Immissionen oder der Emissionen oder der Fahrleistung genannt werden. Die Maßnahmen mit Angaben der berechneten Verringerungen der Immissionen sind an die lokalen Verhältnisse angepasst und damit sehr speziell. Die Entlastungswirkungen stehen in

Maßnahme – Kfz-Verkehr	Berechnete Verkehrs-entlastung	NO <sub>2</sub> bzw. NO <sub>x</sub>	PM10
Sperrung Bergstraße für den Kfz-Verkehr 2005		-47 % Immission	-32 % Immission
Umgestaltung Stadtring Nord 2008		-43 % Immission	-29 % Immission
Verbesserung Straßenzustand + Sperrung für LKW + Reduktion Gesamthintergrundniveau		-15 - -13 % Immission	-27 - -25 % Immission
Umgestaltung der Kreuzung Rathausplatz			0-6 %
Verbesserung Straßenzustand + Sperrung für LKW		-10 - -13 % Immission	-21 - -19 % Immission
Asphaltierung der Bergstraße 2005 bzw. 2008		0 % Immission	-17 % Immission
Verringerung des Gesamthintergrundniveaus um 10 %		-2 % Immission	-7 % Immission
City-Maut	-16 %	bis -11 % Immission	bis -7 % Immission
Sperrung Bergstraße für den LKW-Verkehr 2005 bzw. 2008		-10 - -13 % Immission	-6 - -3 % Immission
Neugestaltung des Straßenraumes in der Berliner Straße			-4 % Zusatz- Immission
Westumgehung von Würzburg	bis -18 %	bis -5 % Immission	bis -3 % Immission
Summe aller Maßnahmen für Kfz-Verkehr, Düsseldorf		-30 % Emission, -11 % Immission	
Vorzeitige Umrüstung der Busse der Hagener Straßenbahn AG		-30 % Emission	x
Tunnelstrecken (3 innerstädtische Tunnel)	-50 %	x	x
Ausbau Ring- und Ausfallstraßen, Rückbau von Stadtachsen	bis -48 % Kfz		
Fahrbeschränkungen und Fahrverbote: „Umweltfreundliche Zone“ ab EURO3 in Innenstadt	bis -30 % Kfz, -40 % LKW		
City-Logistik	bis -7 % Kfz, -33 % LKW		
Fahrbeschränkungen und Fahrverbote: „Umweltfreundliche Zone“: Sperrung für LKW-Durchgangsverkehr	bis -5 % Kfz, -90 % LKW		
Güterverkehrszentrum	bis -5 % Fahrleistung		
City-Logistik	x	x	x
Verkehrskonzept Münchner Osten	x	x	x
Tempo 30		x	x
Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen: Bau der Ostumgehung	x		
Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen: Bau der Sallerner Regenbrücke mit Anbindung der Nordgaustraße an die Autobahn-Anschlussstelle Regensburg Nord	x		
Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen	x		

Tab. 6.2: Liste der Maßnahmen, für die in den Luftreinhalteplänen Angaben der Wirkungen auf die Verringerung der Immissionen oder der Emissionen oder der Fahrleistung genannt sind (x = ohne quantitative Angabe bzw. ohne relative Minderungsangabe)

sehr engem Zusammenhang mit den von den Sperrungen betroffenen Fahrzeuggruppe und können für PM10 bis ca. 30 % und für NO<sub>2</sub> bis ca. 45 % reichen, wobei bei den betrachteten Maßnahmen für PM10 überwiegend Minderungen um 20 % und für NO<sub>x</sub> um 10 % aufgeführt sind. Die Emissionsreduktionen umfassen ca. 30 % für diejenigen Maßnahmen, für die quantitative Angaben genannt in den Luftreinhalteplänen werden. Die Maßnahmen mit Verringerung der Fahrleistungen beziehen sich überwiegend auf Fahrverbote bzw. Fahrbeschränkungen für bestimmte Fahrzeuge und weisen teilweise sehr hohe Entlastungen auf, d.h. für Kfz bis 30 %, für LKW bis 40 %, für spezielle LKW-Fahrverbote bis 90 % bei nur 5 % Verringerung des Kfz-Verkehrs. Weiterhin sind mit dem Bau von Ortsumfahrungen in innerörtlichen Bereichen deutliche Entlastungen verbunden (bis 48 % für Kfz). Güterverkehrszentren und City-Logistik führen zu leichten Verringerungen der Kfz-Fahrleistungen (ca. 5 %), teilweise aber zu deutlichen Verringerungen der LKW-Fahrleistungen (ca. 33 %).

Die relativ geringe Anzahl der quantitativen Entlastungswirkungsangaben zeigt einerseits mögliche Wirkungen auf, lässt andererseits aber keine Ableitungen einer Rangliste effektiver Maßnahmen zu, die auf andere Luftreinhaltepläne übertragbar wären.

Zu allen anderen Maßnahmen sind keine Angaben über deren Wirksamkeit in den Berichten enthalten; das betrifft ca. 90 % der genannten Maßnahmen. Die in den Luftreinhalteplänen genannten Maßnahmen für den Kfz-Verkehr entsprechen weitgehend denen, die im Schlussbericht des Ad hoc-Arbeitskreises „Maßnahmenplanung“ des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI, 2001) aufgeführt sind. Sie sind an die örtlichen Gegebenheiten angepasst und teilweise durch konkrete lokale Planungen ergänzt. In dem Schlussbericht des LAI sind auch grob klassifiziert Hinweise auf die Wirksamkeit der jeweiligen Maßnahmen gegeben. Weiterhin enthält der Bericht „Emissionsmindernde Maßnahmen im Straßenverkehr – Übersicht und Ansätze zur Bewertung“ (LfU Baden-Württemberg, 2004) Angaben über Maßnahmen inklusive Hinweisen auf die Wirksamkeit. Durch den Rückgriff auf die jeweiligen, in der Fachliteratur beschriebenen Maßnahmen bei der Erarbeitung der Luftreinhaltepläne werden die entsprechenden Minderungswirkungen impliziert.

Die in den Luftreinhalteplänen erwähnten Maßnahmen wurden zusammenfassenden Maßnahmegruppen zugeordnet und sind inklusive der Häufigkeit der Nennungen in **Tab. 6.3** aufgeführt. Die größte Anzahl der genannten Maßnahmen beziehen sich auf Förderungen des ÖPNV, es folgen auf Verkehrsverflüssigung auf den Hauptverkehrsstraßen, Verkehrlenkungen, Flottenumstellungen zur Senkung der Emissionen mit technischen Möglichkeiten, Sperrungen bzw. Einschränkungen für Teile des Verkehrs und Ortsumfahrungen. Im Anhang A2 ist eine Liste der genannten Maßnahmen und Städte aufgeführt.

Maßnahmen der Sperrungen bzw. Einschränkungen für Teile des Verkehrs werden überwiegend nicht an erster Stelle aufgeführt, sondern mit dem Vermerk „sofern notwendig“ oder im Zusammenhang mit möglichen 2. Maßnahmestufen genannt.

<b>Maßnahmengruppe</b>	<b>Anzahl</b>
Flottenumstellung	20
Geschwindigkeitsverringern	6
Neugestaltung Straßenraum	9
Ortsumfahrung	19
Verkehrsverflüssigung	33
Verkehrslenkung	20
Einbahnstraßenregelungen	2
Sperrung, Einschränkung	19
Maut	5
City-Logistik	8
Parkraummanagement	9
P+R	3
Fahrrad	8
Fußgänger	6
ÖPNV	46
Öffentlichkeitsarbeit	4
Informationssysteme	8
Sonstige	6

Tab. 6.3: In den betrachteten Luftreinhalteplänen genannte Maßnahmengruppen für den Kfz-Verkehr und die Häufigkeit der Nennungen

Ergänzend werden folgend zwei in Deutschland eingeleitete Maßnahmen kurz angeführt, die zwar nicht in Luftreinhaltepläne integriert sind, aber aus Gründen der Verringerung der Luftschadstoffbelastungen initiiert wurden.

Erfahrungen mit der City-Maut wurden in Deutschland in Monschau gemacht, indem die Zufahrt in die Innenstadt nur mit einem entsprechenden Ticket erlaubt ist, mit dem die jeweilige Schranke der Innenstadtzufahrt geöffnet werden kann. Detaillierte Beschreibungen der City-Maut von Monschau werden gerade zusammengestellt und sind für die Auswertungen in diesem Bericht noch nicht verfügbar.

In Düsseldorf wird in einem einjährigen Feldversuch überprüft, ob die wöchentliche Wäsche eines Straßenabschnittes zu Verringerungen der PM10-Belastungen führen. Die Wäsche wird im Nahbereich einer bestehenden Luftmessstation durchgeführt. Diese Vorgehensweise sollte sich auf die „nicht motorbedingten“ Beiträge der PM10-Emissionen auswirken. Auswertungen des Feldversuchs liegen derzeit noch nicht vor.

## 6.4 Maßnahmenbeschreibungen außerhalb der deutschen Luftreinhaltepläne

Ergänzend zu den Erhebungen der in Deutschland verfügbaren Luftreinhaltepläne wurden entsprechende Berichte bzw. Nennungen und Beurteilungen von Maßnahmen zur Verringerung der Luftschadstoffbelastungen im europäischen Ausland gesucht. Weiterhin liegen teilweise Angaben über mögliche Maßnahmen und deren Wirkungen als Hintergrundinformationen für die Erstellung von Luftreinhalteplänen vor, die u.a. im Folgenden aufgeführt werden.

Für Basel ist ein Luftreinhalteplan verfügbar, der inhaltlich mit den in Deutschland erstellten vergleichbar ist. Allerdings gelten andere Beurteilungswerte, sodass als auslösende Komponenten NO<sub>2</sub>- und PM10-Jahresmittelwerte sowie PM10-Kurzzeitbelastungen wirksam wurden. Ursachenanalysen und flächenhafte Darstellungen werden intensiv durch Ausbreitungsrechnungen unterstützt. Für nahezu alle aufgeführten geplanten Maßnahmen liegen berechnete Angaben der Wirksamkeit hinsichtlich der Emissionsreduktion vor. Diese sind in **Tab. 6.4** aufgeführt.

geplante Maßnahmen für Verkehr	NO <sub>x</sub>	PM10
1-1 Koordination Raumplanung und Luftreinhaltung	-0.5 %	-1.3 %
1-2 Strassenraumgestaltung und -organisation	-1.8 %	-4.3 %
1-3 Parkraumbewirtschaftung		
1-4 Emissionsminderung bei Linienbussen des ÖV	-0.5 %	-0.4 %
1-5 Emissionsminderung bei Nutzfahrzeugen	-1.0 %	-0.8 %
1-6 Emissionsminderung bei Personenwagen	-0.5 %	-0.8 %
1-7 Ökologisierung Kfz-Steuer		
1-8 Minderung von PM10-Emissionen im Verkehr		-17.4 %
1-9 Integriertes Mobilitätsmarketing	-0.5 %	-1.3 %
1-10 Transport von Massengütern mit der Bahn	-1.2 %	-0.4 %
1-11 Optimierung Transportketten Güterverkehr	-2.7 %	-1.7 %
1-12 Flank. Massn. zu Strassenbauprojekten		
1-13 Emissionsbegrenzung bei Motorrädern	-0.1 %	

Tab. 6.4: Angabe der geplanten Maßnahmen und deren emissionsseitige Minderung für NO<sub>x</sub> und PM10 aus dem Luftreinhalteplan Basel

Die Minderung von PM10-Emissionen im Verkehr werden als Reduktionspotenzial unter der Annahme angesehen, dass mit technischen Massnahmen bis rund 20% des Strassen- und

10% des Schienenabriebs sowie der aufgewirbelten PM10-Partikel vermieden werden können.

In Österreich wurden u.a. in den Städten Klagenfurt, Graz und Bozen Grenzwertüberschreitungen von PM10-Tagesmittelwerten festgestellt. Im Rahmen des EU-LIFE Projektes KAPAS (Klagenfurts Anti PM10 Aktionsprogramm mit Graz und Südtirol) werden „Verursachergerechte“ Maßnahmen getestet und evaluiert. Für den Kfz-Verkehr sind das folgende Maßnahmen: Autofreie Tage, befristete Straßensperren, Attraktivierung des Öffentlichen Verkehrs, Public Awareness Kampagne, GreenCityCard in Klagenfurt (Gratis Bus-Tickets bei einem Einkauf ab € 30 in den Innenstadtgeschäften) und Park + Ride mit Anti-PM10-Shuttle in Klagenfurt.

In der Steiermark wurde im Februar 2004 beschlossen, dass im Großraum Graz sowie Voitsberger Becken Geschwindigkeitsbeschränkungen für alle Kfz und Straßenkategorien von November bis März gelten. In Ortsgebieten 30 km/h (ausgenommen gekennzeichnete Vorrangstraßen), auf Autobahnen 80 km/h und auf übrigen Freilandstraßen 70 km/h.

In Graz wurden folgende Maßnahmen im Bericht des Umweltamtes an den Gemeinderat aufgeführt: Freiwilliger „autofreier Tag“, Forcierung der Bildung von „Carpools“ (Überprüfung einer Mitbenutzung von Busfahrstreifen für Fahrzeuge mit einer Mindestbesetzung von 3 Personen), Fortführung der Planungsmaßnahmen gemäß der beschlossenen Prioritätenliste im Bereich „Öffentlicher Verkehr“; Sicherung des derzeitigen ÖV Angebotes (Beschleunigungsmaßnahme Brückenkopfgasse, Busbeschleunigung St- Peter Hauptstraße), Nachrüstaktion für GVB-Busse und Magistratsfahrzeuge, d.h. Finanzielle Unterstützung bei Neuananschaffungen von Fahrzeugen sowie Nachrüstaktion für LKW, Nachrüstaktion für LKW, neue Diesel-PKW und Diesel-LKW nur mit Filter und Verringerung des Staubaufkommens im Winterdienst.

In Tirol (Innsbruck) wurde zunächst im Herbst 2002 ein Nachtfahrverbot im Winterhalbjahr (Oktober bis März) für LKW ausgesprochen. Das wurde Mitte 2003 in ein ganzjähriges Nachtfahrverbot für LKW (über 7.5 Tonnen zulässigem Gesamtgewicht) in der Zeit von 22.00 Uhr bis 05.00 Uhr überführt. Da dennoch Beurteilungswerte entsprechend den Messungen überschritten wurden, wurde das Nachtfahrverbot für den Zeitraum von November bis April eines jeden Jahres ausgedehnt (Werktage von 20.00 Uhr bis 05.00 Uhr, Sonntage von 23.00 Uhr bis 05.00 Uhr) mit Ausnahmen für LKW, die die Abgasnorm Euro4 und Euro5 erfüllen. Weiterhin wurde ganzjährig ein sektorales Fahrverbot für gesondert benannte Güter ausgesprochen, das bis zur Entscheidung des europäischen Gerichtshofes ausgesetzt ist.

In London wurde im Februar 2003 für den Innenstadtbereich eine City-Maut eingeführt. An Werktagen müssen für fahrende und auf öffentlichen Stellplätzen parkende Kfz im Zeitraum von 07.00 Uhr bis 18.30 Uhr Gebühren von 5 Pfund entrichten. In dem vorliegenden Jahresbericht wird beschrieben, dass die Anzahl der in die Innenstadt fahrenden Kfz um ca. 18 % verringert wurde. Die Anzahl der PKW-Fahrten wurde dabei um ca. 30 %, die der LKW-Fahrten um ca. 10 % reduziert, dafür die der Taxi- und Busfahrten um ca. 20 % erhöht.

Für London wurde eine Machbarkeitsstudie für eine „Niedrig Emissionszone“ erarbeitet (AEA, 2003). Das entspricht Fahrverboten für Fahrzeuge mit hohen Emissionen. Für London wurden die Sperrungen für LKW und Busse, in Erweiterung noch für Lieferwagen und Taxis rechnerisch betrachtet. Bezogen auf das Jahr 2007 sind Fahrten mit Fahrzeugen mit Euro2-Ausstattung und Partikelfilter und neuerer Technik erlaubt, bezogen auf das Jahr 2010 Fahrzeuge mit Euro3-Ausstattung und Partikelfilter und neuerer Technik erlaubt. Für das Jahr 2007 führt das im betroffenen Bereich von London zu Verringerungen der  $\text{NO}_x$ -Emissionen gegenüber dem Referenzfall (unbeeinflusste Entwicklung) um ca. 1.5 %, für Partikel um ca. 9 %. Für das Jahr 2010 sind Reduktionen für  $\text{NO}_x$  um ca. 4 % und für PM10 um ca. 23 % berechnet für Fahrverbote für stark emittierende LKW, Busse, Lieferwagen und Taxis. Übertragen auf die Immissionen würde sich im Jahr 2007 die Fläche mit Überschreitung des  $\text{NO}_2$ -Beurteilungswertes gegenüber der Trendentwicklung um 4.7 % verringern, im Jahr 2010 um ca. 12 % (ohne Ausschluss für Lieferwagen und Taxis). Für PM10 würde sich im Jahr 2010 gegenüber der Trendentwicklung eine Verringerung des Bereichs der Überschreitung des Jahresmittelwertes um ca. 33 % bis 43 % erwarten lassen, ohne alle zu erwartenden Überschreitungen zu verhindern.

In Italien wurden im Winter 2002/2003 Erfahrungen mit weitreichenden Fahrverboten gemacht. Entsprechend den zusammenfassenden Darstellungen der Fachliteratur (CAFE, 2003) wurden in der Lombardei drei Maßnahmen getestet und messtechnisch begleitet. Fahrverbote von „prä Euro-Fahrzeugen“ zwischen 08.00 Uhr und 20.00 Uhr an Tagen mit hohen PM10-Belastungen, die zu Verringerungen der Immissionen um ca. 9 % führten. Fahrverboten nach der Kennzeichenregelung für Tage mit hohen PM10-Belastungen zwischen 08.00 Uhr und 20.00 Uhr; dabei ergaben sich Reduktionen der Konzentrationen der PM10-Tagesmittelwerte um ca. 12 % bis 14 %. Bei kompletten Fahrverboten an Sonntagen wurden Reduktionen der PM10-Konzentrationen um ca. 35 % bis 45 % festgestellt. In der Region Emilia Romagna wurde die Kennzeichenregelung für Donnerstag und Sonntage für die Zeit von 08.30 Uhr bis 12.30 Uhr sowie von 14.30 Uhr bis 19.30 Uhr von Oktober 2002 bis März 2003 durchgeführt; damit wurden an Donnerstagen Reduktionen der PM10-Konzentrationen um ca. 10 % festgestellt.

## 7 LITERATUR

22. BImSchV (2002): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte). In: BGBl. I, Nr. 66 vom 17.09.2002, S. 3626.
- AEA Technology Environment (2003): The London Low Emission Zone Feasibility Study. A Summary of the Phase 2 Report to the London Low emission Zone Steering Group.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- CAFE (2003): Second Position Paper on Particulate Matter – draft for discussion. CAFE (Clean Air For Europe) Working Group on Particulate Matter, August 20<sup>th</sup>, 2003.
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.
- Filliger, P., Puybonnieux-Textier, V., Schneider, J. (1999): PM10 Population Exposure - Technical Report on Air Pollution, Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health, London, June 1999, Published by Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications Bureau for Transport Studies, Berne, Switzerland.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Böisinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparmeter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- KAPA GS (2004): **K**lagenfurts **A**nti **P**M10 **A**ktionsprogramm mit **G**raz und **S**üdtirol. Herunterladbar unter <http://www.feinstaubfrei.at/htm/einstieg.htm>.
- Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.

- LAI (2001): Maßnahmenkatalog für Aktions- und Maßnahmepläne. Erstellt von der Ad hoc-AK „Maßnahmenplanung“ des LAI. Schlussbericht 02.10.2001.
- LfU (2004): Emissionsmindernde Maßnahmen im Straßenverkehr – Übersicht und Ansätze zur Bewertung – Aktualisierung des Berichts von 1996 im Auftrag des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- Stadt Graz (2004): Immissionsschutzgesetz Luft, IG-L Feinstaubbelastung (PM10) Maßnahmenkatalog. Hrsg.: Umweltamt der Stadt Graz.
- Fahverbote nach IG-L (2004): Luftreinhaltemaßnahmen nach dem Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L): LKW-Nachtfahrverbot und sektorales Fahrverbot. Ausstattung von Baumaschinen mit Partikelfiltern. [www.tirol.gv.at/Themen/Umwelt/Luft/nachtfahrverbot.shtml](http://www.tirol.gv.at/Themen/Umwelt/Luft/nachtfahrverbot.shtml).
- Transport for London (2004): Congestion Charging. Update on scheme impacts and operations. [www.tfl.gov.uk/congestioncharging](http://www.tfl.gov.uk/congestioncharging).
- UBA (1995) (Hassel, D., Jost, P., Weber, F.J., Dursbeck, F.): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990. Abschlussbericht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Luftreinhaltung. UBA-FB 95-049. UBA-Berichte 5/1995.
- UBA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1/April 2004. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.

UBA (2004a) UBA Aktuell 1/2004. Informationen aus dem Umweltbundesamt. [www. Umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de).

UBA (2004b): Beurteilung der Luftqualität. Internet [www. Umweltbundesamt.de](http://www.umweltbundesamt.de).

UBA GmbH (2004): Stuserhebung betreffend Überschreitungen der IG-L-Grenzwerte für PM10 und Schwebestaub, Blei und Cadmium im Staubbiederschlag im Inntal, 2002. Erstellt im Auftrag des Amtes der Tiroler Landesregierung.

**A N H A N G A 1:**  
**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-**  
**ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

## **A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt wird das mathematische Modell PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS\_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS\_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

### **A1.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS\_V**

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO<sub>2</sub> erfolgt nach Romberg et al. (1996).

### **A1.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS\_B**

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS\_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS\_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen  $c^*$  in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A1.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10 % bis 30 % geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen  $c$  zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

wobei:	$c$	=	Abgaskonzentration [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
	$c^*$	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	$Q$	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [ $\mu\text{g}/\text{m s}$ ]
	$B$	=	Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
	$u'$	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeug-induzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS\_V für die Vorbelastung und von PROKAS\_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil [%]
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3	0 - 20
202	"	1:3	21 - 60
203	"	1:2	0 - 20
204	"	1:2	21 - 60
205	"	1:1.5	0 - 20
206	"	1:1.5	21 - 60
207	"	1:1	0 - 20
208	"	1:1	21 - 60
209	"	1.5:1	0 - 20
210	"	1.5:1	21 - 60

Tab. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

### A1.3 Fehlerdiskussion

Immissionsprognosen als Folge der Emissionen des KFZ-Verkehrs sind ebenso wie Messungen der Schadstoffkonzentrationen fehlerbehaftet. Bei der Frage nach der Zuverlässigkeit der Berechnungen und der Güte der Ergebnisse stehen meistens die Ausbreitungsmodelle im Vordergrund. Die berechneten Immissionen sind aber nicht nur abhängig von den Ausbreitungsmodellen, sondern auch von einer Reihe von Eingangsinformationen, wobei jede Einzelne dieser Größen einen mehr oder weniger großen Einfluss auf die prognosti-

\* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite  $\geq 5 \times$  Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil  $\geq 61$  %) erfüllt ist.

zierten Konzentrationen hat. Wesentliche Eingangsgrößen sind die Emissionen, die Bebauungsstruktur, meteorologische Daten und die Vorbelastung.

Es ist nicht möglich, auf Basis der Fehlerbandbreiten aller Eingangsdaten und Rechenschritte eine klassische Fehlerberechnung durchzuführen, da die Fehlerbandbreite der einzelnen Parameter bzw. Teilschritte nicht mit ausreichender Sicherheit bekannt sind. Es können jedoch für die einzelnen Modelle Vergleiche zwischen Naturmessungen und Rechnungen gezeigt werden, anhand derer der Anwender einen Eindruck über die Güte der Rechenergebnisse erlangen kann.

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

Hinsichtlich der Fehlerabschätzung für die KFZ-Emissionen ist anzufügen, dass die Emissionen im Straßenverkehr bislang nicht direkt gemessen, sondern über Modellrechnungen ermittelt werden. Die Genauigkeit der Emissionen ist unmittelbar abhängig von den Fehlerbandbreiten der Basisdaten (d.h. Verkehrsmengen, Emissionsfaktoren, Fahrleistungsverteilung, Verkehrsablauf).

Nach BAST (1986) liegt die Abweichung von manuell gezählten Verkehrsmengen (DTV) gegenüber simultan erhobenen Zählraten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10 %.

Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter Schätzwert von ca. 20 % angenommen.

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung ent-

sprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/-20 % aufweisen.

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10 %, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

Hinzuzufügen ist, dass der Fehler der Emissionen sich direkt auf die berechnete Zusatzbelastung auswirkt, nicht aber auf die Vorbelastung, d.h. dass die Auswirkungen auf die Gesamtmissionsbelastung geringer sind.

**AN H A N G A2:**  
**IN DEN VORLIEGENDEN LUFTREINHALTEPLÄNEN AUFGEFÜHRTE**  
**MASSNAHMEN FÜR DEN KFZ-VERKEHR**

**A2 IN DEN VORLIEGENDEN LUFTREINHALTEPLÄNEN AUFGEFÜHRTE MASSNAHMEN FÜR DEN KFZ-VERKEHR**

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
Flottenumstellung	allgemeine Flottenveränderung		Erfurt
	aktive Beteiligung an dem Aus- und Nachrüstprogramm der DB AG für Dieselloks „Green Rail“ im regionalen Verkehr		Rhein-Main
	Aus- und Nachrüstung kommunaler Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern		Rhein-Main
	Busse + Bahn auf emissionsarmen Antrieb umstellen		Düsseldorf
	Busse + Bahn auf emissionsarmen Antrieb umstellen		Rhein-Main
	Einsatz besonders schadstoffarmer Fahrzeuge im ÖPNV (Vorbildfunktion, Qualitätsmerkmal)		Erfurt
	Emissionsminderung an ÖPNV-Bussen		Bremen
	Förderung alternativer Antriebe (Erdgas)		Ansbach
	Förderung von Erdgas als Brenn- und Treibstoff		Weiden
	Förderung von Erdgasfahrzeugen		Bremen
	Fuhrpark der Stadt Würzburg, bei Neubeschaffung Dieselrußfilter		Würzburg
	Fuhrpark der WSB (Würzburger Straßenbahn GmbH), CRT-System		Würzburg
	Fuhrpark der WVV (Würzburger Versorgungs- und Verkehrs GmbH), Neuanschaffung Erdgasbetrieb oder Rußfilter		Würzburg
	Förderung alternativer Antriebe		N-Erl-Fürth
	Umweltfreundlicher Fahrzeugpark		München
	Vorgabe besonders emissionsarmer Antriebsarten bei der Bestellung neuer Verkehrsleistungen durch die ÖPNV-Anbieter		Rhein-Main
	Vorzeitige Umrüstung der Busse der Hagener Straßenbahn AG		Hagen
	Umrüstung der Omnibusflotte des VVM		Würzburg

Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr	geplante Maßnahme	Untergruppe	LRP
	Verstärkter Einsatz schadstoffarmer Fahrzeuge		Hamburg
	Unterstützung der Erneuerung von Fahrzeugflotten im Transportgewerbe		Hamburg
Verkehrslenkung	Ableitung des Schwerlastverkehrs – insbesondere des Durchgangsverkehrs – aus den empfindlichen Bereichen der Innenstädte		Rhein-Main
	Dynamische Verkehrssteuerung MOBINET		München
	Großräumige Verkehrslenkung am Stadtrand		Bremen
	Lkw-Führungskonzept		Nauen
	LKW-Routenkonzept und dynamische immissionsabhängige Verkehrssteuerung	Beeinflussung des jeweils relevanten Verkehrsmittels (z.B. LKW).	Hagen
	LKW-Routenkonzept und dynamische immissionsabhängige Verkehrssteuerung	fließender Verkehrsablauf	Hagen
	LKW-Routenkonzept und dynamische immissionsabhängige Verkehrssteuerung	möglichst geringe Fahrzeitverluste	Hagen
	LKW-Routenkonzept und dynamische immissionsabhängige Verkehrssteuerung	möglichst geringe Umwegfahrten	Hagen
	LKW-Routenkonzept und dynamische immissionsabhängige Verkehrssteuerung	möglichst wenig stop&go-Verkehr	Hagen
	Logistik-Konzepte im Transportwesen		Erfurt
	Schwerverkehr einschränken	LKW-Routenkonzept	Düsseldorf
	Schwerverkehr einschränken	LKW-Routenkonzept	Rhein-Main
	Verkehrslenkung im Stadtgebiet		Bremen
	Verminderung von Durchgangsverkehr in Wohngebieten		Augsburg
	Zuflussbegrenzung von Verkehren		Bremen

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	Nutzungsbeschränkungen und Nutzervorteile für den Lieferverkehr in die Innenstadt		München
	Umleitung des Lkw- Durchgangsverkehrs auf den Münchner Autobahnring A 99		München
	Weiterer Ausbau der dynamischen Verkehrslenkung		Hagen
	Öffnung von innerstädtischen Nebenstrecken		Hamburg
	Förderung von Stadt-Logistik-Konzepten mit der Zielrichtung effizienter und stadtverträglicher Abwicklung der Verkehre		Hamburg
Ortsumfahrung	Attraktivitätssteigerung der B 5-neu (Ortsumfahrung)		Nauen
	Ausbau der Bundesautobahn A 3 auf 6 Fahrstreifen		Würzburg
	Ausbau Ring- und Ausfallstraßen, Rückbau von Stadtachsen		Augsburg
	Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen	Bau der Ostumgehung	Regensburg
	Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen	Bau der Sallerner Regenbrücke mit Anbindung der Nordgaustraße an die Autobahn-Anschlussstelle Regensburg Nord	Regensburg
	Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen		München
	Ausbau von Ring-, Ausfall- und Umgehungsstraßen		Schwandorf
	Ausweisung/Planung u. Bau von Umgehungsstraßen usw.		Erfurt
	Bau der Autobahn A281		Bremen
	Des weiteren plant die Stadt Hagen langfristig eine Straßenbaumaßnahme		Hagen
	Reduzierung des Durchgangsverkehrs im Stadtzentrum (geplante Südosttangente)		Ansbach
	Tunnelstrecken (3 innerstädtische Tunnel)		München
	Westumgehung von Würzburg		Würzburg

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	Bündelung des Verkehrs auf Hauptverkehrsstraßen		Ansbach
	Westanbindung		Würzburg
	Tunnellösung vom Stadtring Nord durch den Schalksberg		Würzburg
	Verlegung der Grombühlstraße		Würzburg
	Straßenbaumaßnahme „Bahnhofshinterfahung“		Hagen
	Bau von Umgehungs-, Anbindungs-, Zufahrtstraßen usw.		Hamburg
Verkehrsverflüssigung	Änderung an einer Lichtsignalanlage		Würzburg
	Maßnahmenbündel aus Pfortnerampeln, Verstärkung des ÖPNV und Park&Ride-Anlagen		Rhein-Main
	Verflüssigung des Verkehrs durch verbesserte Koordinierung der Signalanlagen		N-Erl-Fürth
	Verflüssigung des Verkehrs	Absprachen über den Zeitpunkt der Müllabfuhr und Straßenreinigung	Düsseldorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Absprachen über den Zeitpunkt der Müllabfuhr und Straßenreinigung	Rhein-Main
	Verflüssigung des Verkehrs	Grüne Welle auf Tangente	Weiden
	Verflüssigung des Verkehrs	Grüne Welle und Verflüssigung an Messstation	Weiden
	Verflüssigung des Verkehrs	Imagekampagne In die Stadt, aber sauber	Düsseldorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Imagekampagne In die Stadt, aber sauber	Rhein-Main
	Verflüssigung des Verkehrs	Kooperationsvereinbarungen mit Geschäften zur logistischen Abstimmung des Anlieferverkehrs	Düsseldorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Kooperationsvereinbarungen mit Geschäften zur logistischen Abstimmung des Anlieferverkehrs	Rhein-Main

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	
	Verflüssigung des Verkehrs	Koordinieren von Signalanlagen	Regensburg
	Verflüssigung des Verkehrs	LKW-Verbot (nur Anlieger frei)	Schwandorf
	Verflüssigung des Verkehrs	mehr Geradeaus-Gebote, da Linksabbieger den Verkehrsfluss hemmen	Düsseldorf
	Verflüssigung des Verkehrs	mehr Geradeaus-Gebote, da Linksabbieger den Verkehrsfluss hemmen	Rhein-Main
	Verflüssigung des Verkehrs	Prüfung der Tonnagebegrenzung	Schwandorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Signaltechnische Verbesserung (Schaltung des Messeprogrammes)	Düsseldorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Signaltechnische Verbesserung (Schaltung des Messeprogrammes)	Rhein-Main
	Verflüssigung des Verkehrs	Tempo 30-Zone in bestimmtem Abschnitt	Schwandorf
	Verflüssigung des Verkehrs	umwidmen von Abbiegespuren	Schwandorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Unterbinden des Linksabbiegens	Schwandorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Verkehrsüberwachung (Parken 2. Reihe)	Düsseldorf
	Verflüssigung des Verkehrs	Verkehrsüberwachung (Parken 2. Reihe)	Rhein-Main
	Verflüssigung des Verkehrs		Ansbach
	Verflüssigung des Verkehrs (konkretisiert für Umgebung der Messstellen)	Absprachen über den Zeitpunkt der Müllabfuhr und Straßenreinigung	Hamburg
	Verflüssigung des Verkehrs (konkretisiert für Umgebung der Messstellen)	Imagekampagne In die Stadt, aber sauber	Hamburg
	Verflüssigung des Verkehrs (konkretisiert für Umgebung der Messstellen)	mehr Geradeaus-Gebote, da Linksabbieger den Verkehrsfluss hemmen	Hamburg
	Verflüssigung des Verkehrs (konkretisiert für Umgebung der Messstellen)	Signaltechnische Verbesserung (Schaltung des Messeprogrammes)	Hamburg

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	Verflüssigung des Verkehrs (konkretisiert für Umgebung der Messstellen)	Verkehrsüberwachung (Parken 2. Reihe)	Hamburg
	Verflüssigung des Verkehrs (konkretisiert für Umgebung der Messstellen)	Vermeidung von Rückstau, Stop & Go	Hamburg
	Änderungen an Lichtsignalanlagen		Würzburg
	Verstärkter Einsatz von Telematik		Hamburg
	Optimierung der Verkehrsflüsse/Verkehrsträger		Hamburg
Parkraummanagement	Angebotsregelungen außerhalb des öffentlichen Straßenraums	Städtische Anwohnergaragen und Förderung zusätzlicher Anwohnerstellplätze	München
	Angebotsregelungen außerhalb des öffentlichen Straßenraums	Stellplatzbeschränkung für Nichtwohnnutzungen	München
	Parkraumbewirtschaftung		N-Erl-Fürth
	Verstärkte Parkraumbewirtschaftung		N-Erl-Fürth
	Parkraumbewirtschaftung		Ansbach
	Parkraumbewirtschaftung im öffentlichen Straßenraum		München
	Parkraumbewirtschaftung/Parkleitsystem		Nauen
	Parkraumregulierung		Augsburg
	Parkleitsystem		München
P+R	Ausbau P+R		Augsburg
	Park&Ride-Anlagen		Ansbach
	Vernetzung durch Park and Ride (P+R)		Würzburg
Neugestaltung Straßenraum	Asphaltierung der Bergstraße 2005 bzw. 2008		Erfurt
	Bauliche Maßnahmen		Bremen

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	Befestigung Parkplatz am Rathausplatz		Nauen
	Neugestaltung des Straßenraumes in der Berliner Straße		Nauen
	Verbesserungsmaßnahmen am Frankenschnellweg zur Reduzierung der Luftbelastung		N-Erl-Fürth
	Umgestaltung der Kreuzung Rathausplatz		Nauen
	Umgestaltung Stadtring Nord 2008		Erfurt
	Verbesserung Straßenzustand + Sperrung für LKW		Erfurt
	Verbesserung Straßenzustand + Sperrung für LKW + Reduktion Gesamthintergrundniveau um 10 %		Erfurt
ÖPNV	Attraktivitätssteigerung und Schadstoffminderung des ÖPNV		Ansbach
	Ausbau der Straßenbahn - Erschließung Nordgelände Universität Würzburg		Würzburg
	Ausbau des Straßenbahnnetzes		Bremen
	Ausbau von Straßenbahnlinien und Einrichtung weiterer Pendlerparkplätze		Rhein-Main
	Förderung ÖPNV	Ausbau Park+Ride, Bike+Ride	München
	Förderung ÖPNV	Ausbau Straßenbahnnetz	Augsburg
	Förderung ÖPNV	Ausweitung des Tramnetzes	München
	Förderung ÖPNV	Ausweitung des U-Bahnnetzes	München
	Förderung ÖPNV	Beschleunigung der Tram- Linie 19 West zwischen Willibaldplatz und Pasing Marienplatz	München
	Förderung ÖPNV	Busbeschleunigung	München
	Förderung ÖPNV	City-Buslinien, Taktverbesserung	Regensburg
	Förderung ÖPNV	City-Buslinien, Taktverbesserung	Schwandorf

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	Förderung ÖPNV	Einführung eines neuen Busnetzes	München
	Förderung ÖPNV	Erdgasbusse	Augsburg
	Förderung ÖPNV	Maßnahmen der S-Bahn	München
	Förderung ÖPNV	Mehr Schiene, eigene Straßenbahntrasse, Vorrangschaltung	Augsburg
	Förderung ÖPNV	Steigerung Attraktivität	Augsburg
	Förderung ÖPNV	Verbesserung der Schnittstelle Fahrrad und ÖPNV	München
	Förderung Umweltverbund/Car-Sharing		Bremen
	Attraktivitätssteigerung des Busverkehrs durch dichteren Takt und bessere Taktabstimmung		N-Erl-Fürth
	Förderung des (schienengebundenen) ÖPNV		N-Erl-Fürth
	Bau von Stadtbahnen zur großflächigen Nahverkehrserschließung		N-Erl-Fürth
	Vorrang des ÖPNV vor dem motorisierten Individualverkehr - angepasste Ampelschaltung / mehr Busspuren		N-Erl-Fürth
	Weiterer Ausbau des ÖPNV (Pendleranteil verringern)		N-Erl-Fürth
	Weiterer Ausbau des S-Bahnnetzes für den Berufspendlerverkehr nach Nürnberg		N-Erl-Fürth
	Weiterer Ausbau des S-Bahnnetzes für den Berufspendlerverkehr nach Nürnberg		N-Erl-Fürth
	Regionalbahnkonzept		Augsburg
	Ausbau des ÖPNV	Netzkonzept Buslinien	Würzburg
	Ausbau des ÖPNV	Erweiterung des Straßenbahnnetzes	Würzburg
	Carsharing-Programm		Würzburg
	Steigerung ÖPNV	Optimierung der Taktzeiten, wo möglich	Rhein-Main

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>Geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	Steigerung ÖPNV	in Einzelfällen Taktzeitverdichtungen, insb. auf Linien an Park & Ride-Plätzen	Rhein-Main
	Steigerung ÖPNV	Ausbau der Park & Ride-Parkplätze, sofern möglich	Rhein-Main
	Steigerung ÖPNV	bessere Wegweisung zu diesen baulichen Maßnahmen im Bereich der Bahnhöfe (Stichwort: Sicherheitsgefühl/ Sauberkeit)	Rhein-Main
	Steigerung ÖPNV	weiche Maßnahmen, wie z.B. mehr Infos und Werbung, Mobilitätsservice, direkte Ansprachen von Bürgern und Firmen u.ä.	Rhein-Main
	Steigerung ÖPNV	Einrichtung eines Umsteigeplatzes von Bus auf Bahn am Werstener Kreuz, um die ca. 320 Linienbusse, die täglich über die Strecke fahren, aus dem Plangebiet herauszuhalten	Rhein-Main
	Abbau von Zugangshemmnissen des ÖPNV (MVG)		München
	Steigerung ÖPNV	Optimierung der Taktzeiten, wo möglich	Düsseldorf
	Steigerung ÖPNV	in Einzelfällen Taktzeitverdichtungen, insb. auf Linien an Park & Ride-Plätzen	Düsseldorf
	Steigerung ÖPNV	Ausbau der Park & Ride-Parkplätze, sofern möglich	Düsseldorf
	Steigerung ÖPNV	bessere Wegweisung zu diesen baulichen Maßnahmen im Bereich der Bahnhöfe (Stichwort: Sicherheitsgefühl/ Sauberkeit)	Düsseldorf
	Steigerung ÖPNV	weiche Maßnahmen, wie z.B. mehr Infos und Werbung, Mobilitätsservice, direkte Ansprachen von Bürgern und Firmen u.ä.	Düsseldorf

Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr	geplante Maßnahme	Untergruppe	LRP
	Steigerung ÖPNV	Einrichtung eines Umsteigeplatzes von Bus auf Bahn am Werstener Kreuz, um die ca. 320 Linienbusse, die täglich über die Strecke fahren, aus dem Plangebiet herauszuhalten	Düsseldorf
	Bevorrechtigung des ÖPNV		Hamburg
	Ausbau/Förderung des ÖPNV, Verbesserung des Angebots und der Fahrgastinformation		Hamburg
Fußgänger	Ausbau Fußgängerverkehr		Augsburg
	Weiterer Ausbau des Fahrradwege- und Fußgängernetzes		N-Erl-Fürth
	Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer		München
	Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer		Regensburg
	Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer		Schwandorf
	Förderung des Fahrrad- und Fußgängerverkehrs		Würzburg
Fahrrad	Förderung des Radverkehrs		Ansbach
	Förderung Fahrradverkehr		Augsburg
	Förderung des Radverkehrs		N-Erl-Fürth
	Weiterer Ausbau des Fahrradwege- und Fußgängernetzes		N-Erl-Fürth
	Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer		München
	Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer		Regensburg
	Wegenetz für Fußgänger und Radfahrer		Schwandorf
	Förderung des Fahrrad- und Fußgängerverkehrs		Würzburg
Geschwindigkeitsverringerung	Beschränkung der Geschwindigkeit		Erfurt
	Tempo 30		N-Erl-Fürth

Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr	geplante Maßnahme	Untergruppe	LRP
	Tempo 30 in Sammelstraßen		Augsburg
	Verkehrsberuhigende Maßnahmen		Ansbach
	Geschwindigkeitsbeschränkung im Bereich Greinberg		Würzburg
	Geschwindigkeitsbeschränkungen an Brennpunkten		Hamburg
Sperrung, Einschränkung	Beschränkung des Linienbusverkehrs mit älterer Abgastechnik		Bremen
	Fahrbeschränkungen und Fahrverbote	sofern notwendig	Regensburg
	Fahrbeschränkungen und Fahrverbote	sofern notwendig	Schwandorf
	Fahrbeschränkungen und Fahrverbote	sofern notwendig	Weiden
	Fahrverbote abwechselnd für gerade/ungerade Kennzeichen		Erfurt
	gebietsbezogene Verkehrsbeschränkungen für Diesel-Kfz und Fahrzeuge ohne G-Kat		Erfurt
	Immissionsabhängige Verkehrsbeschränkung für Fahrzeuge mit älterer Abgastechnik		Bremen
	LKW-Routenkonzept und dynamische immissionsabhängige Verkehrssteuerung	zeitlich beschränkte Sperrung	Hagen
	Schwerverkehr einschränken	Durchfahrverbot für LKW (Schild)	Düsseldorf
	Schwerverkehr einschränken	Durchfahrverbot für LKW (Schild)	Rhein-Main
	Sperrung Bergstraße für den Kfz-Verkehr 2005		Erfurt
	Sperrung Bergstraße für den LKW-Verkehr 2005 bzw. 2008		Erfurt
	Verbesserung Straßenzustand + Sperrung für LKW		Erfurt
	Verbesserung Straßenzustand + Sperrung für LKW + Reduktion Gesamthintergrundniveau um 10 %		Erfurt
	Fahrbeschränkungen und Fahrverbote: „Umweltfreundliche Zone“	ab EURO3 in Innenstadt	Augsburg

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	Fahrbeschränkungen und Fahrverbote: „Umweltfreundliche Zone“	Sperrung für LKW-Durchgangsverkehr	Augsburg
	Verkehrsbeschränkungen/-verbote für Fahrzeuge mit hohem Schadstoffausstoß (z.B. älter als EURO 3) nach Erlass einer Bundesrichtlinie		Hamburg
	Örtliche Verkehrsbeschränkungen für LKW mit hohem Schadstoffausstoß		Hamburg
	Fahrverbote abwechselnd für gerade/ungerade Kennzeichen nach Erlass einer Bundesregelung		Hamburg
City-Logistik	City-Logistik		Augsburg
	City-Logistik		Hagen
	City-Logistik		München
	City-Logistik		Regensburg
	City-Logistik		Schwandorf
	Güterverkehrszentren		München
	Güterverkehrszentrum		Augsburg
	Reduzierung des Schwerverkehrs durch Verlagerung des Zollhauptamtes und Errichtung des Containerbahnhofs im Staatshafen Nürnberg		N-Erl-Fürth
Einbahnstraßenregelungen	Einbahnstraßenregelungen		Erfurt
	Einführung von Einbahnstraßenregelungen		Hamburg
Öffentlichkeitsarbeit	Öffentlichkeitsarbeit		N-Erl-Fürth
	Information über verkehrslenkende Maßnahmen		Bremen
	Öffentlichkeitsarbeit		Ansbach
	Öffentlichkeitsarbeit		München
Maut	gebietsbezogene Maut mit Anwohnavorteilen		Erfurt

<b>Maßnahmengruppe für Kfz-Verkehr</b>	<b>geplante Maßnahme</b>	<b>Untergruppe</b>	<b>LRP</b>
	City-Maut, Road Pricing		Augsburg
	City-Maut		Würzburg
	Erweiterung der Lkw-Maut auf den Stadtring Süd		Würzburg
	City-Maut		München
Informationssysteme	Informationssysteme		Augsburg
	Mobilitätsmanagement	betriebliches Mobilitätsmanagement	München
	Mobilitätsmanagement	Dialog- und Direktberatung für Zielgruppen	München
	Mobilitätsmanagement	Mobilitätsberatung für Neubürger	München
	Mobilitätsmanagement	Mobilitätsmanagement an Schulen (MOBIKIDS)	München
	Mobilitätsmanagement	Mobilitätsmanagement von Großveranstaltungen	München
	Mobilitätsmanagement	virtuelle Mobilitätszentrale	München
	Weiterer Ausbau dynamischer Verkehrs- und Parkleitsysteme		N-Erl-Fürth
Verkehr	Umsetzung des Verkehrsentwicklungsplans München VEP		München
	Verkehrskonzept Münchner Osten		München
	Verringerung des Gesamthintergrundniveaus um 10 %		Erfurt
	Zuschlagsstoffe im Straßenbau		München
	Anreize zur Bildung von Fahrgemeinschaften, Einrichtung eines Werkszubringerverkehrs, Änderung von Arbeits-, Liefer-, Schulbeginnzeiten, u. a.		Erfurt
	Qualität der Straßenreinigung		München