

**BESTIMMUNG DER EMISSIONS- UND IMMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN  
DER MASSNAHME UMWELTZONE IM ZUSAMMENHANG MIT DEM  
LUFTREINHALTEPLAN DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS KARLSRUHE FÜR  
DAS BEZUGSJAHR 2009  
- TEILPLAN PFORZHEIM -**

Auftraggeber:           Regierungspräsidium Karlsruhe  
                                  Am Schlossplatz 1-3  
                                  76131 Karlsruhe

Durchführung:         Ingenieurbüro Rau (Federführung)  
                                  Bottwarbahnstraße 4  
                                  74081 Heilbronn

AVISO GmbH  
Adalbertsteinweg 34  
52070 Aachen

6. Februar 2008

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abbildungsverzeichnis.....	II
Tabellenverzeichnis.....	III
1 Aufgabenstellung, Einleitung .....	1
2 Verkehrliche Grundlagendaten .....	2
3 Grundlagen der Emissionsberechnung.....	4
3.1 Bestandszusammensetzung 2009.....	4
3.2 NO <sub>x</sub> - und PM10-Dieselabgas-Emissionsfaktoren .....	6
3.3 PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb .....	8
4 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs Trendprognose 2009 .....	10
5 Emissionsseitige Maßnahmenwirkungen an den Hotspots.....	11
6 Immissionsseitige Wirkung .....	18
6.1 Einführung.....	18
6.2 Ermittlung der PM10-Immissionskonzentrationen für das Bezugsjahr 2009 im Bereich der Belastungsschwerpunkte .....	18
6.3 Ermittlung der NO <sub>2</sub> -Immissionskonzentrationen für das Bezugsjahr 2009 im Bereich der Belastungsschwerpunkte .....	19
7 Zusammenfassung.....	21
8 Literaturverzeichnis .....	22

## Abbildungsverzeichnis

Bild 2.1:	Bereich um die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße im Stadtgebiet Pforzheim .....	2
Bild 3.1:	Entwicklung der Pkw-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet .....	5
Bild 3.2:	Entwicklung der sNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet .....	5
Bild 3.3:	NO <sub>x</sub> -Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2009 für Innerortsstraßen (IGO), Außerortsstraßen (AGO) und Autobahnen (BAB) (sinkende Geschwindigkeiten bei innerörtlichen Verkehrssituationen sind verbunden mit größeren Störungen im Verkehrsablauf; daher sind diese Emissionsfaktoren zur Ableitung von anderen Verkehrssituationen wie z.B. T30 nicht geeignet) .....	7
Bild 3.4:	PM10-Dieselabgas-Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2009 für Innerortsstraßen (IGO), Außerortsstraßen (AGO) und Autobahnen (BAB) (sinkende Geschwindigkeiten bei innerörtlichen Verkehrssituationen sind verbunden mit größeren Störungen im Verkehrsablauf; daher sind diese Emissionsfaktoren zur Ableitung von anderen Verkehrssituationen wie z.B. T30 nicht geeignet) .....	7
Bild 5.1:	Bereich der geplanten Umweltzone in der Stadt Pforzheim /STADT PFORZHEIM 2005/.....	12

## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1:	Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) in Kfz/24h für das Prognosejahr 2009 und Schwerverkehrsanteile für die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße in Pforzheim .....	2
Tab. 3.1:	Mittlere PM10-Emissionsfaktoren durch Abrieb und Aufwirbelung für Kfz und für leichte Motorwagen (LMW) und schweren Motorwagen (SMW) aus /BUWAL 2003/ .....	8
Tab. 3.2:	PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb differenziert nach Verkehrssituationen .....	9
Tab. 4.1	Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und NOx- bzw. PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Zerrennerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2009 .....	10
Tab. 4.2	Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und PM10-bzw. NOx-Jahresemissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2009 .....	10
Tab. 5.1:	Kennzeichnungsverordnung Stand geplante Änderung Juli 2007 .....	13
Tab. 5.2:	Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an der Fahrleistung (innerorts) differenziert nach Fahrzeugarten, Prognosejahr 2009 (grau unterlegt: Fahrzeuge Schadstoffgruppe 1 (SG 1)).....	15
Tab. 5.3:	Vergleich der DTV-Werte und NOx- bzw. PM10-Emissionen für den Hot Spot Zerrennerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2009.....	16
Tab. 5.4:	Vergleich der DTV-Werte und NOx- bzw. PM10-Emissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2009 ...	16

# 1 Aufgabenstellung, Einleitung

Das Ingenieurbüro Rau, Heilbronn, hat im Auftrag des RP Karlsruhe im Rahmen der Erstellung des Luftreinhalte-/Aktionplanes Pforzheim, im Jahre 2006 für den Belastungsschwerpunkt Zerrennerstraße für die Prognosejahre 2010 und 2012 die zu erwartenden Stickstoffdioxidemissionen und -immissionen ermittelt /RAU 2006/. Im Jahre 2007 wurde in einer weiteren Untersuchung die PM10-Belastung für das Prognosejahr 2008 für den Hot Spot Zerrennerstraße und den Hot Spot Jahnstraße ermittelt /RAU 2007/. Unter anderem wurde dabei auch die geplante Maßnahme „Umweltzone“ in ihrer emissions- und immissionsseitigen Auswirkung betrachtet.

Ergänzend wurde ebenfalls im Jahre 2007 /RAU 2007b/ eine weitergehende Betrachtung dazu durchgeführt, wie sich die Einbeziehung der Bundesstraßen in die Umweltzone auf die Schadstoffbelastung in den Bereichen der Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße auswirken kann.

Das IB Rau erhielt nun vom Regierungspräsidium Karlsruhe den Auftrag, in Ergänzung zu den oben zitierten Arbeiten, die bisher zur Ermittlung der NO<sub>2</sub>- und PM10-Belastungen an den Belastungsschwerpunkten Zerrennerstraße und Jahnstraße für die Prognosejahre 2008, 2010 und 2012 bereits durchgeführt worden sind, die NO<sub>2</sub>- und PM10-Belastungen für das Prognosejahr 2009 zu ermitteln. Zusätzlich soll hierbei die Wirkung eines Fahrverbotes von Fahrzeugen der Schadstoffgruppe 1 gemäß Kennzeichnungsverordnung (Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“) betrachtet werden.

In Absprache mit dem RP sollen die Emissionen für die zu betrachtenden Fälle in der Differenzierung wie bisher ermittelt werden. Die immissionsseitigen Auswirkungen sollen vorab aus den zu erwartenden Emissionsänderungen und aus den vorliegenden Berechnungen, die mit dem mikroskaligen prognostischen Modell MISKAM für die Bezugsjahre 2008, 2010 und 2012 durchgeführt wurden, abgeleitet werden.

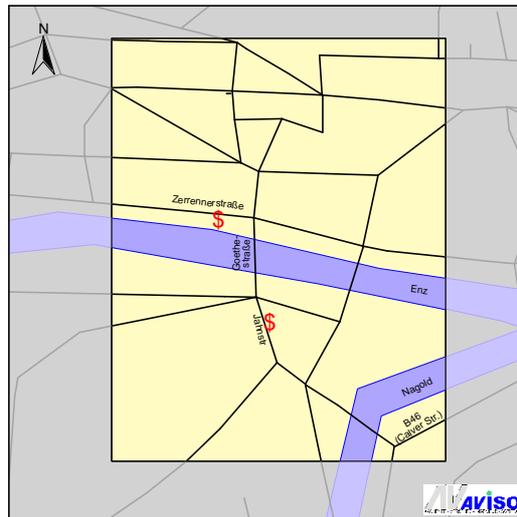
An einigen Stellen dieses Berichtes wird auf die ausführlicheren Darstellungen der Berichte /RAU 2006, RAU 2007, RAU 2007b/ verwiesen.

Der Bericht ist folgendermaßen gegliedert:

In den Kapiteln 2 bis 5 werden die verkehrlichen Datengrundlagen (Kapitel 2), die Grundlagen der Emissionsermittlung (Kapitel 3), die Schadstoffemissionen für das Prognosejahr 2009 (Kapitel 4) und die emissionsseitigen Maßnahmenwirkungen im Bereich des Hot Spots sowie im gesamtstädtischen Raum (Kapitel 5) beschrieben. Kapitel 6 umfasst die Immissionsabschätzung, Kapitel 7 die Zusammenfassung.

## 2 Verkehrliche Grundlagedaten

Die zu betrachtenden Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße in Pforzheim liegen im Stadtzentrum. In Bild 2.1 sind die Lage der Hot Spots und die angrenzenden Straßen im Stadtgebiet schematisch gekennzeichnet.



*Bild 2.1: Bereich um die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße im Stadtgebiet Pforzheim*

Ausgangspunkt der Ermittlung der verkehrlichen Grundlagedaten für das Untersuchungsgebiet in Pforzheim waren die Daten, die im Rahmen von /RAU 2006/ für das Jahr 2010, ausgehend von einer aktualisierten Datengrundlage für 2005 ermittelt worden waren.

Es wurde dabei für die Prognose der Verkehrsdaten von 2005 bis 2010 (bzw. 2012) in Anlehnung an die für Pforzheim vorliegenden Daten zur Trendprognose 2020 /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2001/ von einem weiteren leichten Zuwachs der Verkehrsbelastungen ausgegangen (+4% bis 2010). Die Verkehrsbelastungen für das Jahr 2009 wurden (analog zu den Verkehrsbelastungen für das Bezugsjahr 2008 /RAU 2007/) durch Interpolation zwischen den Jahren 2005 und 2010 ermittelt.

Die ermittelten durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken für die Zerrennerstraße und die Jahnstraße sind für die Trendprognose 2009 der nachfolgenden Tabelle 2.1 zu entnehmen.

*Tab. 2.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) in Kfz/24h für das Prognosejahr 2009 und Schwerverkehrsanteile für die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße in Pforzheim*

	DTV in Kfz/24h	sNfz in %
Zerrennerstraße	21.452	2,3%
Jahnstraße	22.965	3,1%

Neben Angaben zu den Verkehrsstärken werden zur Berechnung der Luftschadstoffemissionen eine Reihe weiterer Streckenparameter benötigt. Dies betrifft Daten zur Streckencharakterisierung (Anzahl Fahrstreifen, Ortslage, Knotenausrüstung mit Lichtsignalanlagen, Seitenstreifen, Mitteltrennung etc.) und weitere Angaben z. B. zur zulässigen Höchstgeschwindigkeit. Die Daten wurden aus /RAU 2006, RAU 2007/ übernommen.

### 3 Grundlagen der Emissionsberechnung

Die Emissionen aus dem Kfz-Verkehr werden fahrzeugseitig wesentlich durch den im realen Verkehr zu beobachtenden Flottenmix bestimmt. Da die Beobachtung der Bestandszusammensetzung im Verkehr zumindest flächendeckend für den jeweiligen Untersuchungsraum unmöglich ist, wird für das regionsspezifische Emissionsverhalten i. d. R. der im entsprechenden regionalen Fahrzeugregister gemeldete Bestand zugrunde gelegt. Dieser so genannte statische Bestand wird in einem zweiten Schritt mit einer spezifischen Jahresfahrleistung für einzelne Kfz-Klassen und Straßenarten gewichtet. Das Ergebnis ist ein regionsspezifischer dynamischer Flottenmix für die verschiedenen Straßenarten.

Auf der anderen Seite stehen Emissionsfaktoren, die in Form des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, aktuell in der Version 2.1 /INFRAS 2004/ vorliegen. Als Ergebnis umfangreicher Programme zur Ermittlung des Fahr- und Emissionsverhaltens sind diese Emissionsfaktoren für Pkw, INfz, sNfz (Lkw, Last-/Sattelzug, Bus) und Krad ermittelt worden. Die so genannten Schichtemissionsfaktoren liegen pro Fahrzeuggruppe für einzelne Fahrzeug-Schichten, die sich aufgrund der Antriebsart, des eingesetzten Schadstoffminderungskonzeptes, der Hubraumklasse sowie des Zulassungsjahres unterscheiden, vor. Diese Schichtemissionsfaktoren bilden die Grundlage der Berechnung von regionsspezifischen Emissionsfaktoren.

Durch Verknüpfung des regionsspezifischen dynamischen Flottenmixes mit den Schichtemissionsfaktoren der verschiedenen Fahrzeugschichten einer Fahrzeuggruppe können untersuchungsgebietsspezifische Basisemissionsfaktoren für die einzelnen Fahrzeuggruppen (Pkw, INfz, sNfz und Krad) abgeleitet werden.

Die Vorgehensweise zur Ermittlung der regionsspezifischen Emissionsfaktoren für Pforzheim für die Jahre 2008, 2010 und 2012 und die dazu verwendeten Datengrundlagen sind in /RAU 2006, RAU 2007/ ausführlich erläutert. Die Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2009 wurden analog ermittelt.

#### 3.1 Bestandszusammensetzung 2009

In den nachfolgenden Bildern ist die prognostizierte Entwicklung der Bestandszusammensetzung und Pkw und die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) auf Innerortsstraßen von 2008 bis 2012 dargestellt, wobei die Daten für 2009 neu ermittelt wurden und die Daten für 2008 und 2010 und 2012 aus /RAU 2006, RAU 2007/ entnommen sind.

Grundsätzlich zeigt sich bei allen Fahrzeuggruppen, dass sich die Bestandszusammensetzung zukünftig verändern wird, hin zu Fahrzeugen, die die strengeren Abgasnormen (EURO4, EURO5) erfüllen. Zusätzlich ist die Zunahme des Anteils der Diesel-Pkw aufgrund des deutlich angestiegenen Anteils der Diesel-Pkw bei den Neuzulassungen in den letzten Jahren hervorzuheben.

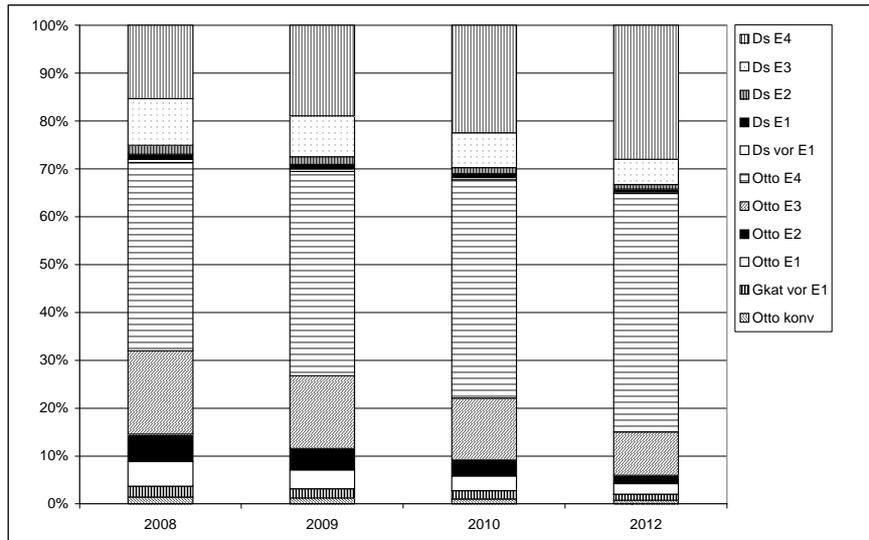


Bild 3.1: Entwicklung der Pkw-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

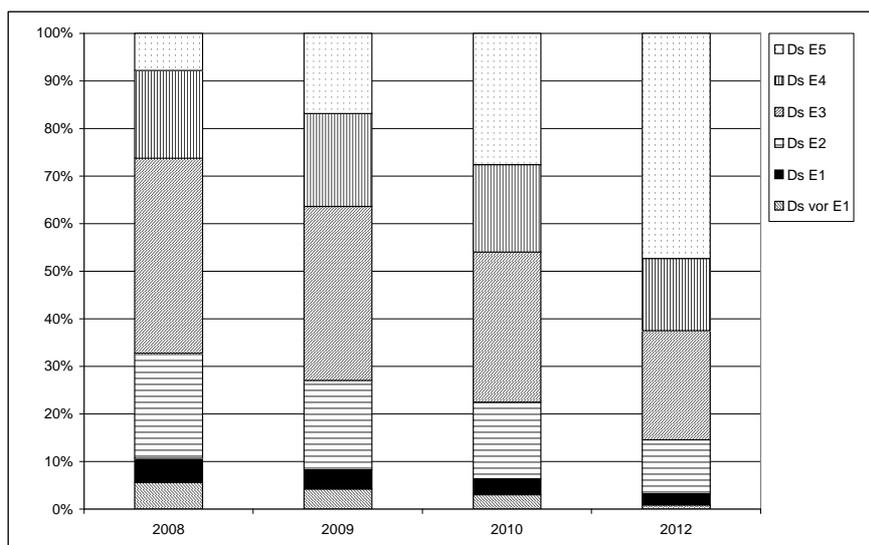


Bild 3.2: Entwicklung der sNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

Bild 3.1 zeigt, dass bis 2009 ein Anstieg des Diesel-Pkw-Anteils auf knapp 31% prognostiziert wird, bis 2012 auf 35%. Der Anteil der Pkws, die die EURO4-Norm einhalten, wird in 2009 bei ca. 62% liegen und bis 2012 auf 78% ansteigen. Bei den sNfz (Bild 3.2) wird der Anteil der Fahrzeuge, die die EURO4-Norm oder EURO5-Norm einhalten, 2009 bei ca. 36% und 2012 bei knapp 63% liegen.

### 3.2 NO<sub>x</sub>- und PM10-Dieselabgas-Emissionsfaktoren

Auf der Grundlage der dynamischen Bestandszusammensetzung auf Schichtebene (vgl. Kap. 3.1) und der spezifischen Schichtemissionsfaktoren /INFRAS 2004/ wurden für das Jahr 2009 pro Fahrzeuggruppe spezifische Emissionsfaktoren pro Fahr-  
muster/Verkehrssituation ermittelt. Sie liegen für verschiedene Längsneigungsklassen (0%, +/-2%, +/-4%, +/-6%) vor.

Für NO<sub>x</sub> und PM10-Dieselabgas sind die für das Prognosejahr 2009 ermittelten Emissionsfaktoren, aufgetragen über die mittlere Fahrgeschwindigkeit der Fahr-  
muster/Verkehrssituationen<sup>1</sup>, in Bild 3.3 und Bild 3.4 dargestellt.

Die spezifischen Emissionsfaktoren geben die emittierte Schadstoffmenge in g pro Fahrzeug und gefahrenen Kilometer an.

Die Darstellungen zeigen deutlich, dass die spezifischen NO<sub>x</sub>- und PM10-Abgas-Emissionsfaktoren der schweren Nutzfahrzeuge teilweise mehr als Faktor 10 größer sind als die der Pkw, d. h. dass die schweren Nutzfahrzeuge entsprechend überproportional zu den Gesamtemissionen beitragen.

Ebenso ist zu erkennen, dass die spezifischen NO<sub>x</sub>- und PM10-Abgas-Emissionsfaktoren insbesondere für die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) für Verkehrssituationen<sup>1</sup> mit geringeren Geschwindigkeiten ansteigen.

---

<sup>1</sup> Fahr-  
muster/Verkehrssituationen beschreiben das mittlere Fahrverhalten in einem Straßenabschnitt. Verkehrssituationen mit geringen Geschwindigkeiten weisen auf einen höheren Störungsgrad im Verkehrsablauf hin (d.h. mehr Verzögerungs-, Stillstands- und Beschleunigungsanteile)

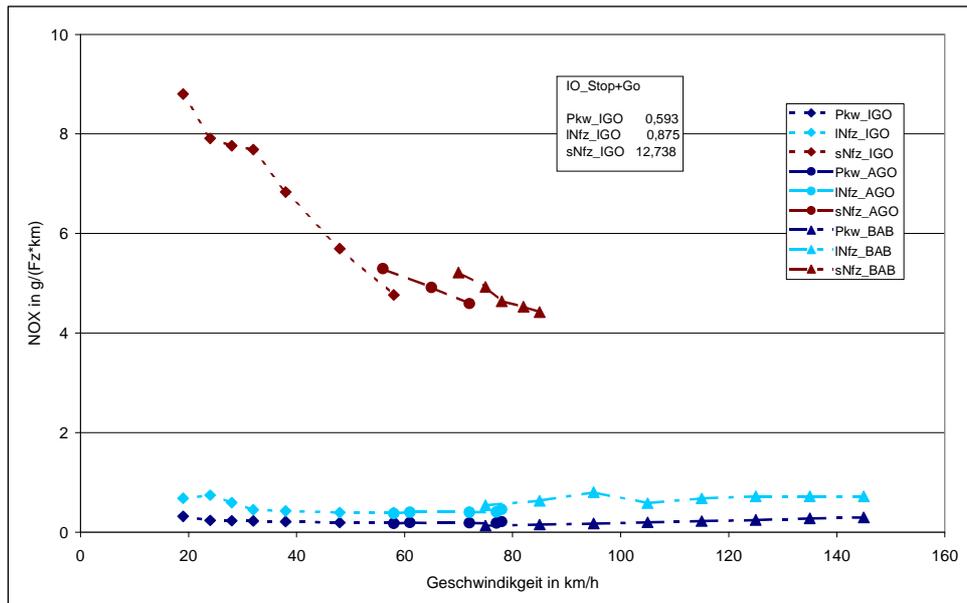


Bild 3.3: NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2009 für Innerortsstraßen (IGO), Außerortsstraßen (AGO) und Autobahnen (BAB) (sinkende Geschwindigkeiten bei innerörtlichen Verkehrssituationen sind verbunden mit größeren Störungen im Verkehrsablauf; daher sind diese Emissionsfaktoren zur Ableitung von anderen Verkehrssituationen wie z.B. T30 nicht geeignet)

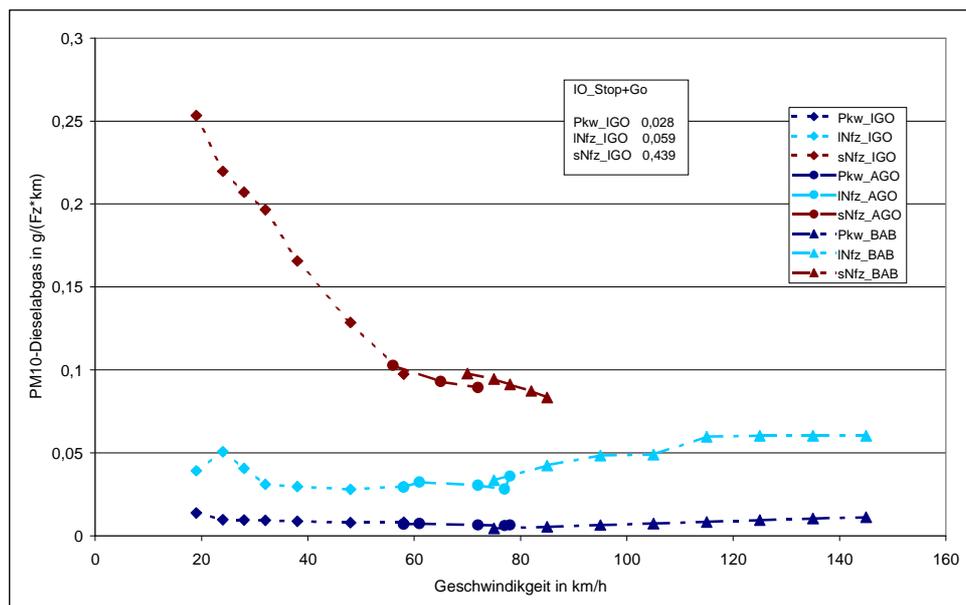


Bild 3.4: PM10-Dieselabgas-Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2009 für Innerortsstraßen (IGO), Außerortsstraßen (AGO) und Autobahnen (BAB) (sinkende Geschwindigkeiten bei innerörtlichen Verkehrssituationen sind verbunden mit größeren Störungen im Verkehrsablauf; daher sind diese Emissionsfaktoren zur Ableitung von anderen Verkehrssituationen wie z.B. T30 nicht geeignet)

**Abgasemissionsfaktoren PM10-Otto**

Die Partikelemissionen, die aus Dieselmotoren abgegeben werden, stellen zwar den überwiegenden Anteil, nicht aber die Gesamtmenge der Abgas-Partikelemissionen dar. In der Vergangenheit wurden ausschließlich die Abgas-Partikelemissionen der Dieselfahrzeuge ausgewiesen, da nur für diese Fahrzeugschichten die Partikelemissionen vermessen worden waren und entsprechende Basisemissionsfaktoren vorliegen /UBA 1994, INFRAS 2004/. Grund hierfür ist, dass bisher davon ausgegangen wurde, dass die Partikelemissionen aus Ottomotoren vernachlässigbar gering sind. In jüngster Zeit wird aber auch verstärkt über die Partikelemissionen aus Ottomotoren und deren Anteil an den gesamten Partikelabgasemissionen diskutiert. Es liegen bisher nur einige Messungen an wenigen Einzelfahrzeugen vor. Die Ableitung von repräsentativen Emissionsfaktoren für die Gesamtflotte ist aufgrund dieser Datenlage noch nicht möglich.

Analog zu den Berechnungen für die Jahre 2008, 2010 und 2012 wurden hier auf Basis der vorliegenden Daten abgeschätzte Emissionsfaktoren zur Emissionsberechnung für 2009 verwendet /RAU 2006, RAU 2007/.

**3.3 PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb**

Um die gesamten verkehrsbedingten PM10-Emissionen zu erfassen, müssen neben den Abgasemissionen die Emissionen infolge von Reifen-, Brems- und Kupplungsabrieb, Straßenabrieb und Aufwirbelung von Straßenstaub berücksichtigt werden.

Da die Datenbasis zur Ableitung der spezifischen Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb noch recht gering ist, wurde in jüngster Zeit verstärkt versucht, eine Verbesserung der Datenlage zu schaffen. So wurden in einer Schweizer Untersuchung /BUWAL 2003/ aus Messungen abgeleitete spezifische PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb für 6 ausgewählte Straßenabschnitte aufgeführt (vgl. Tab. 3.1).

*Tab. 3.1: Mittlere PM10-Emissionsfaktoren durch Abrieb und Aufwirbelung für Kfz und für leichte Motorwagen (LMW) und schweren Motorwagen (SMW) aus /BUWAL 2003/*

Straßenabschnitt		EF PM10 g/(km*Kfz)	LMW g/(km*LMW)	SMW g/(km*SMW)
Aathal	außerorts, Tempo 50, Ebene	0,044	0,033	0,207
Birrhald (flüssiger Verkehr)	Autobahn, Tempo 120, Ebene	0,05	0,047	0,074
Humlikon	Autobahn, Tempo 100/80, Ebene	0,037	0,022	0,144
Rosengartenstraße	innerorts, Tempo 50, Steigung/Gefälle 8%	0,022	0,017	0,115
Schimmelstraße	innerorts, Tempo 50, bei LSA, Ebene	0,142	0,092	0,819
Weststraße	innerorts, Tempo 50, 50m von LSA, Ebene	0,075	0,039	0,383

In Anknüpfung an die Vorgehensweise in /BUWAL 2003/ wurden in /DÜRING 2004a, DÜRING 2004b/ PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb veröffentlicht, die durch Auswertung verschiedener aktueller Messdaten ermittelt wurden. Es wurde dabei versucht, die Emissionsfaktoren (analog zu den Abgas-Emissionsfaktoren) kompatibel zu den Verkehrssituationen nach /INFRAS 2004/ anzugeben.

Auf der Grundlage dieser Daten wurde ein Berechnungsansatz zur Ermittlung der PM10-Emissionen durch Aufwirbelung und Abrieb abgeleitet /SCHNEIDER 2006/. Die danach ermittelten spezifischen Emissionsfaktoren sind in Tab. 3.2 aufgeführt.

Tab. 3.2: PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb differenziert nach Verkehrssituationen

Hauptverkehrssituation	Störungsgrad (1 =gering, 2=mittel 3=groß)	PM10-Emissionsfaktor Aufwirbelung und Abrieb	
		Pkw/Infz mg/(Fz*km)	sNfz
Hauptverkehrsstraße, Tempolimit>50 km/h (HSV>50)	1	22	200
	2	27	250
	3	35	330
Hauptverkehrsstraße, vorfahrtsberechtigt (HSV)	1	22	200
	2	31	290
	3	45	420
Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage (LSA)	1	29	260
	2	43	390
	3	60	550
Nebenstraßen (NS)	1	29	260
	2	43	390
	3	70	630
Straßen im Kernbereich (KERN)	1	31	280
	2	43	390
	3	70	630
Stop&Go		90	800

Es wird davon ausgegangen, dass der Fahrbahnbelag bei den Messungen typisch für eine asphaltierte Straße mit guter Beschaffenheit war und auch im Seitenbereich keine unbefestigten Bereiche (als Quelle für PM10) vorlagen, so dass die in Tab. 3.2 aufgeführten Emissionsfaktoren für einen guten Straßenzustand gelten.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass diese Emissionsfaktoren noch als sehr grob einzuschätzen sind, da diese aus einigen wenigen Messergebnissen abgeleiteten Werte auf alle Verkehrssituationen und Streckenabschnitte angewendet und verallgemeinert werden, ohne irgendwelche weiteren Einflüsse oder streckenspezifische Charakteristika zu berücksichtigen.

## 4 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs Trendprognose 2009

Unter Verwendung der in Kap. 2 dargestellten Verkehrsdatenbasis und der in Kap. 3 beschriebenen PM10- und NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren wurden die PM10- und NO<sub>x</sub>-Emissionen für die Trendprognose 2009 streckenspezifisch für die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße und die angrenzenden Straßenabschnitten berechnet.

Die pro Tagesgruppe ermittelten stündlichen Emissionen wurden zu Jahreswerten aggregiert. Tab. 4.1 zeigt die Jahresfahrleistungen und Gesamtemissionen differenziert nach Fahrzeuggruppen für den Hot Spot Zerrennerstraße, Tab. 4.2 die analogen Ergebnisse für den Hot Spot Jahnstraße.

Tab. 4.1 Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und NO<sub>x</sub>- bzw. PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Zerrennerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2009

		Pkw	INfz	sNfz	Kfz	
DTV	Kfz/24h	20.378	581	493	21.452	
		95,0%	2,7%	2,3%	100,0%	
NO <sub>x</sub>	kg/a*km	1.966,1	113,8	1.336,0	3.415,9	
		57,6%	3,3%	39,1%	100,0%	
PM10 Abgas ges.	kg/a*km	113,6	7,8	35,0	156,4	29%
		72,6%	5,0%	22,4%	100,0%	
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/a*km	310,1	8,2	62,6	380,8	71%
		81,4%	2,1%	16,4%	100,0%	
PM10 Gesamt	kg/a*km	423,7	16,0	97,5	537,2	100%
		78,9%	3,0%	18,2%	100,0%	

Tab. 4.2 Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und PM10-bzw. NO<sub>x</sub>-Jahresemissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2009

		Pkw	INfz	sNfz	Kfz	
DTV	Kfz/24h	21.630	621	714	22.965	
		94,2%	2,7%	3,1%	100,0%	
NO <sub>x</sub>	kg/a*km	1.669,2	101,6	1.701,2	3.472,0	
		48,1%	2,9%	49,0%	100,0%	
PM10 Abgas ges.	kg/a*km	100,2	7,1	40,3	147,6	31%
		67,9%	4,8%	27,3%	100,0%	
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/a*km	243,6	6,8	70,7	321,2	69%
		75,9%	2,1%	22,0%	100,0%	
PM10 Gesamt	kg/a*km	343,9	13,9	111,1	468,8	100%
		73,3%	3,0%	23,7%	100,0%	

Der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) an der Fahrleistung liegt für die Zerrengerstraße bei etwas über 2% und für die Jahnstraße bei 3%. Dagegen liegen die Anteile der NO<sub>x</sub>-Emissionen der sNfz bei 39% bzw. 40% und die Anteile der PM10-Gesamtemissionen bei 18% bzw. 24%. Der Anteil der PM10-Emissionen Aufwirbelung und Abrieb an den PM10-Gesamtemissionen liegt bei 29% bzw. 31%.

## **5 Emissionsseitige Maßnahmenwirkungen an den Hotspots**

Vom Regierungspräsidium Karlsruhe wurden in Zusammenarbeit mit der Stadt Pforzheim im Zuge der Aufstellung eines Luftreinhalteplanes (für NO<sub>2</sub>) verschiedene Maßnahmen vorrangig zur Entlastung der Innenstadt vorgeschlagen /REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005/, darunter auch die Maßnahme der Einführung eines flächenhaften Fahrverbotes in der Umweltzone ab 1.1.2010 für Kfz der Schadstoffgruppe 1 (gemäß Kennzeichnungsverordnung).

Im Aktionsplan Pforzheim wird die Maßnahme eines flächenhaften Fahrverbotes in der Umweltzone von dem Prognosejahr 2010 vorgezogen. Für diese Maßnahme wurden in /RAU 2007/ Berechnungsergebnisse für das Jahr 2008 vorgestellt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden Abschätzungen zu den emissions- und immissionsseitigen Wirkungen für die zwei Hot Spots Zerrengerstraße und Jahnstraße, die beide innerhalb der Umweltzone liegen, für das Bezugsjahr 2009 durchgeführt.

Im folgenden werden die Datengrundlagen zur Ermittlung der emissionsseitigen Wirkungen pro Maßnahme erläutert, die Ergebnisse der Emissionsberechnungen beschrieben und den entsprechenden Ergebnissen der Trendprognose gegenübergestellt.

Die im Luftreinhalteplan Pforzheim festgelegte Umweltzone für einen Bereich der Innenstadt Pforzheim ist in Bild 5.1 dargestellt. Die durch das Gebiet führenden Bundesstraßen (B10, B294, B463) sind bei den Planungen von dem Fahrverbot ausgenommen.

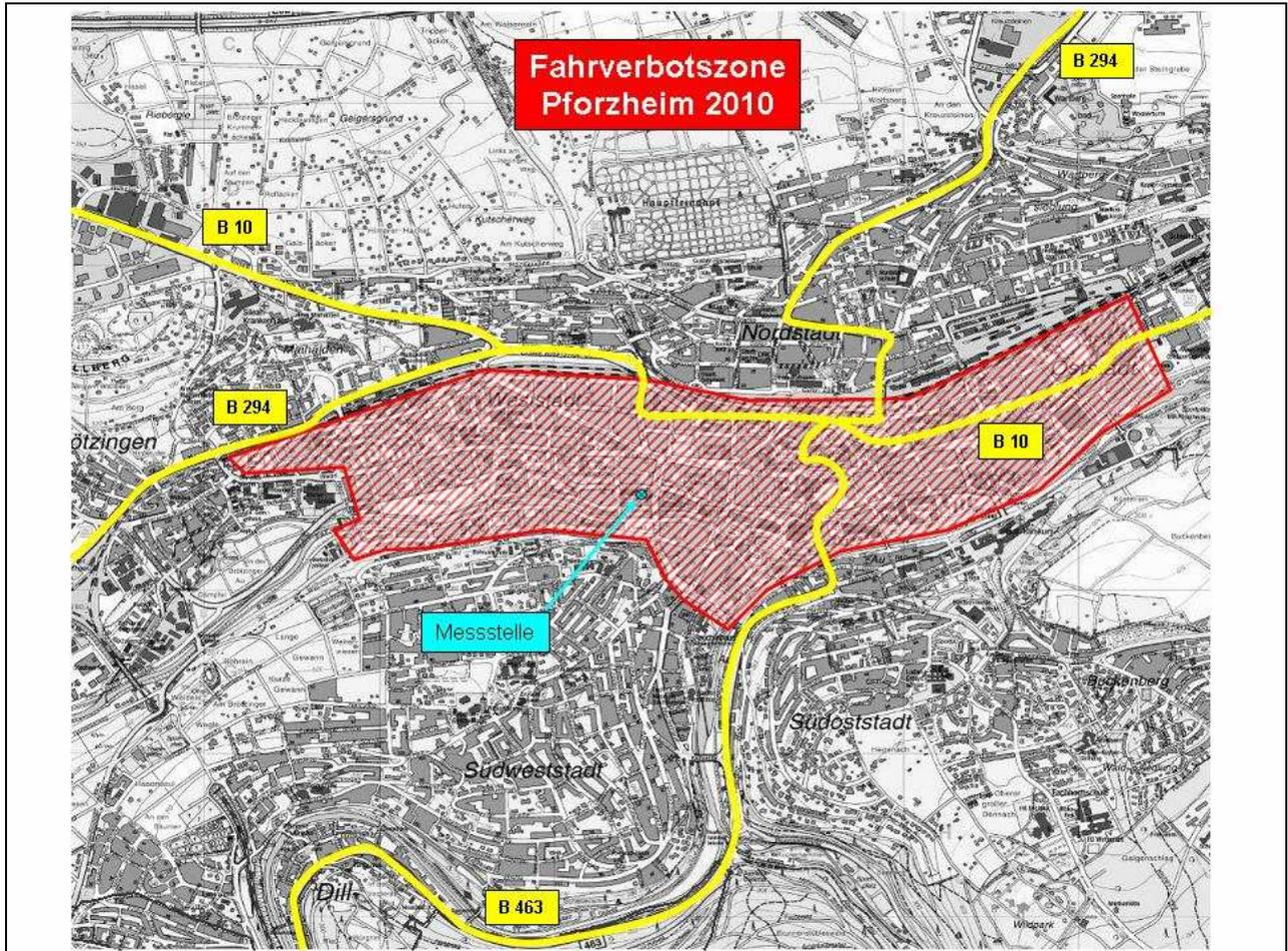


Bild 5.1: Bereich der geplanten Umweltzone in der Stadt Pforzheim /STADT PFORZHEIM 2005/

Mit der vorliegenden Kennzeichnungsverordnung (Stand 10. Oktober 2006, am 1.3.2007 in Kraft getreten) kann in einem Gebiet (Umweltzone) eine Durchfahrtsbeschränkung für Kraftfahrzeuge, die die Anforderungen für bestimmte Schadstoffgruppen nicht erfüllen, umgesetzt werden. Im Juli 2007 wurde eine erste (geplante) Änderung der Kennzeichnungsverordnung veröffentlicht. Dies betrifft zum Einen die Nachrüstung mit Partikelfiltern der Dieselfahrzeuge, die jetzt sowohl für Pkw als auch für Nutzfahrzeuge umfassend in der Straßenverkehrsordnung (StVZO Anlage XXVI und Anlage XXVII) geregelt ist und darauf jetzt in der Kennzeichnungsverordnung verwiesen werden kann und zum Anderen wurden die Pkw mit Gkat nach US-Norm den Otto-Pkw Euro1 gleichgestellt bezüglich der Eingruppierung in die Schadstoffgruppe 4.

In der Kennzeichnungsverordnung ist die Einteilung der Fahrzeuge in vier Schadstoffgruppen (SG) und die Vergabe von drei verschiedenen Plaketten geplant, wie in Tab. 5.1 dargestellt. Demnach erhalten Diesel-Fahrzeuge mit der Schadstoffnorm Euro 1/I und schlechter und Otto-Fahrzeuge vor Euro1 (Ausnahme Gkat nach US-Norm (Anlage XXIII)) keine Plakette. Für die übrigen Fahrzeuge werden drei verschiedene Plaketten vergeben, je nachdem welche Euro-Norm eingehalten wird.

Durch erfolgreiche Nachrüstung eines Partikelfilters können Autofahrer die Eingruppierung in eine bessere Schadstoffgruppe erreichen. Die Nachrüstung von Diesel-Pkw mit einem Partikelfilter wird steuerlich gefördert (im Zeitraum vom 1.1.2006 bis 31.12.2009), während Besitzer von Diesel-Pkw ohne Partikelfilter ab April 2007 bis März 2011 mit einem Steueraufschlag rechnen müssen.

Wenn von der Durchfahrtsbeschränkung in der geplanten Umweltzone z. B. alle Fahrzeuge, die nicht der Schadstoffgruppe 2 oder einer höheren Klasse zugeordnet werden, betroffen sein sollen, sind dies gemäß der Kennzeichnungsverordnung alle Dieselfahrzeuge schlechter als EURO 2 (ausschließlich Diesel, die mit Partikelfilter nachgerüstet sind und somit den Standard EURO 2 erfüllen) und alle Otto-Fahrzeuge schlechter EURO 1, also Schadstoffgruppe 1.

Tab. 5.1: Kennzeichnungsverordnung Stand geplante Änderung Juli 2007

KennzeichnungsVO vom 10. Oktober 2006 mit geplanter Änderung Stand Juli 2007		SG 1 <sup>3)</sup> ohne Plakette	SG 2 <sup>3)</sup> rot mit Ziffer 2	SG 3 <sup>3)</sup> gelb mit Ziffer 3	SG 4 <sup>3)</sup> grün mit Ziffer 4
Pkw /INfz	sNfz				
Diesel Euro 1 <sup>1)</sup> und davor	Diesel Euro I <sup>1)</sup> und davor				
Diesel Euro 2 <sup>1)</sup>	Diesel Euro II <sup>1)</sup>				
Diesel Euro 3 <sup>1)</sup>	Diesel Euro III <sup>1)</sup>				
Diesel Euro 4	Diesel Euro IV, V, EEV <sup>2)</sup>				
Otto vor Euro 1 (ohne Gkat Anlage XXIII <sup>4)</sup> )					
Otto ab Euro 1, Gkat Anlage XXIII <sup>4)</sup> , Elektro-, Brennstoffzellenfahrzeug					

<sup>1)</sup> Die Ausrüstung mit einem Partikelminderungssystem entsprechend der StVZO kann zu einer Heraufsetzung der Schadstoffgruppe führen (Anlage XXVI für Pkw und Anlage XXVII für INfz und sNfz)

<sup>2)</sup> EEV = Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

<sup>3)</sup> Schadstoffgruppe

<sup>4)</sup> Nachträglich werden Fahrzeuge, die von der Anlage XXIII erfasst werden (Emissionsschlüsselnr. 01, 02), und Fahrzeuge, die durch die 52. Ausnahmeverordnung zur StVZO erfasst werden (Emissionsschlüsselnr. 77) den Euro1-Fzgen gleichgestellt.

Es wurden für Pforzheim für die folgende Fahrverbotsmaßnahme Berechnungen durchgeführt:

- Fahrverbot ab 1.1.2009 für alle Kfz ohne Plakette (Schadstoffgruppe 1)

Um die emissionsseitige Wirkung einer Umweltzone zu ermitteln, werden für das Gebiet, bzw. ausgewählte Straßenzüge in dem Gebiet der Umweltzone Emissionsberechnungen durchgeführt. Die potentielle Wirkung auf die außerhalb dieses Gebiets liegenden Strecken kann im Rahmen dieser groben Maßnahmenabschätzung nicht erfasst werden. Hierzu

müssten die durch die Sperrung entstehenden komplexen Verkehrsverlagerungen mit Hilfe eines Umlegungsmodells abgebildet werden.

Es wird zur Wirkungsabschätzung der Umweltzone für 2009 angenommen, dass alle Diesel-Fahrzeuge schlechter EURO 2/II und alle Otto-Fahrzeuge schlechter EURO 1 mit einem Durchfahrtsverbot belegt sind, d. h. nur Fahrzeuge der Schadstoffgruppen 2, 3 und 4 fahren dürfen. Dabei wurden keine Ausnahmen von der Regel berücksichtigt. Generell zugelassen sind in Umweltzonen allerdings Kräder.

Der Maximaleffekt einer Durchfahrtsperre tritt dann ein, wenn sich die Fahrleistung in der Umweltzone um die vom Fahrverbot betroffenen Fahrzeuge verringert. In Realität wird die Maßnahmenwirkung in der Umweltzone ggf. geringer ausfallen, da sich komplexe Verkehrsverlagerungen aufgrund des Durchfahrtsverbots für eine Teilmenge der Fahrzeugflotte durch das Gebiet der Umweltzone ergeben werden. So kann durch die veränderten (reduzierten) Verkehrsstärken in der Umweltzone und den damit ggf. besseren Reisezeiten die Attraktivität dieser Strecken für abgasarme Fahrzeuge deutlich ansteigen. Diese Zusammenhänge können nur mit dem Verkehrsmodell modelliert werden, wobei der Untersuchungsraum auch entsprechend groß zu wählen ist, so dass alle Verkehrsverlagerungen realistisch abgebildet werden können. In Pforzheim sind die Bundesstraßen von der Umweltzone ausgenommen, d.h. auf diesen dürfen die Fahrzeuge, die vom Verbot betroffen sind, fahren.

Auch wird es möglicherweise zu einer verstärkten Flottenveränderung (im Vergleich zur erwarteten Trendentwicklung) kommen, wenn nach Realisierung der Umweltzone Altfahrzeuge, die vom Fahrverbot betroffen sind, schneller als gewöhnlich durch neuere Fahrzeuge ersetzt werden, die nicht vom Fahrverbot betroffen sind. Eine Prognose wie schnell dies geschehen wird, ist schwierig. Ebenso ist die Frage schwierig zu beantworten, ob der starke Zuwachs bei Diesel-Pkw der letzten Jahre dann noch weiter anhält und welcher Anteil der älteren Diesel-Pkw mit einem Partikelfilter nachgerüstet wird.

Um eine erste Aussage über die mögliche Wirkung einer Umweltzone zu bekommen, wird daher in einer Maximalabschätzung die Annahme zu Grunde gelegt, dass sich die Fahrleistung gegenüber der Trendsituation in der Umweltzone um den Anteil der Fahrzeuge, die vom Fahrverbot betroffen sind, reduziert. Die in der Umweltzone verkehrende Fahrzeugflotte wird sich aus den vom Fahrverbot nicht betroffenen Fahrzeugen zusammensetzen und damit deutlich schadstoffärmer sein.

Ausgehend von den dynamischen Bestandszusammensetzungen, die für den Trend 2009 prognostiziert wurden, wurde die Abschätzung der Maßnahmenwirkung durch Ausgrenzung aller betroffenen Fahrzeugarten für die Umweltzone auf der Grundlage der Daten in Tab. 5.2 ermittelt.

Im Maßnahmenfall „Verbot für Diesel schlechter Euro 2/III und Otto schlechter EURO 1 (Schadstoffgruppe 1)“ sind im Jahr 2009 demnach knapp 3% der Pkw und ca. 8% der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) von einem Durchfahrtsverbot betroffen.

Tab. 5.2: Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an der Fahrleistung (innerorts) differenziert nach Fahrzeugarten, Prognosejahr 2009 (grau unterlegt: Fahrzeuge Schadstoffgruppe 1 (SG 1))

2009	Pkw	Infz	sNfz
Ds vor E1	0,5%	2,8%	4,2%
Ds E1	0,9%	6,4%	4,1%
Ds E2	1,6%	11,8%	18,8%
Ds E3	8,5%	21,6%	36,6%
Ds E4	19,0%	44,9%	19,5%
DS E5	0,0%	0,0%	16,9%
Otto konv	1,2%	0,1%	
Otto Gkat vor E1	0,0%	1,2%	
Otto Gkat UsNorm *	1,9%		
Otto E1	3,9%	0,0%	
Otto E2	4,5%	1,0%	
Otto E3	15,2%	1,7%	
Otto E4	42,7%	8,5%	

\* durch die geplante Änderung der KVO erhalten diese Pkw SG4

Die Emissionsfaktoren für die Umweltzone wurden unter Berücksichtigung der veränderten dynamischen Bestandszusammensetzungen neu ermittelt, wobei die vom Verbot betroffenen Fahrzeugschichten im Vergleich zum Trend 2009 herausgenommen wurden.

Insgesamt ergibt sich dadurch ein im Vergleich zum Trend 2009 niedrigeres spezifisches Emissionsverhalten der Fahrzeugflotte, da die älteren hoch emittierenden Fahrzeuge ausgeschlossen sind.

Die Emissionsberechnungen wurden für die Umweltzone ansonsten analog zur Trendprognose 2009 durchgeführt.

Geht man, wie oben beschrieben im Sinne einer Maximalabschätzung der Maßnahmenwirksamkeit, davon aus, dass die vom Verbot betroffenen Fahrzeuge bzw. deren Fahrleistung in dem Streckenabschnitt ersatzlos entfallen, dann ergeben sich die in Tab. 5.3 und Tab. 5.4 dargestellten maximalen Fahrleistungs- und Emissionsreduktionen für die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße. Klar ist, dass die aus der Umweltzone verlagerten Verkehre und Emissionen an anderen Stellen zusätzlich hinzukommen, ggf. mit einer insgesamt erhöhten Fahrtstrecke.

Tab. 5.3: Vergleich der DTV-Werte und NO<sub>x</sub>- bzw. PM10-Emissionen für den Hot Spot Zerrenerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2009

			Pkw	INfz	sNfz	Kfz
DTV	Kfz/24h	2009 Trend	20.378	581	493	21.452
		2009 Umweltz.	19.844	519	453	20.816
		Diff in %	-2,6%	-10,7%	-8,1%	-3,0%
NO <sub>x</sub>	kg/(a*km)	2009 Trend	1.966,1	113,8	1.336,0	3.415,9
		2009 Umweltz.	1.717,7	88,7	1.186,5	2.992,9
		Diff in %	-12,6%	-22,1%	-11,2%	-12,4%
PM 10 Abgas	kg/(a*km)	2009 Trend	113,6	7,8	35,0	156,4
		2009 Umweltz.	95,4	5,6	26,2	127,1
		Diff in %	-16,1%	-28,5%	-25,1%	-18,7%
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/(a*km)	2009 Trend	310,1	8,2	62,6	380,8
		2009 Umweltz.	289,2	7,0	55,4	351,6
		Diff in %	-6,7%	-14,2%	-11,5%	-7,7%
PM10 Gesamt	kg/(a*km)	2009 Trend	423,7	16,0	97,5	537,2
		2009 Umweltz.	384,6	12,6	81,5	478,7
		Diff in %	-9,2%	-21,2%	-16,4%	-10,9%

Tab. 5.4: Vergleich der DTV-Werte und NO<sub>x</sub>- bzw. PM10-Emissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2009

			Pkw	INfz	sNfz	Kfz
DTV	Kfz/24h	2009 Trend	21.630	621	714	22.965
		2009 Umweltz.	21.064	555	654	22.273
		Diff in %	-2,6%	-10,6%	-8,4%	-3,0%
NO <sub>x</sub>	kg/(a*km)	2009 Trend	1.669,2	101,6	1.701,2	3.472,0
		2009 Umweltz.	1.463,5	80,9	1.530,4	3.074,7
		Diff in %	-12,3%	-20,4%	-10,0%	-11,4%
PM 10 Abgas	kg/(a*km)	2009 Trend	100,2	7,1	40,3	147,6
		2009 Umweltz.	87,0	5,2	31,5	123,7
		Diff in %	-13,2%	-26,3%	-22,0%	-16,2%
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/(a*km)	2009 Trend	243,6	6,8	70,7	321,2
		2009 Umweltz.	237,2	6,1	64,8	308,1
		Diff in %	-2,6%	-10,6%	-8,4%	-4,1%
PM10 Gesamt	kg/(a*km)	2009 Trend	343,9	13,9	111,1	468,8
		2009 Umweltz.	324,3	11,3	96,2	431,8
		Diff in %	-5,7%	-18,6%	-13,4%	-7,9%

Für den Maßnahmenfall Umweltzone 2009 werden für die Hot Spots Zerrenerstraße und Jahnstraße Reduktionen von ca. 12% für die straßenverkehrsbedingten NO<sub>x</sub>-Emissionen und von ca. 11% bzw. 8% für die PM10-Gesamtemissionen im Vergleich zur Trendprognose 2009 prognostiziert, während der Fahrleistungsanteil der vom Verbot betroffenen Kfz hier bei 3% liegt. Die im Vergleich zur Fahrleistungsreduktion höheren Reduktionen der Emissionen resultieren aus dem Zusammenwirken der Veränderungen der Fahrzeugflotte hin zu emissi-

onsärmeren Fahrzeugen, der Reduktion der Fahrleistung und der Verbesserung des Verkehrsablaufs (Abbau von großen Störungen (bis hin zu Stau) in den Spitzenstunden).

In Realität wird die Maßnahmenwirkung in der Umweltzone (hier betrachtet für die Hot Spots) vermutlich eher geringer ausfallen, da sich komplexe Verkehrsverlagerungen aufgrund des Durchfahrtsverbots (für eine Teilmenge der Fahrzeugflotte) durch das Gebiet der Umweltzone ergeben werden. Dagegen kann der Effekt einer beschleunigten Flottenumwandlung (oder auch die Nachrüstung mit Partikelfiltern) aufgrund der Einrichtung der Umweltzone, der schwer einzuschätzen ist, zu einer weiteren Verbesserung des spezifischen Emissionsverhaltens der Fahrzeugflotte führen, wobei dann aber auch weniger Fahrzeuge vom Fahrverbot betroffen sein werden. Diese schwer abzuschätzenden Effekte konnten bei den durchgeführten Berechnungen nicht berücksichtigt werden.

## 6 Immissionsseitige Wirkung

### 6.1 Einführung

In Kapitel 1 wurde bereits darauf hingewiesen, dass die zu erwartende Immissionsbelastung im Bereich der beiden Belastungsschwerpunkte Zerrennerstraße und Jahnstraße für die Trendprognose 2009 sowie zur Ermittlung der Auswirkung eines Fahrverbotes (Einrichten einer Umweltzone) nicht exakt berechnet, sondern aus der in den Kapiteln 2 bis 5 hergeleiteten Emissionsentwicklung und aus den bisher vorliegenden genauen Immissionsberechnungen abgeleitet werden soll. Es handelt sich somit um eine immissionsseitige Abschätzung.

Für PM<sub>10</sub> wurden für das Bezugsjahr 2008 Immissionsberechnungen für die Trendprognose und die Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone“ durchgeführt (/IB Rau, 2007/. Auf Grund der detaillierten Untersuchung der Emissionsentwicklung für das Bezugsjahr 2009 für die Trendprognose und die Maßnahme „Einrichtung einer Umweltzone“ kann die im Jahre 2009 im Bereich der Belastungsschwerpunkte zu erwartende PM<sub>10</sub>-Immissionskonzentration recht gut abgeschätzt werden (s. Kapitel 6.2).

Für NO<sub>2</sub> wurden bisher lediglich für die Zerrennerstraße für die Bezugsjahre 2010 und 2012 Immissionsberechnungen durchgeführt. Aus diesen Ergebnissen und der Emissionsentwicklung von 2008 bis 2010 kann mit guter Genauigkeit die zu erwartende Immissionskonzentration abgeleitet werden. Für die Jahnstraße gestaltet sich dies, da bisher NO<sub>2</sub> immissionsseitig noch nicht betrachtet wurde, schwierig. Es erfolgt eine Abschätzung der NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentration über das Emissionsverhältnis von PM<sub>10</sub> zu NO<sub>x</sub>.

### 6.2 Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Immissionskonzentrationen für das Bezugsjahr 2009 im Bereich der Belastungsschwerpunkte

In Tab. 5.3 wurde für die Zerrennerstraße eine Emissionsminderung bei Umsetzung des Fahrverbotes von 10,9% gegenüber der Trendprognose 2009 ermittelt. Vergleicht man die Trendprognose 2008 (/IB Rau, 2007) mit der Trendprognose 2009, dann zeigt sich ein leichter Anstieg in den zu erwartenden PM<sub>10</sub>-Emissionen um ca. 2,3%. Vergleicht man die Trendprognose 2008 mit der Maßnahme Fahrverbot im Bezugsjahr 2009, erhält man eine Emissionsminderung von 8,9%. Das bedeutet, dass die Immissionszusatzbelastung im Bereich der Zerrennerstraße in etwa auch um diesen Betrag abnehmen wird. Für das Jahr 2008 wurde aus Messungen an der Station Pforzheim-Mitte für die Hintergrundbelastung eine Immissionskonzentration von 21 µg/m<sup>3</sup> abgeschätzt. Die Abschätzung erfolgte in Anlehnung an die in der /MLuS 2002/ gegebenen gebietstypischen Reduktionsfaktoren für Hintergrundbelastungswerte. Für das Bezugsjahr 2009 ergibt sich analog eine weitere

geringfügige Reduktion auf  $20,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Im Bereich der Messstelle in der Zerrennerstraße wurde mit MISKAM für das Jahr 2008 (Trendprognose) eine Immissionskonzentration von  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel berechnet. Unter Berücksichtigung der oben diskutierten Emissionsentwicklung und unter Berücksichtigung der Entwicklung der Hintergrundbelastung ist im Jahre 2009 somit ein PM10-Jahresmittel von ebenfalls  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Trendprognose und ca.  $30,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ zu erwarten.

Im Bereich der Jahnstraße wurde bei Umsetzung des Fahrverbotes eine Emissionsminderung von 7,9% gegenüber der Trendprognose 2009 ermittelt (s. Tab. 5.4). Die PM10-Emissionsminderung der Trendprognose 2009 gegenüber 2008 ist gering und beträgt ca. 0,9%. Verglichen mit der Trendprognose 2008 errechnet sich für die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ im Jahre 2009 eine Emissionsminderung von 8,7%. Die Immissionsminderung der Zusatzbelastung ist ebenfalls in diesem Bereich zu erwarten. Unter Berücksichtigung der leichten Minderung der Hintergrundbelastung bis zum Jahre 2009 lässt sich für die Trendprognose 2009 ein Jahresmittel für die PM10-Gesamtkonzentration von  $28,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und ca.  $27,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ ableiten. Der für das Jahr 2008 damals errechnete Wert lag vergleichsweise bei  $28,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **6.3 Ermittlung der NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentrationen für das Bezugsjahr 2009 im Bereich der Belastungsschwerpunkte**

Die Abschätzung der Immissionskonzentration für die Zerrennerstraße, Bezugsjahr 2009, erfolgt auf Basis der Immissionsberechnungen für das Bezugsjahr 2010. Im Gegensatz zu PM10 ist die Beziehung zwischen den NO<sub>x</sub>-Emissionen und den NO<sub>2</sub>-Immissionen nicht linear. Das Verhältnis von NO<sub>x</sub> zu NO<sub>2</sub> verhält sich unterproportional, d.h. eine NO<sub>x</sub>-Emissionsminderung um einen bestimmten Prozentsatz führt zu einer deutlich geringeren Immissionsminderung.

Für den Hot Spot Zerrennerstraße wurde für das Bezugsjahr 2010 (Trendprognose) ein NO<sub>2</sub>-Jahresmittel von  $51,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet (/IB Rau, 2006/). Die Emissionsberechnungen zeigen für das Jahr 2009 eine um ca. 4,5% höhere Emission verglichen mit dem Jahr 2010. Andererseits verringert sich die NO<sub>x</sub>-Emission bei der Maßnahme „Umweltzone“ gegenüber der Trendprognose 2010 um ca. 8,5%. Dieser Wert ist für die Immissionsabschätzung der Zusatzbelastung für die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ im Bezugsjahr 2009 maßgebend. Analog dem Vorgehen bei PM10 wird auch bei NO<sub>2</sub> eine leichte Korrektur der Hintergrundbelastung für das Jahr 2009 vorgenommen. In diesem Fall erhöht sich der Wert im Jahre 2009 gegenüber dem für das Jahr 2010 angenommenen Wert von  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (s. /IB Rau, 2006/) auf etwa  $26,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Unter Berücksichtigung der nicht linearen Umwandlung von NO<sub>x</sub> zu NO<sub>2</sub> errechnet sich für das Jahr 2009 und die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ ein NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert von ca.  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dieser Wert liegt etwas über dem Wert, der damals mit  $49,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Maßnahme „Umweltzone“, Bezugsjahr 2010 errechnet wurde.

Für den Hot Spot Jahnstraße wurden immissionsseitig bisher lediglich die PM10-Jahresmittelwerte für das Prognosejahr 2008 ermittelt. Wie bereits angesprochen lässt sich über das Emissionsverhältnis von NO<sub>x</sub> zu PM10 am Messpunkt in der Jahnstraße eine voraussichtliche NO<sub>x</sub>-Zusatzbelastung für das Jahr 2008 angeben. Entsprechend den Emissionsberechnungen von AVISO ist am Belastungsschwerpunkt Jahnstraße im Jahre 2009 (Trendprognose) mit einer Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emission und damit auch der NO<sub>x</sub>-Zusatzbelastung von 5,6% gegenüber der Trendprognose 2008 zu rechnen. Bei Realisierung der Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ fällt diese Reduktion mit 8,7% etwas höher aus. Unter Berücksichtigung eines NO<sub>2</sub>-Wertes für die Hintergrundbelastung im Jahre 2009 von 26,4 µg/m<sup>3</sup> wie in der Zerrennerstraße errechnen sich im Bereich der Messstelle NO<sub>2</sub>-Immissionskonzentrationen von 46,2 µg/m<sup>3</sup> für die Trendprognose 2009 bzw. 45,7 µg/m<sup>3</sup> für die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ im Jahre 2009. Diese Abschätzung zeigt, dass in der Jahnstraße das NO<sub>2</sub>-Immissionsniveau insgesamt niedriger liegt als in der Zerrennerstraße, der ab 2010 geltende Grenzwert für das Jahresmittel von 40 µg/m<sup>3</sup> jedoch wie in der Zerrennerstraße nicht eingehalten werden kann.

Die bisher vorgestellten emissions- und immissionsseitigen Abschätzungen für die Maßnahme „Umweltzone“ im Bereich der Hot Spots wurden ohne Einbeziehung der Bundesstraßen in die Umweltzone durchgeführt. In einer Ergänzungsstudie /IB Rau, 2007/ wurde dargelegt, dass sich eine eventuelle Einbeziehung der Bundesstraßen in die geplante Umweltzone Pforzheim auf das Immissionsniveau der durch den Verkehr verursachten städtischen Hintergrundbelastung und somit lediglich indirekt auf die beiden Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße auswirken könnte. Die möglichen emissions- und immissionsseitigen Minderungen liegen danach im Bereich der Hot Spots bei NO<sub>2</sub> im Jahresmittel zwischen 0,7 und 1,3 µg/m<sup>3</sup>, bei PM10 zwischen 0,1 und 0,3 µg/m<sup>3</sup>.

## 7 Zusammenfassung

Als Fortschreibung zu den bisher durchgeführten Untersuchungen des IB Rau im Zusammenhang mit der Erstellung des Luftreinhalteplans des RP Karlsruhe wurde die emissions- und immissionsseitige Situation im Bereich der Belastungsschwerpunkte Zerrennerstraße und Jahnstraße für das Jahr 2009 betrachtet. Neben der Trendprognose wurde auch die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ untersucht. Während die zu erwartende Emissionsentwicklung wie in den bisher durchgeführten Studien sehr detailliert untersucht wurde, wurde die immissionsseitige Auswirkung auf Basis der bisher durchgeführten Immissionsberechnungen für andere Bezugsjahre bzw. auf Basis der berechneten Emissionswerte für das Jahr 2009 abgeschätzt.

Die Abschätzungen für die Trendprognose 2009 bzw. die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“ ergaben am Ort der Spotmessung in der Zerrennerstraße für PM10 einen Jahresmittelwert von  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in der Jahnstraße von  $28,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Bei Einrichten einer Umweltzone reduzieren sich diese Werte auf  $30,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in der Zerrennerstraße und  $27,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in der Jahnstraße. Die Maßnahme Umweltzone im Jahr 2009 liefert am Ort der Spotmessungen somit eine Reduktion der PM10-Jahresmittelwerte um 4% in der Zerrennerstraße und 1,8% in der Jahnstraße. Im Jahr 2009 ist auf Grund der prognostizierten PM10-Jahresmittelwerte an der Messstelle in der Zerrennerstraße für die Trendprognose mit einer Überschreitung des 90,4%-Wertes für PM10 zu rechnen. Bei Realisierung einer Umweltzone ist in der Zerrennerstraße mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Einhaltung der zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes gegeben. Am Belastungsschwerpunkt Jahnstraße wird sowohl für die Trendprognose 2009 als auch bei Realisierung der Umweltzone der 90,4%-Wert (maximal 35 Überschreitungen pro Jahr) sicher eingehalten werden.

Die Ableitung des  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwertes aus den Berechnungsergebnissen für 2010 zeigt für die Zerrennerstraße im Jahre 2009 einen Wert von  $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Trendprognose) bzw.  $49,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“). Der ab 2010 maximal zulässige Immissionswert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Jahre 2009 somit noch deutlich überschritten.

Für die Jahnstraße wurden bisher noch keine detaillierten Immissionsberechnungen durchgeführt. Für die Abschätzung wurde daher u.a. das Emissionsverhältnis von  $\text{NO}_x$  zu PM10 herangezogen. Insgesamt ergibt die Abschätzung ein etwas niedrigeres Immissionsniveau als in der Zerrennerstraße mit  $46,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Trendprognose 2009 und  $45,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für die Maßnahme „Fahrverbot Umweltzone“. Allerdings liegen auch in der Jahnstraße die Immissionskonzentrationen im Jahre 2009 noch deutlich über dem bis zum Jahr 2010 zu erreichenden Immissionswert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für das Jahresmittel.

Bei einer eventuellen Einbeziehung der Bundesstraßen in die geplante Umweltzone Pforzheim sind zusätzliche geringe emissions- und immissionsseitigen Minderungen im Bereich der Hot Spots bei  $\text{NO}_2$  im Jahresmittel zwischen  $0,7$  und  $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , bei PM10 zwischen  $0,1$  und  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  möglich.

## 8 Literaturverzeichnis

### BUWAL 2003

Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Forschungsprojekt ASTRA 2000/415, PSI und EMPA, im Auftrag des BUWAL, Bern, Juli 2003

### DÜRING 2004a

Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen, Düring, I. et al., in: VDI KRdL-Experten-Forum Staub und Staubinhalstoffe 10./11. November 2004, KRdL-Schriftenreihe 33, Düsseldorf 2004

### DÜRING 2004b

Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen, Arbeitspakete 1 und 2, im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden 2004

### INFRAS 2004

Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1, Bern, 2004

### MLUS 2002

Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne und mit lockerer Randbebauung. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln. Ausgabe 2002, geänderte Fassung 2005.

### RAU 2006

Bestimmung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Luftreinhalteplan des RP Karlsruhe – Teilplan Pforzheim

### Rau 2007

Bestimmung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Luftreinhalteplan des RP Karlsruhe – Teilplan Pforzheim

### RAU 2007b

Ergänzende Stellungnahme zu den emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Luftreinhalteplan des RP Karlsruhe – Teilplan Pforzheim

### REG.PRÄSID KARLSRUHE 2001

Regierungspräsidium Karlsruhe, B 294 Westtangente Pforzheim, Aktualisierung der Verkehrsprognose, März 2001

### REG.PRÄSID KARLSRUHE 2005

Regierungspräsidium Karlsruhe, Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Karlsruhe, Teilplan Mühlacker, Karlsruhe, 2005

### SCHNEIDER 2006

Ermittlung der durch Aufwirbelung und Abrieb im Straßenverkehr verursachten PM10-Emis-

sionen – Ein modifizierter Ansatz; C. Schneider, A. Niederau, T. Schulz, A. Brandt;  
aus: Gefahrstoffe Reinhaltung der Luft, Oktober 2006

STADT Pforzheim 2005

Datenlieferung der Stadt Pforzheim zu Verkehrsdaten im Gebiet, erhalten am 18.11.2005

STADT Pforzheim 2005b

Verkehrstechnische Untersuchung zur Umgestaltung des Bereichs „Ehemaliger Kleinbahn-  
hof“ in Pforzheim, im Auftrag der Stadt Pforzheim, Brilon Bondrio Weiser, Oktober 2004

UBA 1994

Umweltbundesamt (Hrsg.), Abgasemissionsfaktoren vom Pkw in der Bundesrepublik  
Deutschland, Abschlussbericht, UBA-FB-91-042, Berlin, 1994