AVISO
AACHENER - VERKEHRS - INGENIEUR - SOZIETÄT

Ingenieurbüro
Matthias Rau

Wind · Wasser · Umwelt

BESTIMMUNG DER EMISSIONS- UND IMMISSIONSSEITIGEN AUSWIRKUNGEN VON MASSNAHMEN IM ZUSAMMENHANG MIT DEM LUFTREINHALTE-/AKTIONSPLAN DES REGIERUNGSPRÄSIDIUMS KARLSRUHE

- 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

27. Dezember 2006

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis I
Abbildungsverzeichnis II
Tabellenverzeichnis III
1 Aufgabenstellung, Einleitung 1
2 Verkehrliche Grundlagendaten 2
3 Grundlagen der Emissionsberechnung 4
3.1 Bestandszusammensetzung 2008 4
3.2 PM10-Abgas-Emissionsfaktoren für Diesel 6
3.3 Abgasemissionsfaktoren PM10-Otto 8
3.4 PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb 8
4 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs Trend-prognose 2008 12
5 Emissionsseitige Maßnahmenwirkungen an den Hotspots 13
6 Immissionsberechnung 19
6.1 Modellvorgaben 19
6.2 Umfang der Berechnungen 21
6.3 Bestimmung statistischer Kenngrößen für PM10 21
6.3.1 Windstatistik 22
6.3.2 Hintergrundbelastung 23
6.3.3 Bestimmung der Gesamtbelastung 23
7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen 24
7.1 Beurteilungsgrundlagen 24
7.2 Immissionskonzentrationen im Bereich der Zerrenner-straße und der Jahnstraße für das Trendszenarium 2008 und die Maßnahme Umweltzone 24
7.2.1 Trendprognose 2008 24
7.2.2 Maßnahme Umweltzone 2008 25
7.3 Zusammenfassung 26
8 Literaturverzeichnis 31

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 lNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet 6

Bild 3.3: Entwicklung der sNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet 6

Bild 3.4: PM10-Abgas-Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2008 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/ 14

Bild 6.1: Lageplan der beiden Untersuchungsgebiete Zerrennerstraße und Jahnstraße, Pforzheim Topografische Karte und Luftbilder, Umwelt-Daten und Karten online (UDO), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de 20

Bild 6.2: Windstatistik Pforzheim-Mitte (Quelle: LfU) 22

Bild 7.1: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Zerrennerstraße, Pforzheim, für die Trendprognose 2008 27

Bild 7.2: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Jahnstraße, Pforzheim, für die Trendprognose 2008 28

Bild 7.3: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Zerrennerstraße, Pforzheim: Maßnahme Umweltzone 29

Bild 7.4: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Jahnstraße, Pforzheim: Maßnahme Umweltzone 30

Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) in Kfz/24h für das Prognosejahr 2008 und Schwerverkehrsanteile für die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße in Pforzheim 2

Tab. 3.1: Spezifische Partikelemissionsfaktoren für Fahrzeuge mit Ottomotoren in mg/(Fz*km) nach /BWPLUS 2001, EMPA 2000/ 8

Tab. 3.2: Mittlere PM10-Emissionsfaktoren (EF) durch Abrieb und Aufwirbelung für Kfz und für leichte Motorwagen (LMW) und schweren Motorwagen (SMW) aus /BUWAL 2003/ 9

Tab. 3.3: PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb differenziert nach Verkehrssituationen 10

Tab. 4.1: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Zerrenerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2008..... 12

Tab. 4.2: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2008 12

Tab. 5.1: Kennzeichnungsverordnung vom 10.Oktober 2006 15

Tab. 5.2: Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an der Fahrleistung (innerorts) differenziert nach Fahrzeugarten, Prognosejahr 2008 16

Tab. 5.3: Vergleich der DTV-Werte und PM10-Emissionen für den Hot Spot Zerrennerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2008 17

Tab. 5.4: Vergleich der DTV-Werte und PM10-Emissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2008 18

Tab. 7.1: Lufthygienische Grenzwerte der 22.BImSchV für PM10..... 24

1 Aufgabenstellung, Einleitung

Das Ingenieurbüro Rau, Heilbronn, erhielt vom Regierungspräsidium Karlsruhe den Auftrag, in Ergänzung zu den Arbeiten, die zur Ermittlung der NO_2-Belastungen in Pforzheim, Belastungsschwerpunkt Zerrennerstraße, für die Prognosejahre 2010 und 2012 bereits durchgeführt worden sind /RAU 2006/, im Rahmen von weitergehenden Berechnungen die PM10-Belastungen für das Prognosejahr 2008 zu ermitteln, wobei neben der Zerrennerstraße als weiterer Belastungsschwerpunkt die Jahnstraße betrachtet werden soll. Es wurden Berechnungen für die Trendprognose 2008 und zu den Wirkungen eines auf das Jahr 2008 vorgezogenen Fahrverbotes von Fahrzeugen der Schadstoffgruppe 1 gemäß Kennzeichnungsverordnung (Umweltzone) durchgeführt.

An einigen Stellen dieses Berichtes wird auf eine ausführlichere Darstellung des Berichtes 2006 /RAU 2006/ 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 2008 (Kapitel 4) und die emissionsseitigen Maßnahmenwirkungen im Bereich des Hot Spots sowie im gesamtstädtischen Raum (Kapitel 5) beschrieben. Kapitel 6 beschreibt die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Immissionsgesamtbelastung für PM10. Kapitel 7 umfasst die Ergebnisse der Immissionsberechnungen und die Bewertung der Ergebnisse. Die für die Bearbeitung verwendete Literatur ist in Kapitel 8 zusammengestellt.

Die in den Kapiteln 2 bis 5 dargestellten Ergebnisse wurden von unserem Kooperationspartner AVISO GmbH, Aachen, im Unterauftrag erarbeitet.

2 Verkehrliche Grundlagendaten

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.

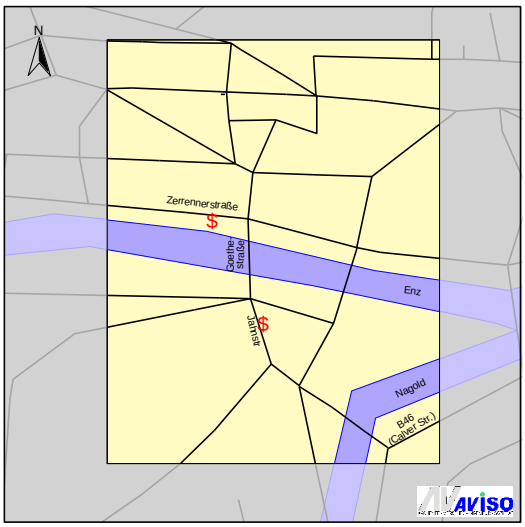

Bild 2.1: Bereich um die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße im Stadtgebiet Pforzheim

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 2008 wurden durch Interpolation zwischen den Jahren 2005 und 2010 ermittelt.

Die ermittelten durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken für die Zerrennerstraße und die Jahnstraße sind für die Trendprognose 2008 der nachfolgenden Tabelle 2.1 zu entnehmen.

Tab. 2.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken (DTV) in Kfz/24h für das Prognosejahr 2008 und Schwerverkehrsanteile für die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße in Pforzheim

	DTV in Kfz/24h	sNfz in %
Zerrenerstraße	21.286	2,30%
Jahnstraße	22.787	3,10%

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/ 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, lNfz, 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 Flottenmix mit den Schichtemissionsfaktoren der verschiedenen Fahrzeugschichten einer Fahrzeuggruppe können untersuchungsgebietsspezifische Basisemissionsfaktoren für die einzelnen Fahrzeuggruppen (Pkw, lNfz, sNfz und Krad) abgeleitet werden.

3.1 Bestandszusammensetzung 2008

Die charakteristische Bestandszusammensetzung wird aus der Zusammensetzung des gemeldeten Kfz-Bestands abgeleitet, wobei einzelne sogen. Fahrzeugschichten differenziert werden, die sich aufgrund der Antriebsart, des eingesetzten Schadstoffminderungskonzepts, der Hubraumklasse sowie des Zulassungsjahres unterscheiden. Die spezifischen Emissionen für die verschiedenen Bestandsschichten liegen (in Form des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (/INFRAS 2004/) für unterschiedliche Geschwindigkeiten/Verkehrssituationen pro Straßenkategorie (innerorts, außer Orts, Autobahn) und pro Bestandsschicht vor.

Um den für das Untersuchungsgebiet in den betrachteten Bezugsjahren repräsentativen statischen Pkw-Bestand entsprechend der Bestandsschichtung der vorhandenen Schichtemissionsfaktoren einteilen zu können, wurden die Pkw-Bestandsdaten des Zulassungsbezirks Pforzheim zugrunde gelegt.

Um die zukünftige Bestandsentwicklung bis zum Prognosejahr 2008 zu ermitteln, wurde ausgehend von der aktuellen Bestandszusammensetzung 2005 eine Trendprognose in Anlehnung an /INFRAS 2004/ und analog zu dem Vorgehen in /RAU 2006/ für die Prognosejahre 2010 und 2012 durchgeführt. Dabei berücksichtigt ist die kontinuierliche Veränderung des Bestands durch Löschungen und Neuzulassungen, wobei die momentan gültigen gesetzlichen Regelungen (EURO2/3/4/5) dazu führen werden, dass sich die Fahrzeugflotte zu emissionsärmeren Fahrzeugen hin entwickeln wird. Bei den Neuzulassungen der Pkw wurde in Anlehnung an die relativ hohen Zulassungszahlen für Diesel in den letzten Jahren ein Dieselanteil von 40 % angesetzt.

Das Emissionsverhalten von schweren Nutzfahrzeugen wird stärker vom überregionalen als vom regionalen Bestand bestimmt, daher wird die bundesmittlere Bestandszusammensetzung für die entsprechenden Bezugsjahre gemäß /INFRAS 2004/ den Berechnungen zugrunde gelegt.

In den folgenden Diagrammen sind die prognostizierten Entwicklungen der dynamischen Bestandszusammensetzungen 2008 bis 2012 für Innerortsstraßen für Pkw, lNfz, und sNfz dargestellt.

Grundsätzlich zeigt sich bei allen Fahrzeuggruppen, dass sich die Bestandszusammensetzung zukünftig verändern wird, hin zu Fahrzeugen, die die strengeren Abgasnormen (EURO4, EURO5) erfüllen.

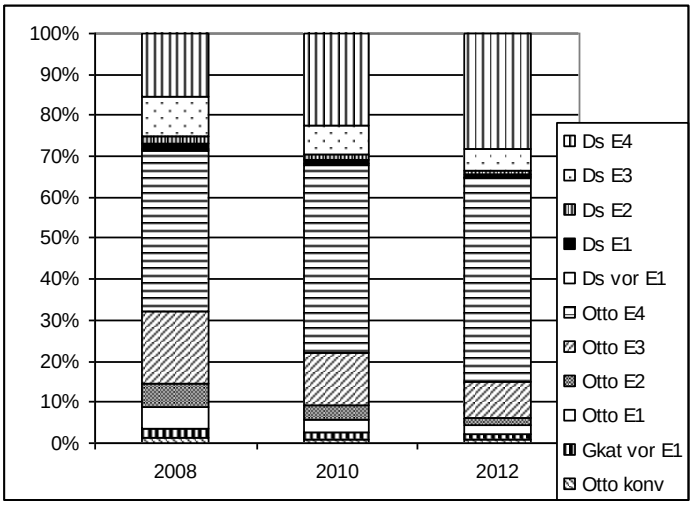

Bild 3.1: Entwicklung der Pkw-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

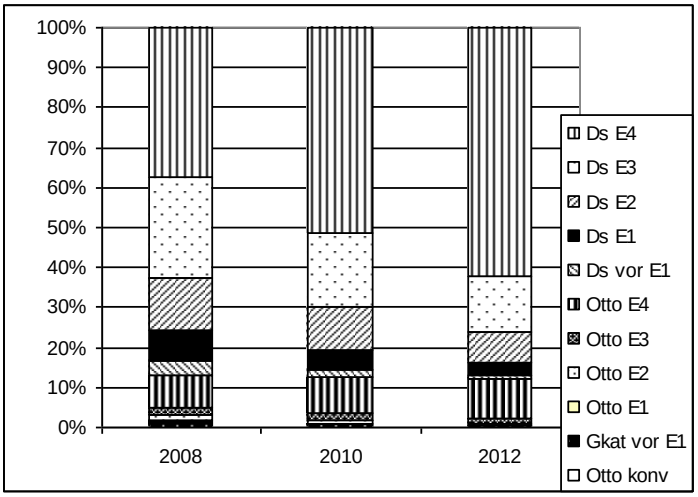

Bild 3.2: Entwicklung der lNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

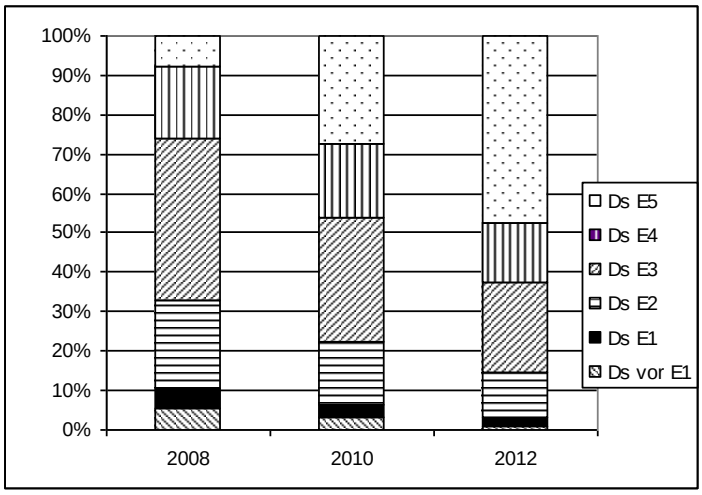

Bild 3.3: Entwicklung der sNfz-Flottenzusammensetzung auf Innerortsstraßen für das Untersuchungsgebiet

Bild 3.1 zeigt, dass für 2008 ein Diesel-Pkw-Anteil von ca. 29% prognostiziert wird, der bis 2012 weiter auf 35% ansteigen wird. Der Anteil der Pkws, die die EURO4-Norm einhalten, wird in 2008 bei ca. 54% liegen und bis 2012 auf 78% ansteigen.

Bei den sNfz (Bild 3.3) wird der Anteil der Fahrzeuge, die die EURO4-Norm oder EURO5-Norm einhalten 2008 bei ca. 26% und 2012 bei 63% liegen.

3.2 PM10-Abgas-Emissionsfaktoren für Diesel

Auf der Grundlage der dynamischen Bestandszusammensetzung auf Schichtebene (vgl. Kap. 3.1) und der spezifischen Schichtemissionsfaktoren /INFRAS 2004/ wurden für das Jahr 2008 pro Fahrzeuggruppe spezifische Emissionsfaktoren pro

Fahrmuster/Verkehrssituation ermittelt. Sie liegen für verschiedene Längsneigungsklassen (0%, +/-2%, +/-4%, +/-6%) vor.

Für PM10-Abgas sind die für das Prognosejahr 2008 ermittelten Emissionsfaktoren, aufgetragen über die mittlere Fahrgeschwindigkeit der Fahrmuster/Verkehrssituationen[1], in 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 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 PM10-Abgas-Emissionsfaktoren insbesondere für die schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) für Verkehrssituationen[1] mit geringeren Geschwindigkeiten (d.h. hohem Störungsgrad) ansteigen.

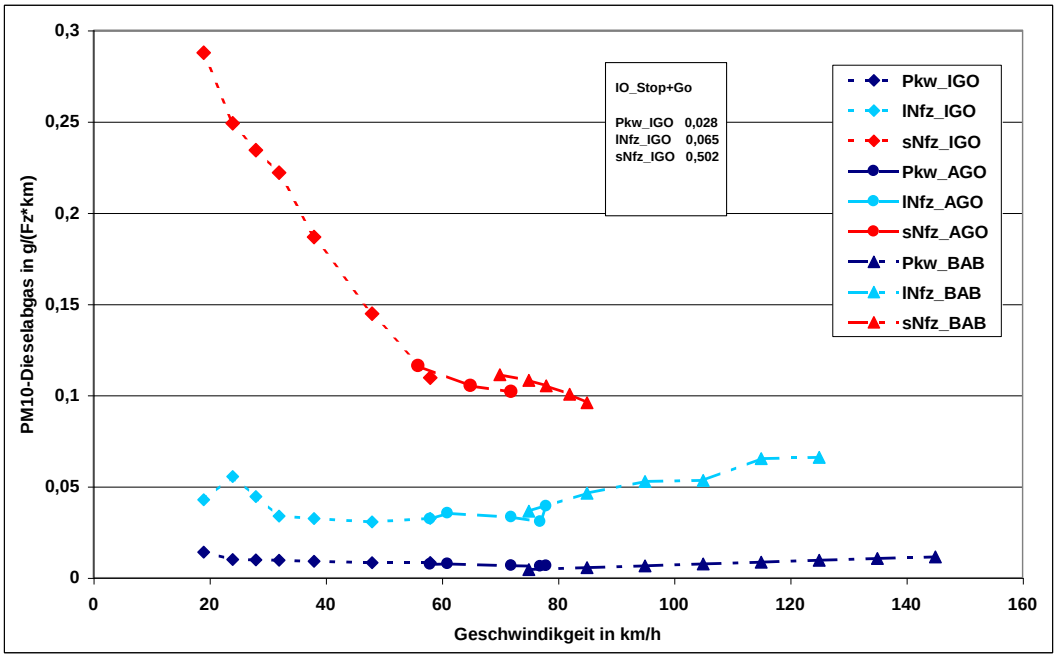

Bild 3.4: PM10-Abgas-Emissionsfaktoren für das Untersuchungsgebiet, Bezugsjahr 2008 für Innerortsstraßen (IGO), Außerortsstraßen (AGO) und Autobahnen (BAB) (sinkende Geschwindigkeiten bei innerörtlichen Verkehrssituationen sind verbunden mit größeren Störungen im Verkehrsablauf; daher sind diese Emissionsfaktoren zur Ableitung von anderen Verkehrssituationen wie z.B. T30 nicht geeignet)

[1] Fahrmuster/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)

3.3 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.

Aufgrund der vorliegenden Literaturwerte werden die spezifischen Emissionsfaktoren zur Abschätzung der Partikelemissionen aus Ottomotoren wie in Tab. 3.1 aufgeführt angesetzt.

*Tab. 3.1: Spezifische Partikelemissionsfaktoren für Fahrzeuge mit Ottomotoren in mg/(Fz*km) nach /BWPLUS 2001, EMPA 2000/*

		mg/(Fz*km)
Pkw	GKat	4,6
	ungeregelter Kat	8,2
	Ohne Kat	10,6
lNfz	GKat	5,1
	Ukat	9,4
	Ohne Kat	10,6
Krad	4-Takt	18,0
	2-Takt	60,0

Bezüglich der Partikelgrößenverteilung wird angenommen, dass die Partikel vollständig der PM10-Fraktion zugerechnet werden können.

3.4 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 Mes-

sungen abgeleitete spezifische PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb für 6 ausgewählte Straßenabschnitte aufgeführt (vgl. Tab. 3.2).

Tab. 3.2: Mittlere PM10-Emissionsfaktoren (EF) 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
Birrhard (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. 3.3 aufgeführt.

Tab. 3.3: PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb differenziert nach Verkehrssituationen[2]

Haupt-verkehrs-situation	Störungsgrad (1 =gering, 2=mittel 3=groß)	Messstellen Aahrtal/ Rosengrt.str.	Messstelle Weststraße	Messstelle Schimmelstr.	PM10-Emissionsfaktor Aufwirbelung und Abrieb	
		Charakterisierung: fließender innerörtlicher Verkehr im Abschnitt	stockender innerörtlicher Verkehr im Abschnitt	stockender innerörtlicher Verkehr an Kreuzung		
		abgleitete mittl. PM10-Emissionsfaktoren Pkw / sNfz * 22 / 200 mg/(Fz*km)	Pkw / sNfz 40 / 380 mg/(Fz*km)	Pkw / sNfz 90 / 800 mg/(Fz*km)		
		Anteil an Gewichtung			Pkw/lNfz mg/(Fz*km)	sNfz mg/(Fz*km)
HVS>50	1	100%			22	200
	2	70%	30%		27	250
	3	30%	70%		35	330
HVS	1	100%			22	200
	2	50%	50%		31	290
	3		90%	10%	45	420
LSA	1	90%		10%	29	260
	2	40%	40%	20%	43	390
	3		60%	40%	60	550
NS	1	90%		10%	29	260
	2	40%	40%	20%	43	390
	3		40%	60%	70	630
KERN	1	80%	10%	10%	31	280
	2	40%	40%	20%	43	390
	3		40%	60%	70	630
Stop&Go				100%	90	800

* Werte analog Außerorts-PM10-Emissionsfaktoren

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. 3.3 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

[2] Hauptverkehrssituationen:
HVS>50 = vorfahrtsberechtigte Hauptverkehrsstraße mit Tempolimit > 50 km/h innerorts,
HVS = vorfahrtsberechtigte Hauptverkehrsstraße innerorts,
LSA = lichtsignalgeregelte Hauptverkehrsstraße innerorts,
NS = Nebenstraße innerorts,
KERN = Innerortsstraßen im Stadtkern

irgendwelche weiteren Einflüsse oder streckenspezifische Charakteristika zu berücksichtigen.

4 Schadstoffemissionen des Kfz-Verkehrs Trend-prognose 2008

Unter Verwendung der in Kap. 2 dargestellten Verkehrsdatenbasis und der in Kap. 3 beschriebenen PM10-Emissionsfaktoren wurden die PM10-Emissionen für die Trendprognose 2008 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.

Der Anteil der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) an der Fahrleistung liegt für die Zerrenerstraße bei 2,3% und für die Jahnstraße bei 3,1%. Dagegen liegen die Anteile der PM10-Gesamtemissionen der sNfz bei 19% bzw. 24%. Der Anteil der PM10-Emissionen Aufwirbelung und Abrieb an den PM10-Gesamtemissionen liegt bei 69% bzw. 67%.

Tab. 4.1: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Zerrenerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2008

		Pkw	lNfz	sNfz	Kfz	
DTV	Kfz/24h	20.220	577	489	21.286	
		95,0%	2,7%	2,3%	100,0%	
PM 10 Abgas	kg/(a*km)	114	8	39	162	
		70,6%	5,2%	24,2%	100,0%	31%
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/(a*km)	295	8	61	363	
		81,1%	2,2%	16,7%	100,0%	69%
PM10 Gesamt		409	16	100	525	
		77,9%	3,1%	19,0%	100,0%	100%

Tab. 4.2: Jahresmittlere durchschnittliche tägliche Verkehrsstärken und PM10-Jahresemissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, 2008

		Pkw	lNfz	sNfz	Kfz	
DTV	Kfz/24h	21.464	615	708	22.787	
		94,2%	2,7%	3,1%	100,0%	
PM 10 Abgas	kg/(a*km)	102	8	45	154	
		65,8%	4,9%	29,2%	100,0%	33%
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/(a*km)	242	7	70	319	
		75,9%	2,1%	22,0%	100,0%	67%
PM10 Gesamt		343	14	115	473	
		72,6%	3,0%	24,4%	100,0%	100%

5 Emissionsseitige Maßnahmenwirkungen an den Hotspots

Vom Regierungspräsidium Karlsruhe wurden in Zusammenarbeit mit der Stadt Pforzheim im Zuge der Aufstellung eines Luftreinhalteplanes (für NO_2) 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 (der momentan aufgrund der hohen PM10-Belastungen erstellt wird) wird die Maßnahme eines flächenhaften Fahrverbotes in der Umweltzone von dem Prognosejahr 2010 vorgezogen auf das Jahr 2008. Für diese Maßnahme werden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung Abschätzungen zu den emissions- und immissionsseitigen Wirkungen für die zwei Hot Spots Zerrenerstraße und Jahnstraße, die beide innerhalb der Umweltzone liegen, 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) werden dabei von dem Fahrverbot ausgenommen.

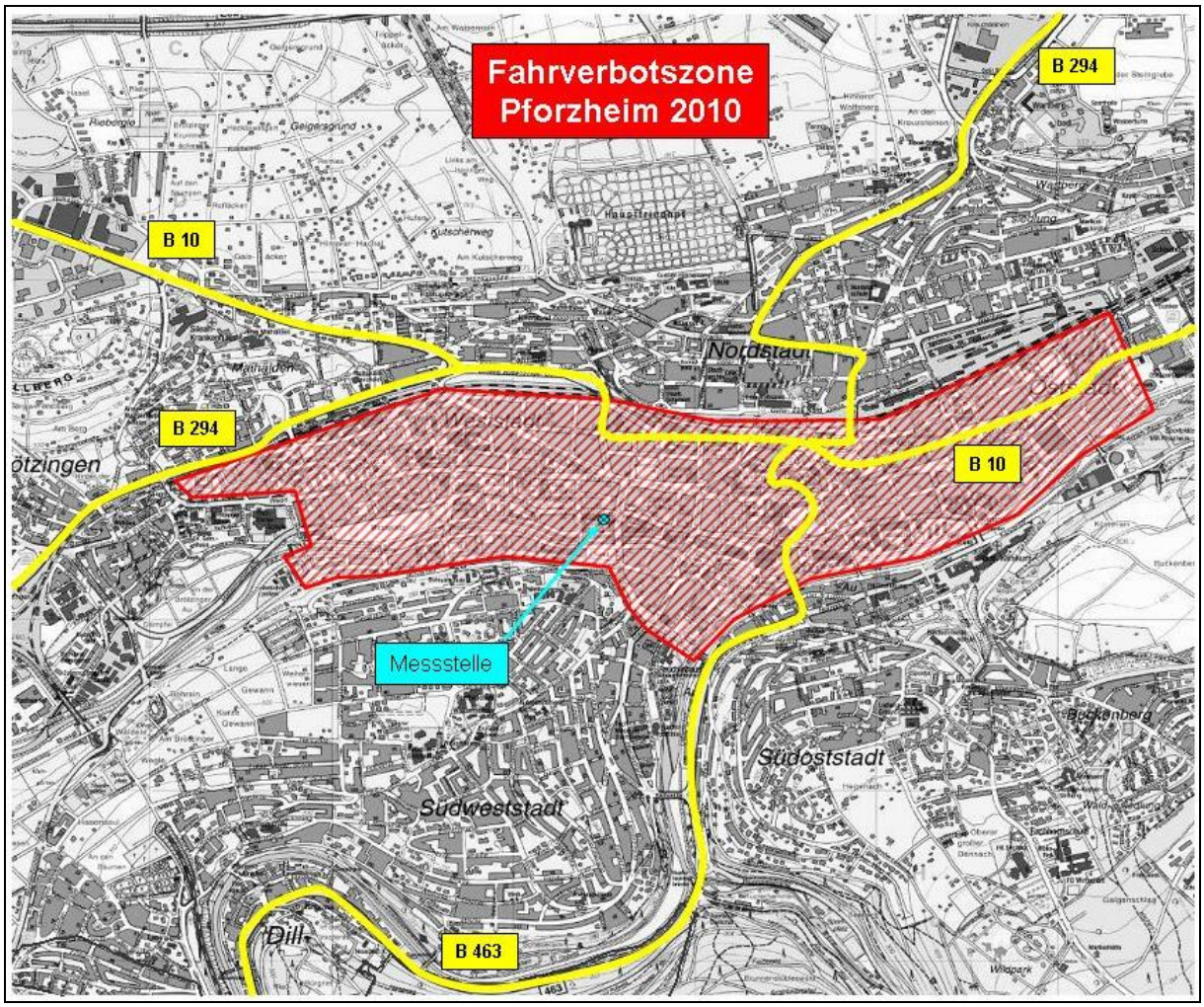

Bild 5.1: Bereich der geplanten Umweltzone in der Stadt Pforzheim /STADT PFORZHEIM 2005/

Mit der vorliegenden Kennzeichnungsverordnung (10. Oktober 2006, die Verordnung tritt am 1.3.2007 in Kraft) kann in einem Gebiet (Umweltzone) eine Durchfahrtsbeschränkung für Kraftfahrzeuge, die die Anforderungen für bestimmte Schadstoffgruppen nicht erfüllen, umgesetzt werden.

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 keine Plakette. Für die übrigen Fahrzeuge werden drei verschiedene Plaketten, je nachdem welche Euro-Norm eingehalten wird, vergeben.

Durch erfolgreiche Nachrüstung eines Partikelfilters können Autofahrer die Eingruppierung in eine bessere Schadstoffgruppe erreichen. Der Bundesrat hat die Bundesregierung aufgefordert, entsprechende Regelungen für die Nachrüstung von EURO1-Diesel-Pkw und vor allem auch für die Nachrüstung von Nutzfahrzeugen zügig zu ergänzen.

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 Kennzeichenverordnung alle Dieselfahrzeuge schlechter als EURO 2) und alle Otto-Fahrzeuge schlechter EURO 1, also Schadstoffgruppe 1. Hierzu gehören auch die mit einem U-Kat ausgerüsteten Fahrzeuge.

Tab. 5.1: Kennzeichnungsverordnung vom 10.Oktober 2006

KennzeichnungsVO vom 10. Oktober 2006		**SG 1 [3]** ohne Plakette	**SG 2 [3]** rot mit Ziffer 2	**SG 3 [3]** gelb mit Ziffer 3	**SG 4 [3]** grün mit Ziffer 4
Pkw /lNfz	**sNfz**				
Diesel Euro 1[1] und davor	Diesel Euro I[1] und davor				
Diesel Euro 2 [1]	Diesel Euro II [1]				
Diesel Euro 3 [1]	Diesel Euro III [1]				
Diesel Euro 4	Diesel Euro IV, V, EEV [2]				
Otto vor Euro 1					
Otto ab Euro 1, Elektro-, Brennstoffzellenfahrzeug					

[1] Die Ausrüstung mit einem Partikelminderungssystem entsprechend der StVZO kann zu einer Heraufsetzung der Schadstoffgruppe führen (bisher möglich für Pkw (bei erreichter Partikelminderungstufe PM1-PM4) nach Anlage XXVI; demnächst zusätzlich für PM0 bei Pkw (geplante Änderung der Anlage XXVI) und für Nutzfahrzeuge (geplante Anlage XXVII für lNfz und sNfz))

[2] EEV = Enhanced Environmentally Friendly Vehicle

[3] Schadstoffgruppe

Es wurden für Pforzheim für die folgende Fahrverbotsmaßnahme Berechnungen durchgeführt:

- Fahrverbot ab 1.1.2008 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 2008 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 K-Räder

Der Maximaleffekt einer Durchfahrtssperre 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 Durchfahrverbots 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 wurden die Bundesstraßen von der Umweltzone ausgenommen, d.h. auf diesen dürfen alle Fahrzeuge 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.

Um eine erste Aussage über die mögliche Wirkung einer Umweltzone zu bekommen, wird daher in einer Maximalabschätzung die Annahme zugrunde 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 2008 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/II und Otto schlechter EURO 1 (Schadstoffgruppe 1)“ sind im Jahr 2008 demnach ca. 5% der Pkw-Fahrleistung und 11% der Fahrleistung der schweren Nutzfahrzeuge (sNfz) von einem Durchfahrverbot betroffen.

Tab. 5.2: Fahrzeugkonzepte und deren Anteil an der Fahrleistung (innerorts) differenziert nach Fahrzeugarten, Prognosejahr 2008

2008	Ds vor Euro 1	Ds Euro1	Ds Euro 2	Ds Euro 3	Ds Euro 4	Ds Euro 5	Otto konv	Gkat vor Euro1	Gkat Euro 1	Gkat Euro 2	Gkat Euro 3	Gkat Euro 4
Pkw	0,6%	1,1%	1,9%	9,7%	15,3%	0,0%	1,4%	2,3%	5,2%	5,7%	17,4%	39,3%
lNfz	3,7%	8,0%	12,9%	25,2%	37,4%	0,0%	0,2%	1,6%	0,0%	1,1%	2,0%	7,9%
sNfz	5,6%	5,1%	22,1%	41,0%	18,5%	0,0%						

Die Emissionsfaktoren für die Umweltzone wurden unter Berücksichtigung der veränderten dynamischen Bestandszusammensetzungen neu ermittelt, wobei die vom Verbot betroffenen Fahrzeugschichten im Vergleich zum Trend 2008 herausgenommen wurden.

Insgesamt ergibt sich dadurch ein im Vergleich zum Trend 2008 niedrigeres spezifisches Emissionsverhalten der Fahrzeugflotte, da die älteren hoch emittierenden Fahrzeuge ausgeschlossen sind.

Die Emissionsberechnungen wurden für die Umweltzone ansonsten analog zur Trendprognose 2008 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. Voraussichtlich werden 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 PM10-Emissionen für den Hot Spot Zerrennerstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2008

			Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
DTV	Kfz/24h	2008 Trend	20.220	577	489	21.286
		2008 Umweltz.	19.162	499	437	20.098
		Diff in %	*-5,2%*	*-13,5%*	*-10,7%*	*-5,6%*
PM 10 Abgas	kg/(a*km)	2008 Trend	114	8	39	162
		2008 Umweltz.	92	6	27	125
		Diff in %	*-19,7%*	*-34,9%*	*-30,7%*	*-23,2%*
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/(a*km)	2008 Trend	295	8	61	363
		2008 Umweltz.	273	7	52	332
		Diff in %	*-7,2%*	*-17,3%*	*-14,4%*	*-8,7%*
PM10 Gesamt		2008 Trend	409	16	100	525
		2008 Umweltz.	365	12	79	456
		Diff in %	*-10,7%*	*-26,4%*	*-20,8%*	*-13,1%*

Tab. 5.4: Vergleich der DTV-Werte und PM10-Emissionen für den Hot Spot Jahnstraße, differenziert nach Fahrzeugarten, Maßnahme Umweltzone 2008

			Pkw	lNfz	sNfz	Kfz
DTV	Kfz/24h	2008 Trend	21.464	615	708	22.787
		2008 Umweltz.	20.342	533	632	21.506
		Diff in %	*-5,2%*	*-13,4%*	*-10,8%*	*-5,6%*
PM 10 Abgas	kg/(a*km)	2008 Trend	102	8	45	154
		2008 Umweltz.	85	5	33	124
		Diff in %	*-16,0%*	*-32,2%*	*-26,5%*	*-19,9%*
PM10 Aufwirbelung/Abrieb	kg/(a*km)	2008 Trend	242	7	70	319
		2008 Umweltz.	222	6	62	290
		Diff in %	*-8,1%*	*-14,6%*	*-12,2%*	*-9,1%*
PM10 Gesamt		2008 Trend	343	14	115	473
		2008 Umweltz.	308	11	95	413
		Diff in %	*-10,4%*	*-23,9%*	*-17,8%*	*-12,6%*

Für den Maßnahmenfall Umweltzone 2008 werden für die Hot Spots Zerrennerstraße und Jahnstraße Reduktionen von ca. 13% für die straßenverkehrsbedingten PM10-Emissionen im Vergleich zur Trendprognose 2008 prognostiziert, während der Fahrleistungsanteil der vom Verbot betroffenen Kfz hier bei knapp 6% liegt.

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. Dieser Effekt wurde bei den durchgeführten Berechnungen nicht berücksichtigt.

6 Immissionsberechnung

Zur Bestimmung der zu erwartenden Immissionsbelastungen im Prognosejahr 2008 bei Realisierung der Umweltzone wurden Immissionsberechnungen mit den für das Jahr 2008 für die Maßnahme Umweltzone prognostizierten Emissionen durchgeführt. Für den Hot Spot Zerrennerstraße wurde dasselbe Untersuchungsgebiet wie in der Vorgängerstudie gewählt; damit konnte auf die bereits im Rahmen dieser Untersuchung ermittelten Wind- und Turbulenzfelder zurückgegriffen werden. Neu betrachtet wurde im Rahmen dieser Untersuchung der Hot Spot Jahnstraße. Bezüglich der Modellbeschreibung wird auf das Kapitel 6.1 des Berichtes /IB Rau 2006/ verwiesen. Die Modellvorgaben für die Zerrennerstraße und Jahnstraße sind im Folgenden beschrieben.

6.1 Modellvorgaben

Die Zerrennerstraße verläuft im Zentrum Pforzheims von West nach Ost. Sie mündet in die von Nord nach Süd verlaufende Goethestraße, die wiederum weiter südlich in die Jahnstraße übergeht. Die Messungen in der Zerrennerstraße (Stationscode DEBW129), die im Jahr 2006 fortgesetzt wurden, werden auf der Südseite direkt vor dem Theodor-Heuss-Gymnasium durchgeführt. Die Spotmessstelle Jahnstraße (Stationscode DEBW130) befindet sich auf der östlichen Straßenseite ein wenig nördlich der Einmündung der Dillsteiner Straße. Beide Messstellen sind Luftlinie ca. 400 m voneinander entfernt.

Für das Untersuchungsgebiet Zerrennerstraße wurde, wie in /IB Rau 2006/ beschrieben, eine Größe von ca. 600 m in Ost-West-Richtung und 420 m in Nord-Süd-Richtung gewählt. Das Untersuchungsgebiet Jahnstraße hat in etwa eine Größe von 525 m in Nord-Süd-Richtung und 350 m in West-Ost-Richtung.

Die in MISKAM gewählten Rechengebiete haben im Bereich des Straßenraumes der Zerrennerstraße und der senkrecht dazu verlaufenden Goethestraße sowie in der Jahnstraße eine horizontale Gitterauflösung von 1,0 m quer zur Straßenachse und 2,0 m in Längsrichtung. Die feine Auflösung in Querrichtung ist erforderlich, um die Turbulenzstrukturen korrekt abzubilden. In Querrichtung nehmen die Maschenweiten bis zum Rand des Rechengebietes kontinuierlich zu. In der Vertikalen beträgt die Gittermaschenweite bis in 2,0 m Höhe 0,4 m. Damit sind die Definition der Kfz-Emissionen in einer mittleren Höhe von 0,6 m und die Ermittlung der Immissionskonzentrationen in der mittleren Standardhöhe von 1,5 m möglich. Bis zum oberen Modellrand, der mit der 4,5-fachen Höhe des höchsten Gebäudes im jeweiligen Modellgebiet festgesetzt wurde, um eine Beeinflussung des Modelloberrandes durch die höchsten Gebäude in den Untersuchungsgebieten weitgehend auszuschließen, erfolgt eine kontinuierliche Spreizung des Gitters. Die für die Modellrechnungen benötigten Gebäudestrukturen und Gebäudehöhen wurden auf der Basis von Lageplänen, die von der Stadt Pforzheim zur Verfügung gestellt wurden, auf der Basis von Laserdaten zur Ermittlung der Gebäudehöhen sowie im Rahmen einer intensiven Ortsbegehung ermittelt.

Die Kfz-Emissionen der zu betrachtenden Straßen wurden im numerischen Modell richtungsfein als Linienquellen vorgegeben. Neben den Emissionen der von Ost nach West verlaufenden Zerrennerstraße wurden innerhalb des Untersuchungsgebietes „Zerrennerstraße“ die nordsüdlich verlaufende Goethestraße, die westliche Karl-Friedrich-Straße sowie Teilabschnitte der nach Nordwesten und Norden verlaufenden Durlacher und Berliner Straße betrachtet. Im Untersuchungsgebiet Jahnstraße wurden neben der Jahnstraße die nördlich anschließende Goethestraße, die in Ost-West-Richtung verlaufende Kaiser-Friedrich-Straße, die Jörg-Ratgeber Straße, die Weiherstraße, Dillsteiner Straße und die Bleichstraße betrachtet. Bei den weiteren Straßen innerhalb der Untersuchungsgebiete handelt es sich um schwach befahrene Nebenstraßen oder Fußgängerzonen, deren Emissionen keinen maßgeblichen Einfluss auf die Immissionsbelastung im Bereich des hier interessierenden Abschnitte der Zerrennerstraße bzw. der Jahnstraße haben. Ein Lageplan mit den beiden Untersuchungsgebieten ist in Bild 6.1 gegeben.

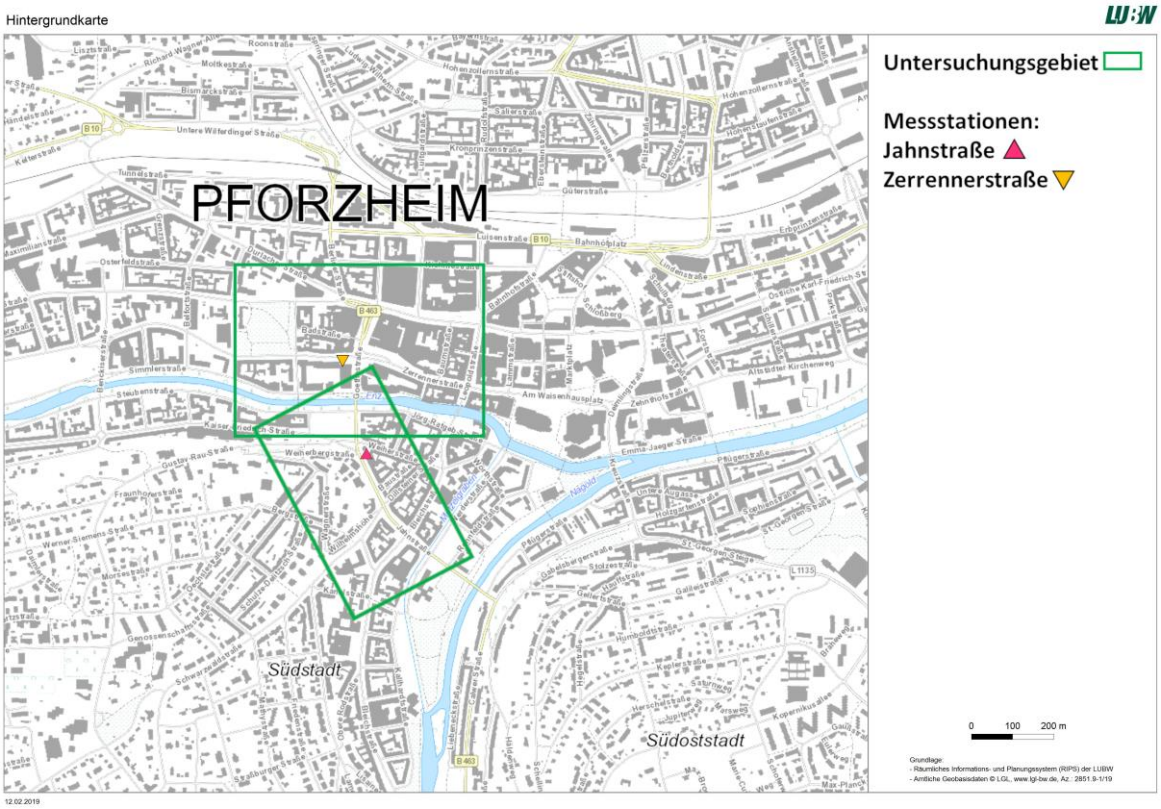

Bild 6.1: Lageplan der beiden Untersuchungsgebiete Zerrennerstraße und Jahnstraße, Pforzheim
Topografische Karte und Luftbilder, Umwelt-Daten und Karten online (UDO), Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de .

6.2 Umfang der Berechnungen

Die Berechnung der Immissionsbelastung durch die Kfz-Emissionen wurde für 12 Windrichtungen bei einer Referenzgeschwindigkeit durchgeführt. Die Konzentrationswerte bei anderen Windgeschwindigkeiten lassen sich unter der Annahme berechnen, dass sie in erster Näherung umgekehrt proportional zur Windgeschwindigkeit sind. Bei niedrigen Windgeschwindigkeiten führt diese Annahme eher zu einer Überschätzung der Immissionskonzentrationen durch den Straßenverkehr, da die Kfz-erzeugte Turbulenz zunehmend an Einfluss gewinnt. Allerdings ist die Bestimmung des Einflusses fahrzeuginduzierter Turbulenz und deren Berücksichtigung in Ausbreitungsmodellen zurzeit noch Gegenstand der Forschung. Durch die Nichtberücksichtigung der Kfz-erzeugten Turbulenz liegt man somit eher auf der sicheren Seite.

6.3 Bestimmung statistischer Kenngrößen für PM10

Die 22. BImSchV, deren Grenzwerte für die Immissionsbeurteilung relevant sind, enthält neben den Immissionsgrenzwerten für die Jahresmittelwerte von PM10 auch Immissionsgrenzwerte für den Tagesmittelwert von PM10, der nicht öfter als 35 mal im Kalenderjahr überschritten werden darf (entspricht einem 90,4%-Wert). Das Problem ist, dass die typischerweise eingesetzten numerischen Modelle Kurzzeitwerte wie bspw. den Tagesmittelwert nicht genügend genau berechnen können. Dies belegen Vergleiche zwischen berechneten und gemessenen Tagesmittelwerten. Gründe für die zum Teil großen Abweichungen sind unter anderem:

- Bei niedrigen Anströmgeschwindigkeiten bildet sich vor allem in dicht bebauten Gebieten unterhalb des mittleren Dachniveaus ein Strömungs- und Ausbreitungsfeld aus, das, sowohl was die Windgeschwindigkeit als auch die Windrichtung anbelangt, weitgehend vom Überdachwind abgekoppelt ist. Diffuse Prozesse sowie thermische Einflüsse werden in dieser Phase gleichbedeutend mit advektiven Prozessen. Diese komplexen Einflüsse sind bis heute noch nicht sicher quantifizierbar und werden mit gängigen numerischen Modellen noch nicht angemessen berücksichtigt. Je länger derartige Strömungssysteme andauern, desto ungenauer sind die Berechnungsergebnisse gerade bei Kurzzeitwerten.

Bei PM10 ist es zurzeit aus diesen Gründen noch Standard, den 90,4%-Wert auf der Basis einfach bestimmbarer statistischer Kenngrößen (Jahresmittelwert für PM10) abzuschätzen. Die Auswertung umfangreicher Messungen von kontinuierlich betriebenen Dauermessstellen in Deutschland und europäischen Nachbarländern zeigt einen nahezu linearen Zusammenhang zwischen dem 90,4%-Wert der Tagesmittelwerte vom Jahresmittelwert. Die Schwankungsbreite ist verständlicherweise hoch. Der "Best fit" ergibt je nach Quelle ein Verhältnis zwischen dem 90,4%-Wert und dem Jahresmittelwert von 1,62 (Messstellen in Deutschland, Tschechien und Italien), 1,68 /Moorcroft et al., 1999/, 1,7 /Friedrich, 2001/ bzw. 1,79 (worst-

case-Fit nach /Lohmeyer et al., 2001/). Bei einem zulässigen 24-Stundenwert von 50 µg/m³ im Jahre 2005 liegen die Schwellenwerte für den Jahresmittelwert bei den oben zitierten Arbeiten zwischen 29 und 31 µg/m³. Legt man die Ergebnisse dieser Studien zugrunde, dann ist bezogen auf den ab 2005 gültigen Grenzwert für den 24-h-Wert von 50 µg/m³ bei einem Jahresmittel von bis zu 30 µg/m³ mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Unterschreitung des 90,4%-Wertes gegeben, bei einem Jahresmittel von > 30 µg/m³ mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Überschreitung des 90,4%-Wertes.

Im Folgenden wird die Vorgehensweise für die Ermittlung des PM10-Jahresmittelwertes beschrieben.

6.3.1 Windstatistik

Für die Bestimmung des Jahresmittelwertes wird eine für das Untersuchungsgebiet repräsentative Windstatistik mit den Parametern Windrichtung und Windgeschwindigkeit benötigt. Durch Gewichtung der für jede Anströmrichtung und Windgeschwindigkeitsklasse bestimmten Immissionskonzentrationsfelder mit der prozentualen Häufigkeit der entsprechenden Ausbreitungssituation werden die Jahresmittelwerte bestimmt. Im Rahmen der durchgeführten Untersuchung wurde ausführlich dargelegt, dass die an der Station Pforzheim-Mitte gemessenen Daten die Windverhältnisse im Innenstadtbereich von Pforzheim am besten wiedergibt.

Die Windrose der Station Pforzheim-Mitte, basierend auf den Werten zwischen 1992 und 1998, ist in Bild 6.2 dargestellt.

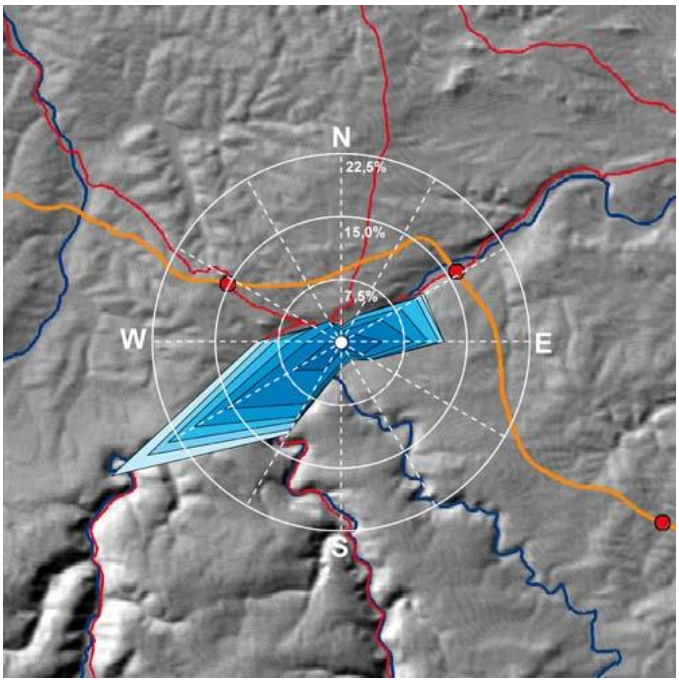

Bild 6.2: Windstatistik Pforzheim-Mitte (Quelle: LfU)

Für die Berechnungen im Rahmen dieses Gutachtens wurden aktuelle Daten aus den Jahren 2000 bis 2005 zugrunde gelegt. Ein Vergleich zeigt, dass die älteren Daten aus dem

Zeitraum 1992 bis 1998 bzw. die aktuelleren Daten aus den Jahren 2000 bis 2005 sowohl bzgl. der Windrichtungsverteilung als auch bzgl. der mittleren Windgeschwindigkeit nahezu exakt übereinstimmen.

6.3.2 Hintergrundbelastung

Die Berechnungen mit MISKAM liefern als Ergebnis die durch die Straßenemissionen verursachten Immissionszusatzbelastungen. Die Immissionsgesamtbelastung an einem Ort ergibt sich durch Überlagerung der berechneten Zusatzbelastung mit der Hintergrundbelastung, die durch Gewerbe, Hausbrand und Industrie sowie die Kfz-Immissionen außerhalb des Untersuchungsgebietes bestimmt wird. In Pforzheim befindet sich die Station Pforzheim-Mitte des landesweiten Immissionsmessnetzes der LUBW. An dieser Station wurden in den Jahren 2001 bis 2005 PM10-Jahresmittelwerte zwischen 21 und 25 µg/m³ gemessen. Es ist nicht auszuschließen, dass die Messwerte an der Station Pforzheim-Mitte durch eine nahe gelegene, stark befahrene Straße beeinflusst werden. Das städtische Hintergrundniveau für den Zeitraum 2002 bis 2005 schätzen wir auf Grund der Erfahrung in anderen Städten für Pforzheim auf etwa 22-23 µg/m³. Ausgehend von einem PM10-Hintergrundniveau in Pforzheim von ca. 22 µg/m³ im Jahr 2005 ist in dem hier zu betrachtenden Prognosejahr 2008 ein Vorbelastungswert von ca. 21 µg/m³ zu erwarten. Die Abschätzung erfolgte in Anlehnung an die in der MLuS 2002 gegebenen gebietstypischen Reduktionsfaktoren für Vorbelastungswerte.

6.3.3 Bestimmung der Gesamtbelastung

Mit den charakteristischen Werten für die Vorbelastung werden durch Überlagerung mit den berechneten Zusatzbelastungswerten die statistischen Kenngrößen (Jahresmittelwerte für PM10) der Gesamtbelastung zum Vergleich mit dem Grenzwert berechnet. Die Überlagerung der Hintergrundbelastungswerte mit den Zusatzbelastungswerten erfolgt durch Addition der Jahresmittelwerte.

7 Ergebnisse und Bewertung der Immissionsberechnungen

7.1 Beurteilungsgrundlagen

Für die Beurteilung der berechneten PM10-Jahresmittelwerte der Immissionskonzentrationen werden die Grenzwerte der 22. BImSchV herangezogen. Die seit 2005 gültigen Grenzwerte für PM10 (Jahresmittelwert und Kurzzeitwert) sind in der folgenden Tab. 7.1 zusammengestellt.

Tab. 7.1: Lufthygienische Grenzwerte der 22.BImSchV für PM10

Luftschadstoff	Immissionswert	Statistische Definition	Zeitpunkt, bis zu dem der Grenzwert Gültigkeit hat bzw. bis zu dem er zu erreichen ist
PM10	40 µg/m³ 50 µg/m³	Jahresmittelwert (Kalenderjahr) Tagesmittelwert; 50 µg/m³ dürfen bis zu 35-mal im Kalenderjahr überschritten werden	Gültig seit 01.01.2005 gültig seit 01.01.2005

7.2 Immissionskonzentrationen im Bereich der Zerrennerstraße und der Jahnstraße für das Trendszenarium 2008 und die Maßnahme Umweltzone

Die flächig berechneten Jahresmittelwerte der Gesamtbelastung in 1,5 m Höhe für PM10 für die beiden Untersuchungsgebiete sind in den Bildern 7.1 bis 7.4 für die Trendprognosen 2008 sowie die Maßnahme Einrichtung einer Umweltzone 2008 dargestellt.

7.2.1 Trendprognose 2008

Bei der Trendprognose 2008 wird emissionsseitig lediglich die Entwicklung des Fahrzeugbestandes und der Fahrleistung bis zum Jahr 2008 berücksichtigt.

Die immissionsseitig zu erwartende Auswirkung für das Untersuchungsgebiet Zerrennerstraße zeigt Bild 7.1. In der Zerrennerstraße westlich der Goethestraße wird im Bereich der Gebäude der seit 2005 einzuhaltende Grenzwert von 40 µg/m³ weder erreicht noch überschritten. Die Immissionskonzentrationen liegen großflächig bei 30-31 µg/m³, lokal bei 32 µg/m³.

Östlich der Goethestraße wird auf der südlichen Straßenseite der Zerrennerstraße der Grenzwert überschritten, auf der nördlichen Straßenseite dagegen mit 31-32 µg/m³ eingehalten. In der Goethestraße liegen die prognostizierten Immissionskonzentrationen im Bereich der Gebäude großflächig unter 30 µg/m³.

Entsprechend der in Kapitel 6.3 gemachten Ausführungen ist nicht auszuschließen, dass im Bereich der Gebäude der Zerrennerstraße westlich der Goethestraße der Kurzzeitwert von 50 µg/m³ mehr als die 35 zulässigen Tage pro Jahr überschritten wird. In der östlichen Fortsetzung der Zerrennerstraße ist auf der südlichen Straßenseite mit Sicherheit eine Überschreitung des Kurzzeitwertes an mehr als 35 Tagen gegeben, für die nördliche Straßenseite sind Überschreitungen nicht auszuschließen.

In der Jahnstraße ist das Immissionsniveau verglichen mit der Zerrennerstraße geringer. Die Jahresmittelwerte (Bild 7.2) im gesamten betrachteten Abschnitt der Jahnstraße großflächig unter 30 µg/m³. Lokal ist ein wenig nördlich der Messstelle mit Werten um 30 µg/m³ zu rechnen.

Bis auf diesen genannten Punkt ist somit im Untersuchungsgebiet Jahnstraße mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Einhaltung der zulässigen 35 Überschreitungen gegeben.

7.2.2 Maßnahme Umweltzone 2008

Die Maßnahme Umweltzone 2010 bedeutet ein Fahrverbot für alle Kfz der Schadstoffgruppe 1. Der Ausgrenzung liegt die in Tab. 5.1 gegebene Kennzeichnungsverordnung zu Grunde. Emissionsseitig wurde eine Maximalabschätzung der Maßnahmenwirkung durch Ausgrenzung aller betroffenen Fahrzeugarten im Bereich der Hot Spots auf der Grundlage der Daten in Tab. 5.3 und 5.4 durchgeführt. Die immissionsseitige Auswirkung dieser Maßnahme ist in Bild 7.3 für die Zerrennerstraße und Bild 7.4 für die Jahnstraße dargestellt.

Die maximalen jahresmittleren Immissionskonzentrationen liegen bei Realisierung dieser Maßnahme in der westlichen Zerrennerstraße bei 30-31 µg/m³ auf der Südseite und unter 30 µg/m³ auf der Nordseite. In der östlichen? Verlängerung gehen die Immissionskonzentrationen ebenfalls auf maximal 37 µg/m³ auf der Südseite und 30-31 µg/m³ auf der Nordseite zurück. Eine Einhaltung des Grenzwertes für das Jahresmittel ist somit im gesamten Untersuchungsgebiet Zerrennenstraße gegeben. Allerdings ist eine Überschreitung des Kurzzeitwertes an mehr als 35 Tagen pro Jahr im östlichen Teil der Zerrennerstraße (Südseite) mit Sicherheit gegeben. Ansonsten ist eine Überschreitung lokal möglich. Insofern ist gegenüber der Trendprognose eine Verbesserung festzustellen.

In der Jahnstraße verbessert die Einrichtung einer Umweltzone die Verhältnisse ebenfalls. Bild 7.4 zeigt, dass flächendeckend im Bereich nutzungssensibler Punkte der Jahresmittelwert 30 µg/m3 unterschreitet. Somit ist auch mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Einhaltung der zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes sichergestellt.

7.3 Zusammenfassung

In der Zerrennerstraße werden auf Höhe des Theodor-Heuss-Gymnasiums seit mehreren Jahren Messungen durchgeführt, in der Jahnstraße seit Anfang dieses Jahres. Beide Messstellen liegen im Gehwegbereich; direkt auf Höhe des Messpunktes in der Jahnstraße befindet sich ein Durchgang zu der Baustraße im Rückraum der Bebauung. Bis Stichtag 4. Dezember 2006 wurde an beiden Messstellen an 39 Tagen eine Überschreitung des Kurzzeitwertes gemessen. Die Einzelwerte sind noch nicht verfügbar, so dass im Augenblick kein Mittelwert über den Messzeitraum im Jahre 2006 angegeben werden kann. Die Berechnungen für die Trendprognose 2008 bzw. die Maßnahme Umweltzone ergaben am Ort der Spotmessung in der Zerrennerstraße einen Jahresmittelwert von 32 µg/m³ (Trendprognose 2008), in der Jahnstraße von 28,5 µg/m³ (Trendprognose 2008). Bei Einrichten einer Umweltzone reduzieren sich diese Werte auf 30,5 µg/m³ in der Zerrennerstraße und 27,5 µg/m³ in der Jahnstraße. Die Maßnahme Umweltzone im Jahr 2008 liefert am Ort der Spotmessungen somit eine Reduktion der PM10-Jahresmittelwerte um 5% in der Zerrennerstraße und 4% in der Jahnstraße. Im Jahr 2008 ist auf Grund der prognostizierten PM10-Jahresmittelwerte an der Messstelle in der Zerrennerstraße mit einer Überschreitung des 90,4%-Wertes für PM10 zu rechnen, an der Messstelle in der Jahnstraße eine Unterschreitung. Bei Realisierung einer Umweltzone ist im Bereich der Messstelle in der Zerrennerstraße mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Einhaltung der zulässigen 35 Überschreitungen des Kurzzeitwertes gegeben. In der Jahnstraße dürfte der 90,4%-Wert sicher eingehalten werden.

Bild 7.1: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Zerrennerstraße, Pforzheim, für die Trendprognose 2008

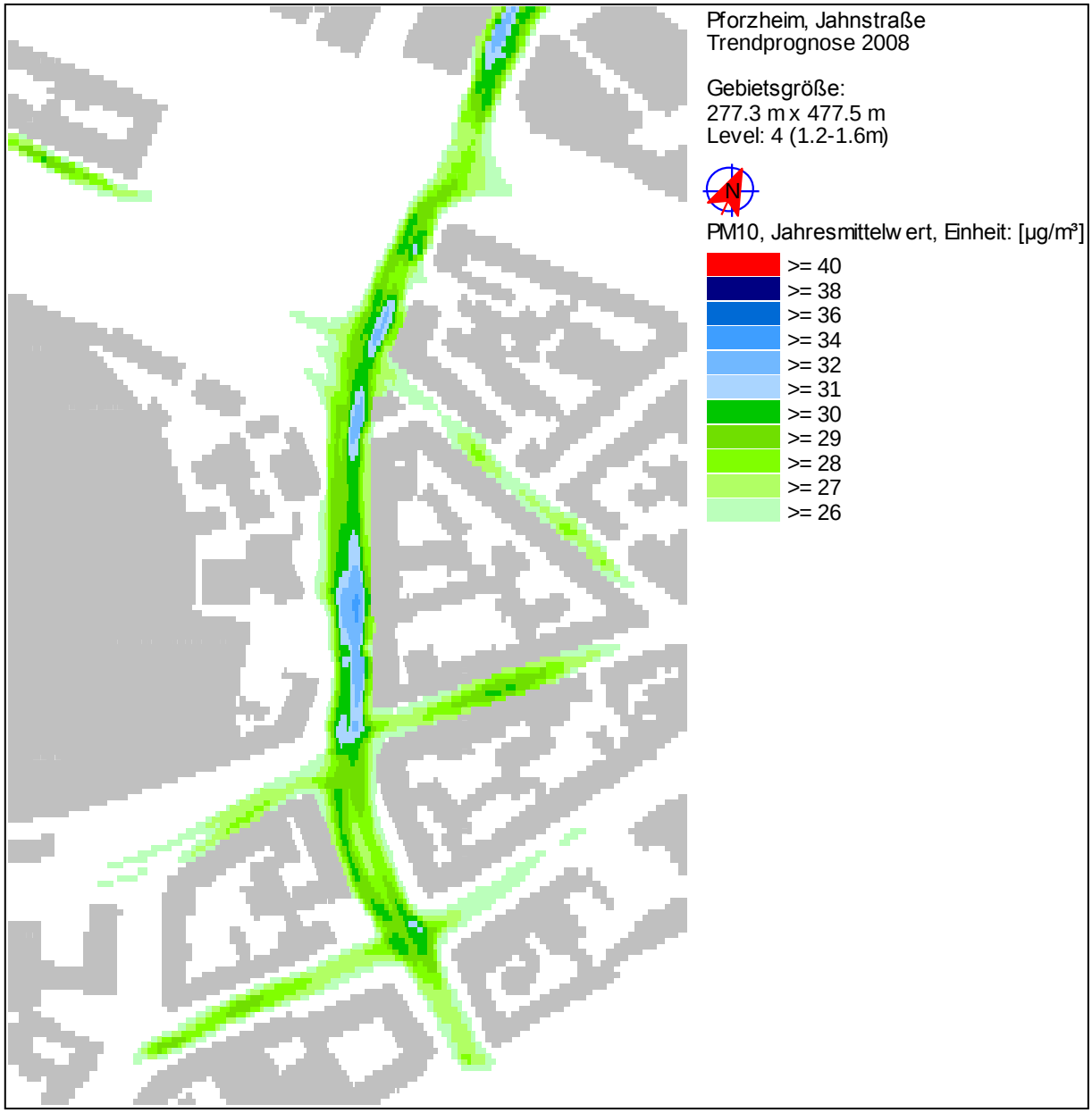

Bild 7.2: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Jahnstraße, Pforzheim, für die Trendprognose 2008

Bild 7.3: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Zerrennerstraße, Pforzheim: Maßnahme Umweltzone

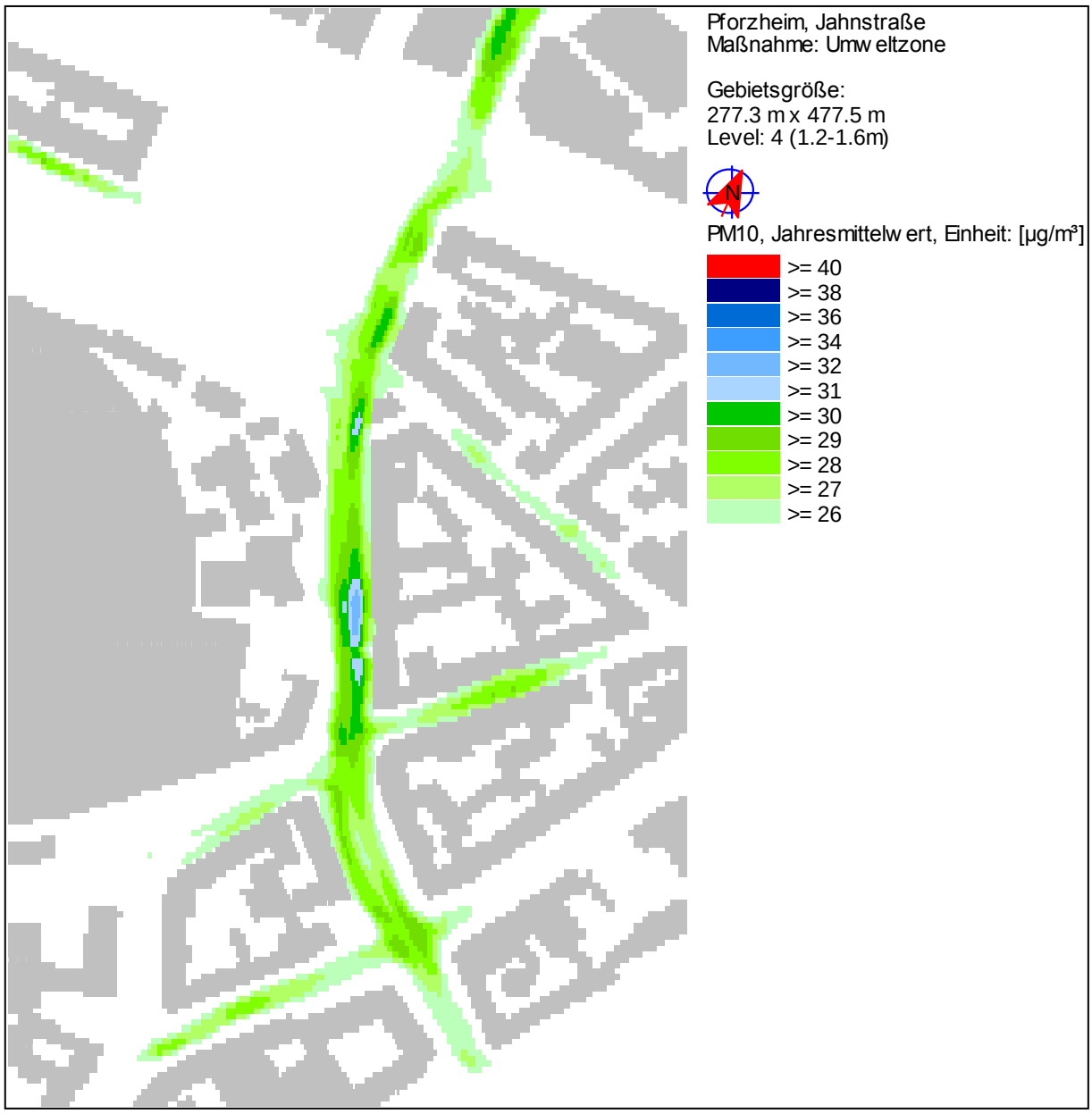

Bild 7.4: PM10-Jahresmittelwerte im Untersuchungsgebiet Jahnstraße, Pforzheim: Maßnahme Umweltzone

8 Literaturverzeichnis

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

BWPLUS 2001
Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen, Zwischenbericht zur ersten Projektphase, Thomas Pregger, Rainer Friedrich, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER), Universität Stuttgart, Oktober 2001

DÜRING 2004a
Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen, Düring, I. et al., in: VDI KRdL-Experten-Forum Staub und Staubinhaltstoffe 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

EMPA 2000
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Martin Mohr, Forschungsbericht Nr. 200069, Partikelausstoß von benzinbetriebenen Personenwagen, Untersuchung zur Partikelanzahl und –masse sowie den Messverfahren, 2000

FRIEDRICH 2001
Berechnung der Schwebstaub-PM_{10}-Immissionen an Brandenburger Straßen. Fachtagung am 20. Juni 2001 im Bayerischen Landesamt für Umweltschutz: Feinstaub-(PM_{10}) -Immissionen-Schwerpunkt Verkehr. Tagungsunterlagen.

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

LOHMEYER 2001
Validierung von PM10-Immissionsberechnungen im Nahbereich von Strassen und Quantifizierung der Feinstaubbildung von Strassen. Bericht im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin, und des Sächsischen Landesamtes für Umwelt und Geologie, Dresden.

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.

MOORCROFT, S. ET AL, 1999
Assistance with the review and assessment of PM10 concentrations in relation to the proposed EU Stage 1 Limit Values. Stanger Science Environment, Croydon, March 1999. Report for Department of the Environment, Transport and the Regions, the Welsh Office and the Scottish Office

RAU 2006
Bestimmung der 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 2006
Regierungspräsidium Karlsruhe, Luftreinhalte-/Aktionsplan für den Regierungsbezirk Karlsruhe, Teilplan Pforzheim, Karlsruhe, 2006

SCHNEIDER 2006
Ermittlung der durch Aufwirbelung und Abrieb im Straßenverkehr verursachten PM10-Emissionen – 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 Kleinbahnhof“ 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