Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
- 22 -

Bremen, 20. Juni 2014

Telefon: 361-96819 (Herr Bürger)
Telefon: 361-9578 (Herr Osmers)
Telefon: 361-59484

Bericht der Verwaltung

für die Sitzung
der Deputation für Umwelt, Bau, Verkehr, Stadtentwicklung und Energie
am 3. Juli 2014

Wirksamkeit der Umweltzone

Sachdarstellung

Aufgrund fortdauernder Überschreitungen der Grenzwerte für Feinstaub und Stickstoffdioxid (NO_2) wurde im Jahr 2006 der Luftreinhalte- und Aktionsplan Bremen beschlossen. Dieser Plan enthält 15 Maßnahmen, die geeignet sind, die Schadstoffbelastungen zu senken. Es wurden seitdem zahlreiche Maßnahmen umgesetzt, als wirksamste im Jahr 2009 die Errichtung der Umweltzone. Sie umfasst im Wesentlichen die Stadtteile Altstadt, östliche Vorstadt und die Neustadt. Nach der stufenweisen Einführung der roten und gelben Plakette sind ab dem 30. Juni 2011 ausschließlich Kfz mit einer grünen Plakette (Stufe 3) für die Einfahrt in die Umweltzone zugelassen.

Der Senat hat den Senator für Umwelt, Bau und Verkehr im Jahr 2010 gebeten, in der zweiten Jahreshälfte 2014 über die Wirksamkeit der Umweltzonenregelung zu berichten und die Notwendigkeit des Fortbestands der Umweltzone zu überprüfen. Mit dem als Anlage beigefügten Gutachten „**Emissions- und immissionsseitige Ausarbeitungen zur Wirkung der Umweltzone in Bremen**“ (Lohmeyer 2013/14) ist dem Rechnung getragen worden.

Grundlage der Betrachtungen sind aktuelle Verkehrsdaten im gesamten städtischen Straßennetz, aktualisierte Flottenzusammensetzungen der Kfz innerhalb und außerhalb der Umweltzone sowie aktuelle Messdaten. Betrachtet wurde der Zustand der geltenden Regelungen der Umweltzone für das Jahr 2012 und zum Vergleich eine Annahme ohne Umweltzonenregelung für die Schadstoffe NO_2 und Feinstaub (Prognosenullfall). Dazu wurden im Jahr 2012 an drei Straßenabschnitten Verkehrserhebungen durchgeführt, die auch das Vorhandensein einer Plakette erfassten. Ein Querschnitt lag zentral innerhalb der Umweltzone (Am Wall) und zwei Querschnitte am nördlichen und südlichen Rand der Umweltzone (Schwachhauser Heerstraße und Langemarckstraße).

Die Gegenüberstellung der Fahrzeugflotten ohne grüne Plakette innerhalb und außerhalb der Umweltzone zeigte, dass innerhalb der Umweltzone eine signifikant bessere Fahrzeugflotte unterwegs war als im Bremer Durchschnitt:

- Im Zentrum der Umweltzone (Am Wall) hatten 3,4 % der Pkw, 11,6 % der leichten Nutzfahrzeuge (LNF) und 11,5 % der LKW keine grüne Plakette.
- An den Rändern der Umweltzone verschlechterte sich die Flottenzusammensetzung etwas, war aber immer noch deutlich besser als außerhalb der Umweltzone: In der Schwachhauser Heerstraße wurden 5,8 % Pkw, 19,4 % LNF und 26,1 % LKW ohne grüne Plakette gezählt, in der Langemarckstraße waren es 6,5 % Pkw, 21,7 % LNF und 19,5 % LKW.
- Im Vergleich dazu war die Bremer Gesamtflotte deutlich schlechter zusammengesetzt. Hier besaßen im Jahr 2012 11,3 % der Pkw, 62,8 % der leichten Nutzfahrzeuge und 29,5 % der LKW keine grüne Plakette.

Für die Berechnung der Wirkung der Umweltzone wurden im ersten Schritt die **Emissionen**, d. h. die Schadstofffreisetzungen in den Straßenabschnitten, und im zweiten Schritt die daraus resultie-

renden **Immissionen** berechnet und mit einem Szenarium ohne Umweltzone, aber normaler Fortentwicklung der Fahrzeugflotte verglichen.

Erster Schritt – Emissionen

Im zentralen Bereich der Umweltzone (Am Wall) waren die motorbedingten Gesamtstickstoff- und Feinstaubemissionen gegenüber dem Szenarium ohne Umweltzone um 7 % bis 10 % verringert und im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) um 5 % bis 10 %.

Zweiter Schritt – Immissionen

Die Auswirkungen auf die NO_2- und Feinstaubimmissionen sind geringer, da auch nicht verkehrsbedingte und von außerhalb herangetragene Beiträge in den Immissionen enthalten sind.

- Im zentralen Bereich waren die NO_2- Immissionen um 2 % bis 6 % verringert und im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) um 1 % bis 3 %. Das entspricht einer Verringerung der jährlichen NO_2- Immissionen um rund 2 µg/m³ an der Verkehrsmessstation Dobbenweg und im Randbereich der Umweltzone um ca. 1 µg/m³.
- Die Feinstaub-Immissionen waren im zentralen Bereich der Umweltzone um 1 % bis 3 % verringert und im Randbereich um 2 %. Das entspricht an der Verkehrsmessstation Dobbenweg und an den anderen Abschnitten einer Verringerung der jährlichen Feinstaub-Immissionen um etwa 1 µg/m³. An den Straßenabschnitten außerhalb der Umweltzonenregelung sind keine nennenswerten Änderungen der Immissionen berechnet worden.

Prognose

Darüberhinaus wurde eine Prognose erstellt, ab wann die Grenzwerte innerhalb der Umweltzone voraussichtlich eingehalten werden können. Demnach ist frühestens im Jahr 2018 mit einer Unterschreitung des NO_2-Grenzwertes zu rechnen. Entsprechend den Berechnungen sind im Jahr 2018 folgende aufgeführte NO_2-Jahresmittelwerte für die Verkehrsmessstelle Dobbenweg und die drei Zählquerschnitte berechnet:

- Verkehrsmessstation Dobbenweg 39.7 µg/m³
- Am Wall 39 µg/m³
- Schwachhauser Heerstraße 33 µg/m³
- Langemarckstraße 35,3 µg/m³.

Das entspricht einer Minderung gegenüber dem Prognosenullfall auf 89 % (Schwachhauser Heerstraße) bis 85 % (Verkehrsmessstation Dobbenweg und Am Wall). Zu berücksichtigen ist dabei, dass neben der Emissionssituation auch meteorologische Faktoren signifikanten Einfluss auf die Immissionen haben. D. h. die Prognose liefert rechnerische Werte, die je nach Wetterlage innerhalb eines Jahres auch unter- oder überschritten werden können.

Fazit

Im zentralen Bereich der Umweltzone zeigt die Umweltzonenregelung eine signifikante Wirkung. Der positive Effekt nimmt zu den Rändern der Umweltzone geringfügig ab. Eine Prognoseberechnung ergab, dass frühestens ab 2018 die Luftschadstoffgrenzwerte in Bremen eingehalten werden. Als Folge könnte, sofern eine Unterschreitung der Grenzwerte als dauerhaft gesichert betrachtet werden kann, geprüft werden, ob die Umweltzone dann abgeschafft werden kann.

Beschlussvorschlag:

Die Deputation für Umwelt, Bau, Verkehr, Stadtentwicklung und Energie nimmt den Bericht der Verwaltung „Wirksamkeit der Umweltzone“ zur Kenntnis.

Anlage

Gutachten „Emissions- und Immissionsseitige Ausarbeitungen zur Wirkung der Umweltzone in Bremen“ (Lohmeyer 2013/14)

Anlage 01

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

Immissionsschutz, Klima, Aerodynamik, Umweltsoftware

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0
E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

EMISSIONS- UND IMMISSIONSSEITIGE AUSARBEITUNGEN ZUR WIRKUNG DER UMWELTZONE IN BREMEN

Auftraggeber: Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr
Ansgaritorstraße 2
28195 Bremen

Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dipl.-Umweltwiss. A. Friedrich
Dr.-Ing. W. Bächlin

Juli 2013/April 2014
Projekt 62350-13-01
Berichtsumfang 39 Seiten

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN 1

1 ZUSAMMENFASSUNG 4

2 AUFGABENSTELLUNG 6

3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN 7

3.1 Lagedaten 7

3.2 Verkehr 7

3.3 Fahrzeugflotte 10

3.4 Emissionsfaktoren 13

3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren 13

3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren 14

3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen 15

3.5 Meteorologische Daten 16

4 AUSWIRKUNGEN DER UMWELTZONENREGELUNG 18

4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte 18

4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen 22

5 LITERATUR 29

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION 32

A2 ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE JAHRE 38

Hinweise:

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission/Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist µg (oder mg) Schadstoff pro m³ Luft (µg/m³ oder mg/m³).

Hintergrundbelastung/Zusatzbelastung/Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in µg/m³ oder mg/m³ angegeben.

Grenzwerte/Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert/98-Perzentilwert/Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

sehr niedrige Konzentration. Der Gesetz-/Verordnungsgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert so genannte Kurzzeitwerte der Konzentrationen eingeführt.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO_2-Konzentrationen von 200 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch der Kraftfahrzeuge (Kfz) hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten ab, das durch unterschiedliche Betriebszustände wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. charakterisiert ist. Das typische Fahrverhalten kann zu so genannten Verkehrssituationen zusammengefasst werden. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert. In der vom Umweltbundesamt herausgegebenen Datenbank „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ sind für verschiedene Verkehrssituationen Angaben über Schadstoffemissionen angegeben.

Feinstaub - PM10/PM2.5

Mit Feinstaub - PM10/PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgänge und Sekundärpartikel.

Fahrzeugarten

Für den Kraftfahrzeugverkehr werden die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Personenkraftwagen (PKW), die leichten Nutzfahrzeuge (lNfz) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen (LKW), Sattelschlepper, Busse usw.

Emissionsgrenzwerte für Partikel und NO_x mit Geltungsjahr

Plakettenfarbe			Rot	Gelb	Grün		
		Euro 1	**Euro 2**	**Euro 3**	**Euro 4**	**Euro 5**	**Euro 6**
PKW	**Jahr**	**1993**	**1996/97**	**2000**	**2005**	**2009**	**2014**
	Partikel [g/km]	0.14	0.08	0.05	0.025	0,005	0,005
	Jahr	**1992**	**1996**	**2000**	**2005**	**2009**	**2014**
	NO_x Diesel [g/km]	-	-	0.50	0.25	0,18	0,08
	NO_x Benzin [g/km]	-	-	0.15	0.08	0,06	0,06
LKW	**Jahr**	**1992/93**	**1995/96**	**2000/01**	**2005**	**2008**	**2012**
	Partikel [g/kWh]	0.4	0.15	0.10	0.02	0.02	0.01
	Jahr	**1992**	**1998**	**2000**	**2005**	**2008**	**2012**
	NO_x [g/kWh]	9.0	7.0	5.0	3.5	2.0	0.4

Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe

In untenstehender Tabelle werden die in der vorliegenden Studie verwendeten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	**Beurteilungswert**	**Zahlenwert in µg/m³**	
		Jahresmittel	**Kurzzeit**
NO_2	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)

Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Bremen besteht seit dem 30. Juni 2011 eine Umweltzone, in der ausschließlich KFZ mit grüner Plakette (Stufe 3) für die Einfahrt in die Umweltzone zugelassen sind. Dafür war die Wirksamkeit rechnerisch für das Jahr 2012 nachzuvollziehen.

Grundlage der aktualisierten Betrachtungen sind aktuelle Verkehrsdaten im gesamten städtischen Straßennetz, aktualisierte Flottenzusammensetzungen der Kfz innerhalb und außerhalb der Umweltzone sowie aktuelle Messdaten. Betrachtet wurde der Zustand der geltenden Regelungen der Umweltzone für das Jahr 2012 und zum Vergleich eine Annahme ohne Umweltzonenregelung für die Schadstoffe NO_2 und PM10.

In Bremen wurden 2012 an drei Straßenabschnitten Verkehrserhebungen durchgeführt, die auch das Vorhandensein einer Plakette erfassten. Ein Querschnitt lag zentral innerhalb der Umweltzone, zwei Querschnitte am nördlichen und südlichen Rand der Umweltzone.

Weiterhin wurde die statische Kfz-Flottenzusammensetzung von Bremen den Daten des Kraftfahrtbundesamtes (KBA, 2013), Stand 1.1. 2012 inklusive Unterteilung nach Emissionsklassen entnommen und in die dynamische Fahrzeugflottenzusammensetzung entsprechend der Datenlage des Handbuchs für Emissionsfaktoren der Version 3.1 (HBEFA 3.1; UBA, 2010) überführt.

Die Zählung zeigte, dass innerhalb der Umweltzone eine signifikant bessere Fahrzeugflotte vorhanden war, als im Bremer Durchschnitt. Im Zentrum der Umweltzone (Am Wall) hatten nur noch 3.4% der Pkw, 11.6% der LNF und 11.5% der LKW keine grüne Plakette. Im Vergleich war die Bremer Gesamtflotte deutlich schlechter zusammensetzt; im Jahr 2012 verkehrten 11.3% der Pkw, 62.8% der LNF und 29.5% der LKW ohne grüne Plakette.

Für die Berechnung der Wirkung der Fahrzeugflottenzusammensetzungen werden im ersten Schritt die Emissionen, d. h. die Schadstofffreisetzungen in den Straßenabschnitten, und im zweiten Schritt die Immissionen berechnet. Die Auswertungen beziehen sich im Wesentlichen auf die Straßenabschnitte an den bislang betriebenen Messstellen und den drei Querschnitten der Plakettenerfassung 2012.

Entsprechend der Verkehrsbelegung und dem LKW-Anteil zeigen sich bei den betrachteten Straßenabschnitten deutliche Unterschiede der Emissionen. Mit der Umweltzonenregelung in Bremen sind die NO_X-Emissionen im zentralen Bereich (Am Wall) um ca. 7% bis 10% und im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) um ca. 5% bis 7% verringert.

Bei den Partikelemissionen wird die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Beiträgen betrachtet. Mit der Umweltzonenregelung in Bremen sind die PM10-Emissionen im zentralen Bereich (Am Wall) um ca. 10% und im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) um ca. 8% verringert.

Die relativen Auswirkungen auf die Immissionen sind im Vergleich zu den Auswirkungen auf die Emissionen geringer, da auch nicht verkehrsbedingte und von außerhalb herangetragene Beiträge in den Immissionen enthalten sind.

Die berechneten NO_2-Immissionen liegen an zwei verkehrsnahen Messstellen deutlich über dem Grenzwert von 40 µg/m³.

Mit der Umweltzonenregelung in Bremen werden die NO_2-Immissionen an den straßennahen Standorten im zentralen Bereich (Am Wall) um ca. 2% bis 6% und im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) um ca. 1% bis 3% verringert. Das entspricht am Dobbenweg einer Verringerung der jährlichen NO_2-Immission bis um 2 µg/m³ und an den anderen aufgelisteten Streckenabschnitten in der Umweltzone (Am Wall, Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) bis um 1 µg/m³. An den Straßenabschnitten außerhalb der Umweltzonenregelung sind keine nennenswerten Änderungen der Immissionen den Berechnungen zu entnehmen.

Mit der Umweltzonenregelung in Bremen sind die PM10-Immissionen an den straßennahen Standorten im zentralen Bereich (Am Wall) um ca. 1% bis 3% und im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) bis ca. 2% verringert. Das entspricht am Dobbenweg und an den anderen aufgelisteten Streckenabschnitten in der Umweltzone (Am Wall, Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) einer Verringerung der jährlichen PM10-Immission um weniger als 1 µg/m³. Entsprechend den Berechnungen ist an keinem der betrachteten Straßenstandorten eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes (mehr als 35 Überschreitungen eines PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³) zu erwarten.

Insgesamt führt die Umweltzonenregelung in Bremen entsprechend den Berechnungen zu Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen und trägt zum Schutz der Anwohner an den Hauptverkehrsstraßen bei. In zukünftigen Jahren sind aufgrund der Flottenmodernisierungen verringerte verkehrsbedingte Schadstoffbeiträge zu erwarten, die ab dem Jahr 2018 eine Einhaltung der Grenzwerte in Bremen erwarten lassen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Bremen wurde am 1. Januar 2009 eine Umweltzone eingerichtet (Stufe 1) und seit dem 30. Juni 2011 sind ausschließlich KFZ mit grüner Plakette (Stufe 3) für die Einfahrt in die Umweltzone zugelassen.

Für Bremen soll die Wirksamkeit der Umweltzonen rechnerisch nachvollzogen werden.

Grundlage der aktualisierten Betrachtungen sind aktuelle Verkehrsdaten im gesamten städtischen Straßennetz, aktualisierte Flottenzusammensetzungen der Kfz innerhalb und außerhalb der Umweltzone sowie aktuelle Messdaten. Zu betrachten ist der Zustand der geltenden Regelungen der Umweltzone für das Jahr 2012 und zum Vergleich eine Annahme ohne Umweltzonenregelung für die Schadstoffe NO_2 und PM10.

3 EINGANGSDATEN UND EMISSIONSFAKTOREN

Für die immissionsseitige Berechnung der Auswirkungen der Luftreinhalte-Maßnahmen werden basierend auf den Verkehrsbelegungsdaten die auf den einzelnen Abschnitten freigesetzten Emissionen bestimmt und der Ausbreitungsrechnung zugeführt.

3.1 Lagedaten

Die Stadt Bremen liegt der Weser. Der überwiegende Bereich der Siedlungsfläche ist in den durch das Tal der Weser geprägten niederen Bereichen gelegen. Im Norden wird das Stadtgebiet von der Autobahn A 27 und im Süden durch die A 1 durchquert. Weiterhin wird das Stadtgebiet von den Bundesstraßen 75 und 6 durchzogen.

Die Lage des Betrachtungsgebietes ist in **Abb. 3.1** aufgezeigt. In der Abbildung ist auch die Lage der Umweltzone für das Betrachtungsjahr 2012 eingetragen. Weiterhin sind die Standorte der Messstellen sowie Querschnitte der Verkehrserfassung eingetragen, die weiter unten beschrieben werden.

3.2 Verkehr

Für die Betrachtungen der verkehrsbedingten Maßnahmen zum Luftreinhalte-/Aktionsplan Bremen wurden aktuelle Verkehrsbelegungsdaten (IVV, 2013) zur Verfügung gestellt. Das sind für das Plangebiet mit direkter Umgebung Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) und des LKW-Anteils. Die Verkehrsstärken sind in **Abb. 3.2** aufgezeigt.

Bei der Verteilung des Schwerverkehrs auf die Gruppen Schwere Nutzfahrzeuge, Reisebusse und Linienbusse wurde auf die separat vorliegenden Verkehrszahlen der Bremer Linienbusse zurückgegriffen.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen. Diese Ganglinien wurden anhand von Straßenverkehrszählungen am Knoten Außer der Schleifmühle/Schwachhauser Heerstraße/Bismarckstr/Dobbenweg ermittelt.

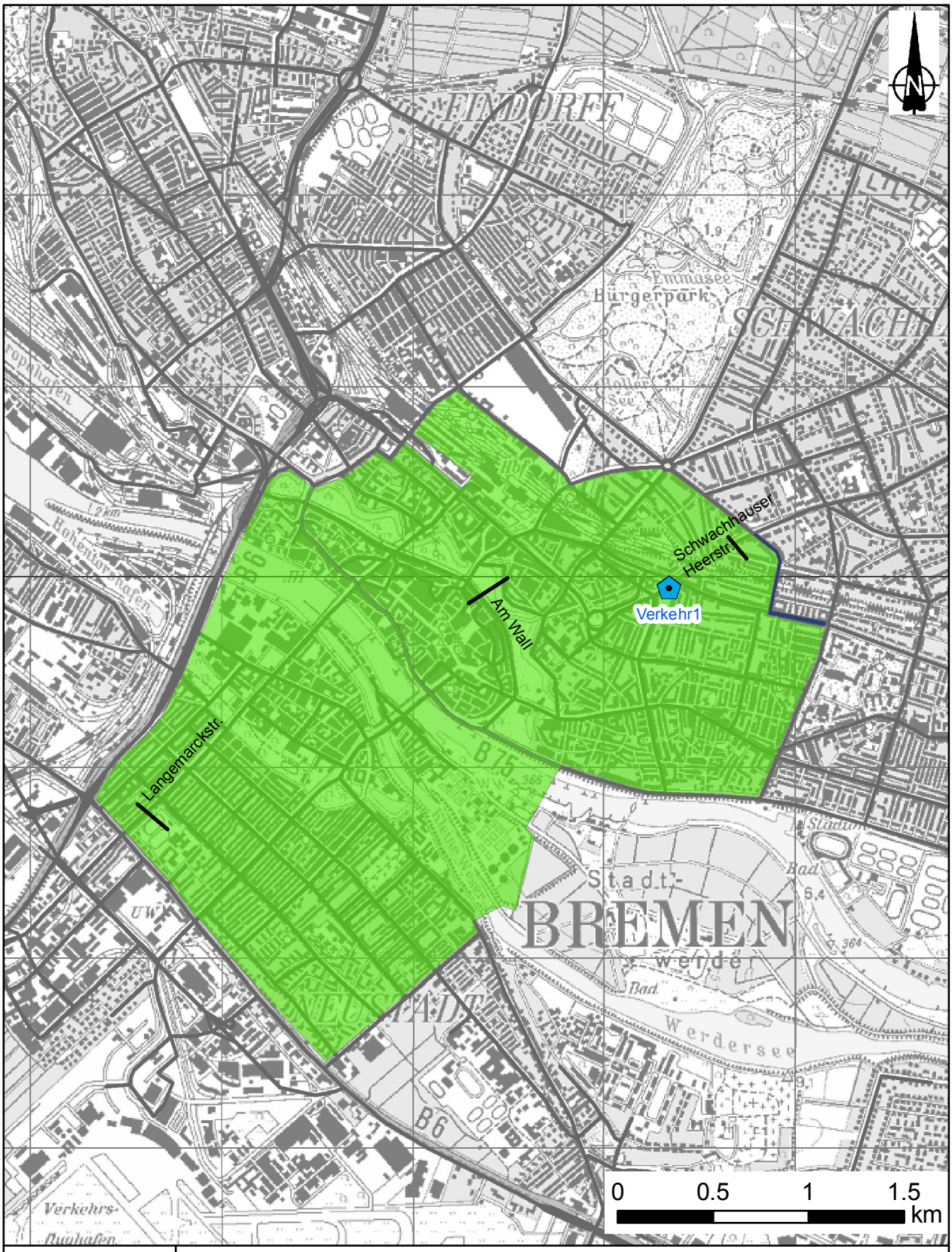


Abb. 3.1: Übersicht des Untersuchungsgebiets mit Umweltzone, Standorte der verkehrsbezogenen Messstation und der drei Querschnitte (Am Wall, Schwachhauser Heerstr. und Langemarckstr.)

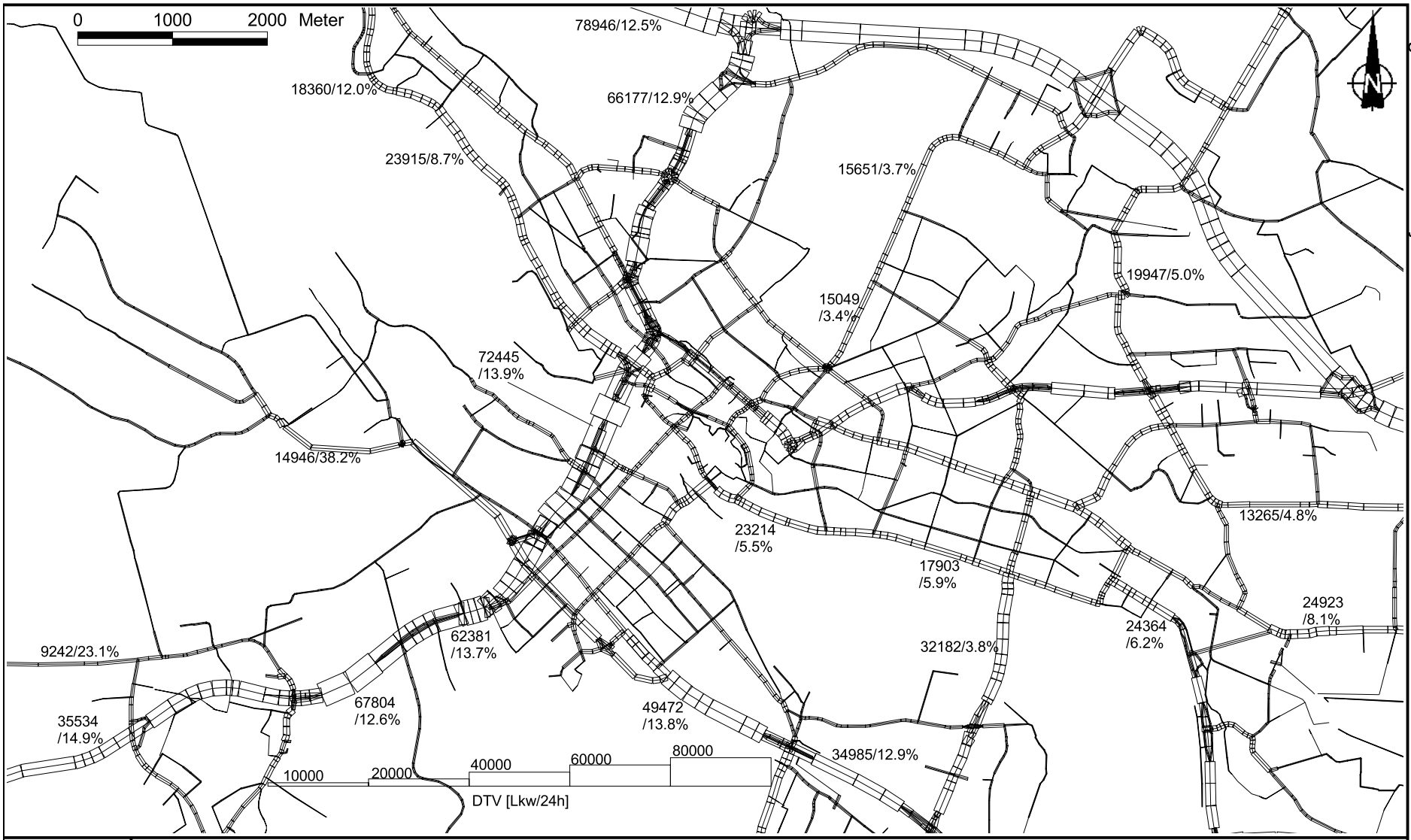


Abb. 3.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

3.3 Fahrzeugflotte

Für die Beschreibung der Fahrzeugflottenzusammensetzung der Kraftfahrzeuge auf den Straßen in Bremen wird auf zwei unterschiedliche Datensätze zurückgegriffen.

Die statische Kfz-Flottenzusammensetzung von Bremen und Niedersachsen wurde den Daten des Kraftfahrtbundesamtes (KBA, 2013), Stand 1.1.2012 inklusive Unterteilung nach Emissionsklassen entnommen. Da für die Emissions- und Immissionsberechnungen die Zusammensetzung der auf den Straßen verkehrenden Fahrzeugflotte erforderlich ist, wurde eine Übertragung der statischen Flottenzusammensetzung in die dynamische Fahrzeugflottenzusammensetzung entsprechend der Datenlage des Handbuchs für Emissionsfaktoren der Version 3.1 (HBEFA 3.1; UBA, 2010) vorgenommen. In **Tab. 3.1** sind die Anteile der Fahrzeuge der jeweiligen Fahrzeuggruppe aufgeführt, die keine grüne Plakette haben, ergänzt mit der Angabe für Deutschland entsprechend HBEFA 3.1.

	Bremen	**Niedersachsen**	**BRD**
PKW Benzin	0.2	0.2	1.0
PKW Diesel	11.1	14.3	10.0
PKW gesamt	11.3	14.4	11.0
LNF Benzin	0.0	0.1	0.5
LNF Diesel	62.7	63.6	46.9
LNF gesamt	62.8	63.6	47.4
SNF	29.5	38.1	27.3
Reisebus	64.2	61.5	64.2
Linienbus	26.6	65.4	43.7

Tab. 3.1: Anteil der Fahrzeuge je Fahrzeuggruppe ohne grüne Plakette für die dynamische innerörtliche Fahrzeugflottenzusammensetzung für Bremen und Niedersachsen sowie BRD für 2012

Die Unterschiede bezüglich der Fahrleistung innerhalb der Gruppen PKW, LNF und SNF (Schwere Nutzfahrzeuge) sind für die Bremer Verhältnisse in **Abb. 3.3** aufgezeigt. Dabei ist zu beachten, dass die dynamische Fahrzeugflotte nicht direkt vergleichbar ist mit den Bestandszahlen für eine Region, welche die statische Flottenzusammensetzung basierend auf den Zulassungszahlen angibt.

Der Anteil der dieselbetriebenen PKW-Fahrten auf innerstädtischen Straßen umfasst im Jahr 2012 ca. 40%; der Anteil der dieselbetriebenen leichten Nutzfahrzeugfahrten umfasst in 2012 ca. 94% (vgl. **Abb. 3.3)**. Bei Bussen und schweren Nutzfahrzeugen setzen sich die Fahrten ausschließlich aus dieselbetriebenen zusammen.

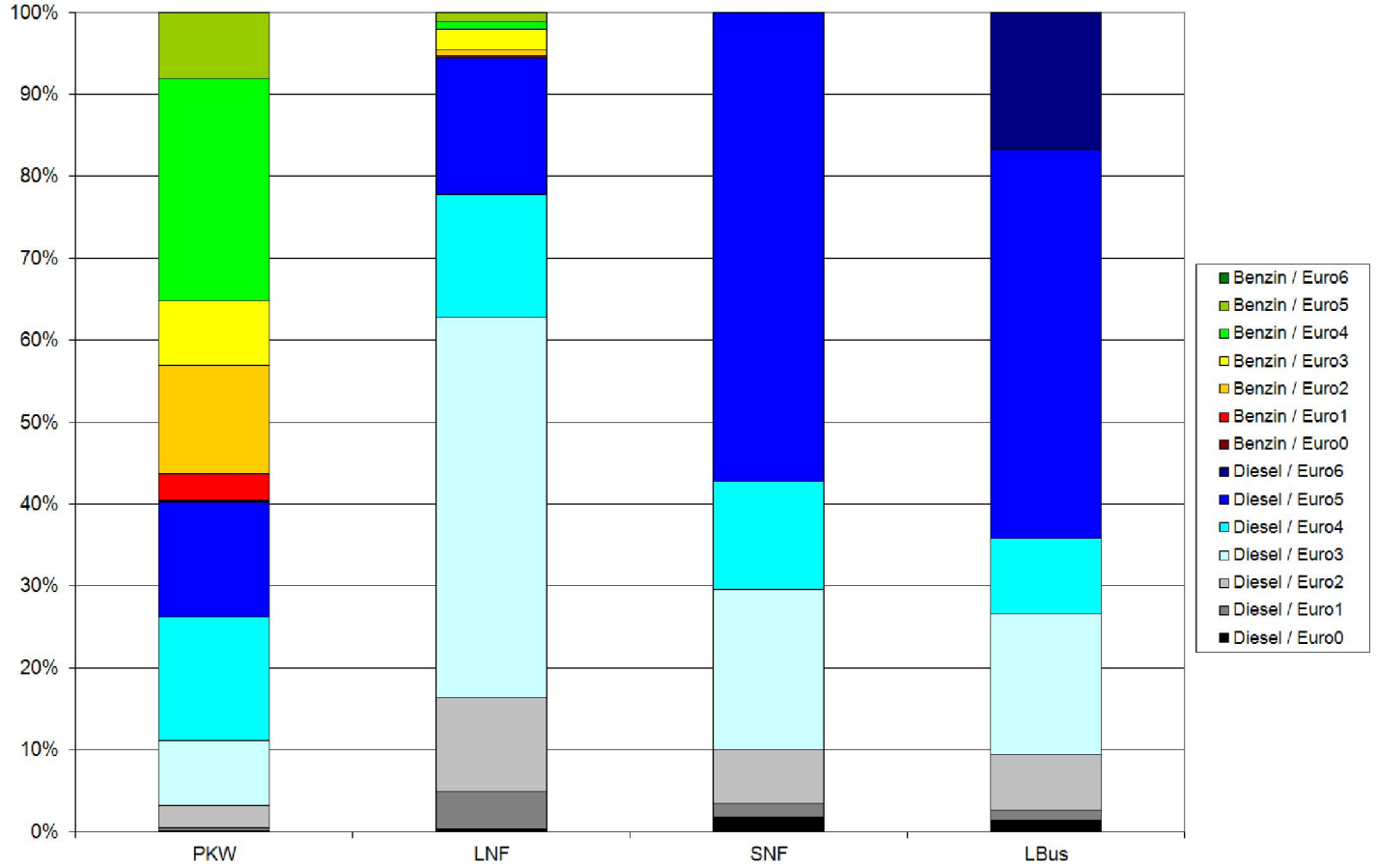


Abb. 3.3: Fahrleistungsabhängige Flottenzusammensetzung der Fahrzeuggruppen PKW, LNF, SNF und LBus nach Antriebsart und Euro-Stufe

Innerhalb der Umweltzone in Bremen fanden gesonderte Erhebungen für die Erfassung der Fahrzeuge mit grüner Plakette statt. In Bremen wurden am Dienstag, 16.10.2012 an drei Straßenabschnitten am Vormittag und am Nachmittag jeweils Verkehrserhebungen durchgeführt, die neben der Anzahl der Fahrzeuge, der Unterteilung in Fahrzeugarten auch das Vorhandensein einer Plakette erfassten, wobei mit der Zählung keine Informationen über eventuelle Ausnahmegenehmigungen vorlagen. Die Zähldaten der erfassten Querschnitte sind in **Tab. 3.2** dargestellt. Dabei liegt der Querschnitt Am Wall zentral innerhalb der Umweltzone, der Querschnitt Schwachhauser Heerstraße liegt am nördlichen Rand und der Querschnitt Langemarckstraße am südlichen Rand der Umweltzone.

	Am Wall	**Schwachhauser Heerstr.**	**Langemarckstraße**
Kfz (Anzahl)	6 997	13 285	4 838
SV (Anzahl)	103	204	225
SV-%	1.5	1.5	4.7
Anteil ohne Plakette	**in %**	**in %**	**in %**
Pkw	3.4	5.8	6.5
LNF (<= 3,5t)	11.6	19.4	21.7
Bus	57.1	42.1	13.1
LKW (>3.5t)	11.5	28.1	19.5

Tab. 3.2: Zähldaten vom 16.10.2012 an drei Querschnitten in der Umweltzone Bremen

Damit ergaben die Zählungen innerhalb der Umweltzone Bremen deutlich geringere Fahrten ohne grüne Plakette gegenüber Bereichen ohne Umweltzonenregelungen. Ergänzend ist aus den beschriebenen Daten der dynamischen Fahrzeugflottenzusammensetzung für Bremen und den an den Querschnitten gezählten Plaketten ableitbar, welche Anteile der Fahrzeuge trotz Verboten mit der Umweltzonenregelung dennoch durchgeführt werden. An den Querschnitten im zentralen Bereich und im Randbereich der Umweltzone werden von den ausgeschlossenen Fahrten dennoch für PKW 30% bis 53%, für leichte Nutzfahrzeuge 19% bis 32% und für schwere Nutzfahrzeuge 39% bis 66% der Fahrten durchgeführt; diese Fahrten erfolgen somit unter Nichtbeachtung der Umweltzonenregelung.

Für die Emissionsberechnungen in Bremen werden somit drei Szenarien der Fahrzeugflottenzusammensetzungen auf den Bremer Straßen wie folgt gebildet.

Für die Fahrzeugzusammensetzung innerhalb der Umweltzone im Jahr 2012 wird die beschriebene Flottenzusammensetzung entsprechend den erfassten Plakettenanteilen modifiziert. D.h. die Anteile der Fahrten ohne Plaketten werden für die Fahrzeuggruppen PKW, LNF und LKW jeweils auf die erfassten Anteile ohne Plakette angepasst unter Berück-

sichtigung der vorliegenden Unterteilung auf die einzelnen Euro-Klassen. Dies erfolgt für die erfassten Daten im zentralen Bereich der Umweltzone und im Randbereich.

Aufgrund der vorliegenden Informationen über die dynamische Kfz-Flottenzusammensetzung in Bremen werden folgende Fälle betrachtet:

Bremen 2012: Dynamische Fahrzeugflottenzusammensetzung abgeleitet aus der Meldestatistik 2012

Bremen 2012 Uz Wall: Befolgung der Umweltzonenregelung entsprechend den Erfassungen im zentralen Bereich der Umweltzone (Am Wall)

Bremen 2012 Uz Rang: Befolgung der Umweltzonenregelung entsprechend den Erfahrungen im Randbereich der Umweltzone (Schwachhauser Heerstraße und Langemarckstraße)

3.4 Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die PKW, die leichten Nutzfahrzeuge (lNfz) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM10, PM2.5) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

3.4.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) berechnet.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugarten PKW, lNfz, LKW und Busse im Wesentlichen ab von:

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2010) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Längsneigung der Straßen wurde aus dem digitalen Geländemodell abgeleitet.

3.4.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend der in BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub die in **Tab. 3.3** exemplarisch für die innerstädtischen Verkehrssituationen an den verkehrsnahen Messstellen in Bremen aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln wird mit der angesetzten Hintergrundbelastung berücksichtigt, soweit dieser Prozess in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen relevant wird. Für die kleineren Entfernungen sind die sekundären Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

3.4.3 Emissionsfaktoren mit möglichen technischen Minderungen

Die an den verkehrsnahen Messstellen am Dobbenweg, Neuenlander Straße, Graf-Moltke-Straße und Nordstraße, sowie an den Querschnitten der Plakettenerhebung 2012 in Bremen angesetzten Verkehrssituationen sind in **Tab. 3.3** aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA (UBA, 2010). Mit diesen Tabellen ist ein Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in den zu betrachtenden Bezugsjahren gegeben. Es werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-FernC50d: Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-FernC50g: Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr
IOS-HVS50d: Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

	Spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] für das Bezugsjahr 2012								
Verkehrs-situation (Kürzel)	**Ge-schwin-digkeit [km/h]**	**NO_x**		**$NO_{2\ direkt}$**		**PM10 nur Abgas**		**PM10 (nur Abrieb und Aufwirb.)**	
	PKW	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-FernC50d	41.4	0.348	4.780	0.0932	0.4799	0.0140	0.0711	0.033	0.35
IOS-FernC50g	35.6	0.378	5.750	0.1027	0.5671	0.0147	0.0884	0.04	0.7
IOS-HVS50d	37.0	0.464	5.649	0.1201	0.5551	0.0170	0.0868	0.033	0.35
Umweltzone zentral (Am Wall)									
UIOS-FernC50d	41.4	0.304	4.534	0.0826	0.4780	0.0077	0.0541	0.033	0.35
UIOS-FernC50g	35.6	0.328	5.673	0.0909	0.5771	0.0078	0.0682	0.04	0.7
UIOS-HVS50d	37.0	0.409	5.606	0.1064	0.5670	0.0096	0.0661	0.033	0.35
Umweltzone in Randbereichen (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße)									
UIOS-FernC50d	41.4	0.315	4.614	0.0855	0.4783	0.0093	0.0595	0.033	0.35
UIOS-FernC50g	35.6	0.341	5.688	0.0942	0.5730	0.0096	0.0745	0.04	0.7
UIOS-HVS50d	37.0	0.423	5.607	0.1102	0.5620	0.0115	0.0725	0.033	0.35

Tab. 3.3: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz an den verkehrsnahen Messstellen und den betrachteten Querschnitten für das Bezugsjahr 2012 nach HBEFA unter Berücksichtigung unterschiedlicher Flotten für Bremen
LV: Leichtverkehr, SV: Schwerverkehr

3.5 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Für die Ausbreitungsrechnungen wurden die mehrjährig erfassten Winddaten der Windmessstation Bremen-Flughafen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) angesetzt. Die DWD-Station befindet sich auf dem Flughafengelände, der Windgeber ist in 10 m über Grund installiert und frei anströmbar. Die Häufigkeitsverteilungen der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten für die Station Bremen-Flughafen für den Zeitraum 1981 bis 1990 sind in der **Abb. 3.4** dargestellt. Die häufigsten Windrichtungen liegen um Südwest bis West und um Südost. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 4.3 m/s.

Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Raum Bremen. Für die PROKAS-Berechnungen (siehe Kap. 4.2) wurden die Windverhältnisse entsprechend der Bebauungsstruktur angesetzt.

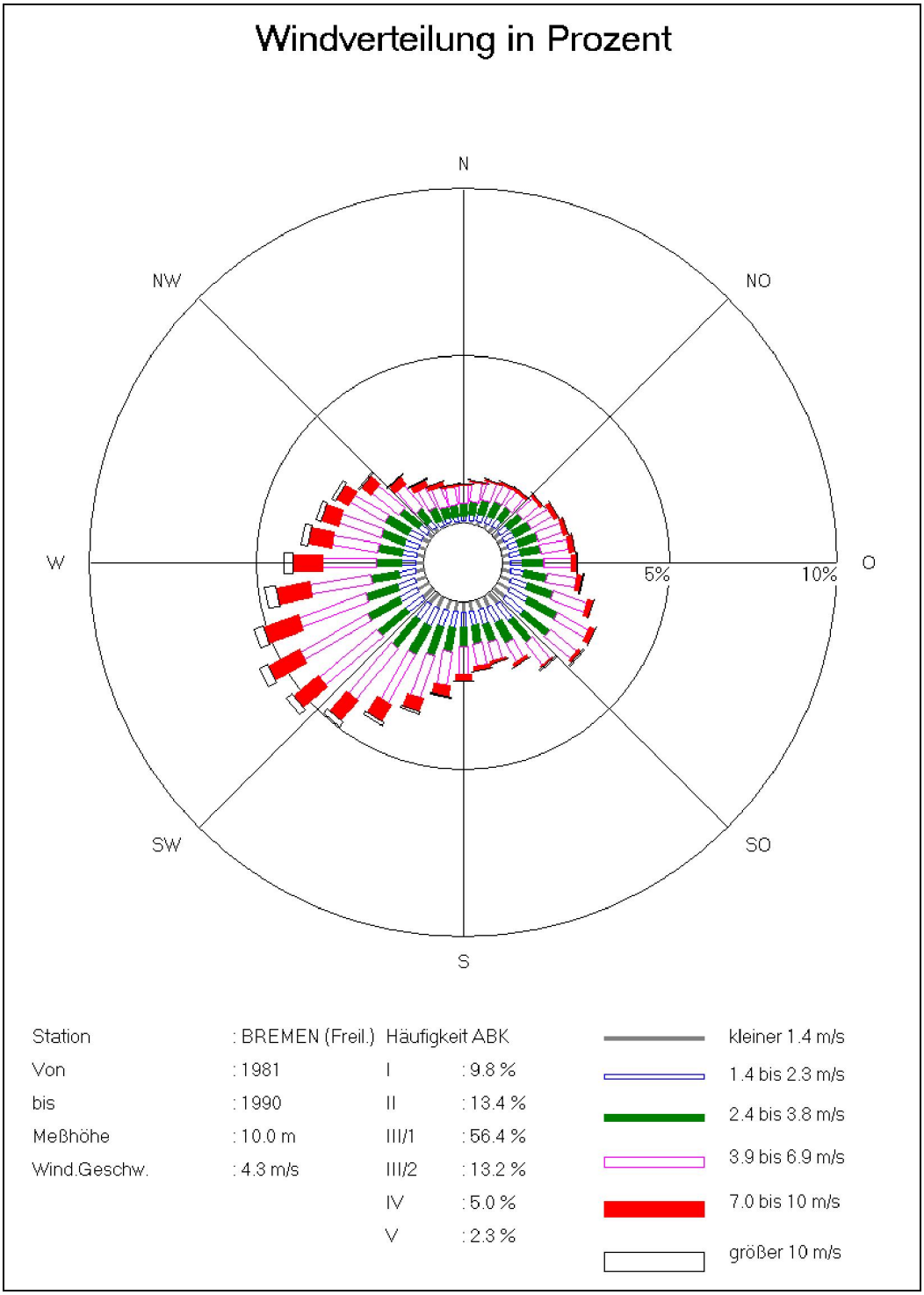


Abb. 3.4: Windrichtungs- und Geschwindigkeitsverteilung der Messstation Bremen Flughafen
Quelle: Deutscher Wetterdienst

4 AUSWIRKUNGEN DER UMWELTZONENREGELUNG

4.1 Auswirkungen auf Emissionen der Straßenabschnitte

Basierend auf den o.g. Flotten- und spezifischen Emissionsdaten werden die Emissionen für die Hauptverkehrsstraßen in Bremen berechnet. Die Darstellung der Berechnungsergebnisse konzentriert sich im Folgenden auf die Straßenabschnitte an der Messstelle Dobbenweg und den drei Querschnitten der Plakettenerfassung 2012.

Mit den in Kap. 3 aufgeführten Auswertungen der Emissionsfaktoren durch Modifizierungen der Flotte werden folgend die berechneten Emissionen der genannten Streckenabschnitte für die Betrachtungsfälle Fahrzeugflottenzusammensetzung Bremen 2012, angenommene Einhaltung der Umweltzonenregelung entsprechend den Erfassungen im zentralen Umweltzonenbereich und angenommene Einhaltung der Umweltzonenregelung entsprechend den Erfassungen im Randbereich der Umweltzone aufgezeigt.

Die berechneten mittleren NO_X-Emissionsdichten sind in **Abb. 4.1** als relative Abweichung vom Betrachtungsfall mit Flotte Bremen dargestellt, wobei für die relative Abweichungsdarstellung zur Verdeutlichung nur ein Ausschnitt der Größenachse gewählt wurde.

Entsprechend der Verkehrsbelegung und dem LKW-Anteil treten an den betrachteten Straßenabschnitten unterschiedliche Emissionen auf. Gegenüber dem Fall ohne Einhaltung der Umweltzonenregelung (d.h. Flotte Bremen) sind mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im zentralen Bereich (Am Wall) ca. 90% bis 93% der NO_X-Emissionen und mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) ca. 93% bis 95% der NO_X-Emissionen berechnet.

Ergänzend sind in **Abb. 4.2** die Beiträge der direkten motorbedingten NO_2-Emissonen dargestellt. Gegenüber dem Fall ohne Einhaltung der Umweltzonenregelung (d.h. Flotte Bremen) sind mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im zentralen Bereich (Am Wall) ca. 90% bis 92% der direkten NO_2-Emissionen und mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) ca. 93% bis 94% der NO_2-Emissionen berechnet.

Bei den Partikelemissionen wird die Summe aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ Beiträgen betrachtet. Gegenüber dem Fall ohne Einhaltung der Umweltzonenregelung (d.h. Flotte Bremen) sind mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im zentralen Bereich (Am Wall) ca. 90% der PM10-Emissionen und mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) ca. 92% der PM10-Emissionen berechnet (**Abb. 4.3**).

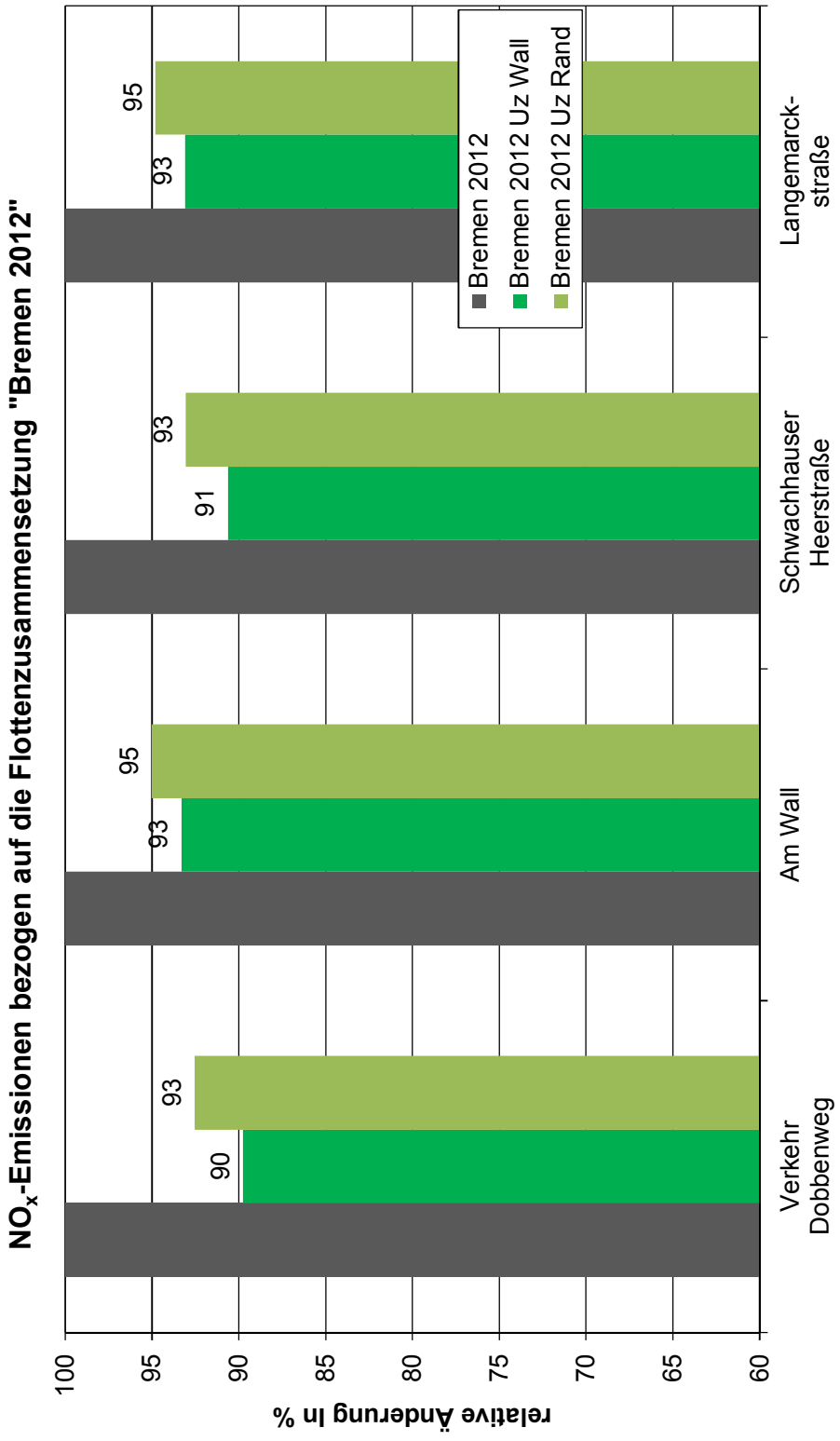


Abb. 4.1: NO_X- Emissionen an ausgewählten Streckenabschnitten in Bremen. Relative Änderung bezogen auf die Flottenzusammensetzung „Bremen 2012“

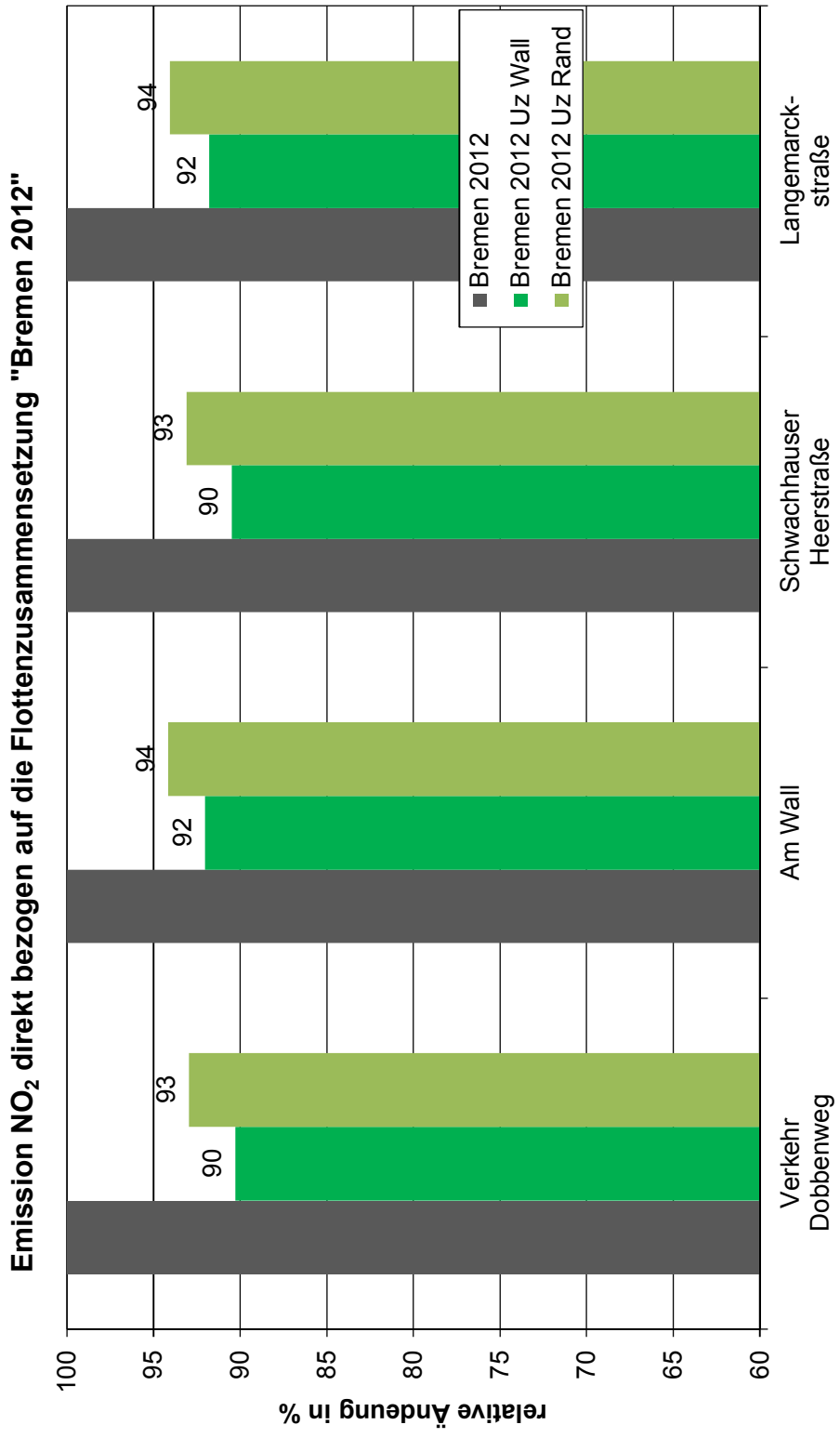


Abb. 4.2: NO_2 direkt - Emissionen an ausgewählten Streckenabschnitten in Bremen.
relative Änderung bezogen auf die Flottenzusammensetzung „Bremen2012“

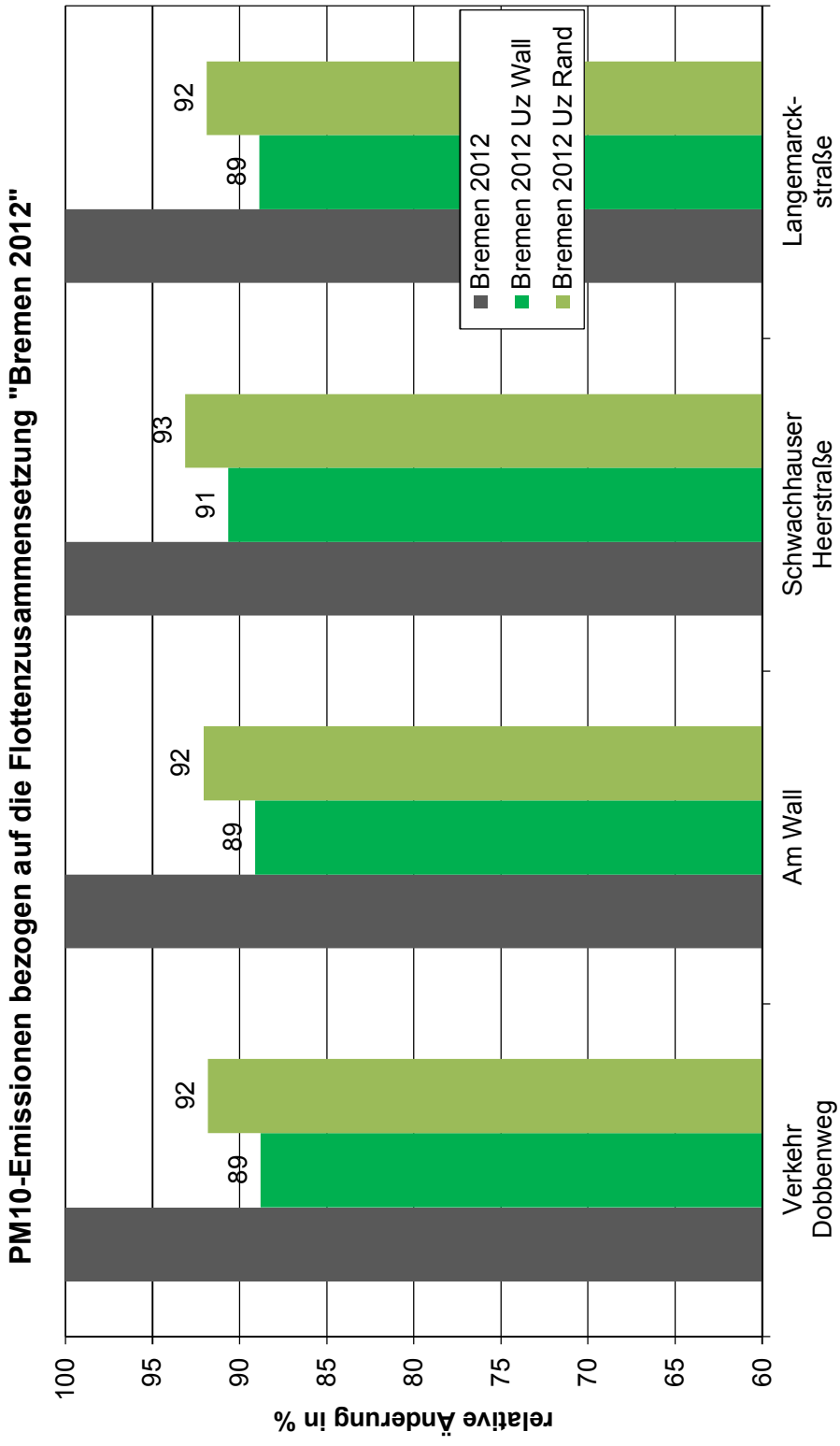


Abb. 4.3: PM10 - Emissionen an ausgewählten Streckenabschnitten in Bremen.
Relative Änderung bezogen auf die Flottenzusammensetzung „Bremen 2012“

Bei den PM10-Emissionen ist zu beachten, dass der nicht motorbedingte Anteil durch die betrachteten Maßnahmen nur dann verringert würde, wenn sich auch die Verkehrsbelastung verringern würde oder der Verkehrsfluss sich verbessert; die Auswirkungen der Maßnahmen der Fahrverbote entsprechend der Kennzeichnungsverordnung wirken nur hinsichtlich der Verringerung der motorbedingten PM10-Emissionen und werden durch gleich bleibende Anteile der nicht motorbedingten Beiträge abgeschwächt, verringern aber vor allem die Dieselrußemissionen. Die „nicht motorbedingten“ Beiträge der PM10-Belastungen sind überwiegend der gröberen Fraktion zuzuschreiben und damit gegenüber den sehr feinen motorbedingten Partikeln weniger lungengängig.

4.2 Auswirkungen auf Immissionen an den Hauptverkehrsstraßen

Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr betreibt das Bremer Luftüberwachungssystem (BLUES) zur kontinuierlichen Immissionsüberwachung. Unter anderem liegen Messwerte für vier verkehrsbeeinflusste Straßenabschnitte mit Randbebauung vor. Die Messwerte für NO_2 und PM10 sind in **Tab. 4.1** für die Jahre 2006 bis 2012 aufgeführt.

Danach sind an den verkehrsbezogenen Standorten Dobbenweg (Verkehr 1) und Nordstraße (Verkehr 4) in den letzten Jahren NO_2-Immissionen deutlich über 40 µg/m³, an den anderen Messstationen deutlich geringere NO_2-Immissionen erfasst. Das trifft auch auf das Jahr 2012 zu.

Die Messungen zeigen für PM10, dass an den verkehrsbezogenen Standorten Dobbenweg (Verkehr 1) und Nordstraße (Verkehr 4) in den letzten Jahren teilweise mehr als 35 Überschreitungen des PM10-Tagesmittelwertes über 50 µg/m³ erfasst wurden. Die erfassten PM10-Jahresmittelwerte liegen deutlich unter 40 µg/m³. Im Jahr 2012 sind gegenüber vorherigen Jahren geringere PM10-Immissionen erfasst und auch deutlich geringere Anzahlen von Überschreitungstagen mit PM10-Tagesmittelwerten über 50 µg/m³.

Für die rechnerische Ermittlung der Wirkung der Umweltzonenregelung in Bremen wurden basierend auf den vorgestellten Emissionsermittlungen Ausbreitungsrechnungen mit dem Berechnungsverfahren PROKAS und dem Bebauungsmodul PROKAS_B durchgeführt. Die in den Berechnungen anzusetzende Hintergrundbelastung wird aus dem Vergleich der Berechnungs- und Messergebnisse des Stadtbereichs mit Werten für NO_2-Jahresmittelwerte von 24 µg/m³ und für PM10-Jahresmittelwerte von 20 µg/m³ abgeleitet und dann auf die verkehrsbeeinflussten Stationsstandorte angewendet, um einen Vergleich zwischen den Mittelwerten der Messdaten und den Berechnungsergebnissen zu erhalten.

Schadstoff-komponente	Zeit-raum	Bremen, Dobben-weg (Verkehr 1)	Bremen, Graf-Moltke-Str. (Verkehr 3)	Bremen, Nordstr. (Verkehr 4)	Bremen-Nord	Bremen-Mitte
NO_2-Jahres-mittelwert	2006	54	-	-	21	26
	2007	44	-	-	20	26
	2008	46	29	70	20	23
	2009	45	30	47	22	21
	2010	46	31	45	22	20
	2011	45	28	45	22	26
	2012	44	29	44	22	25
PM10 Jahres-Mittelwert	2006	33	-	-	22	22
	2007	31	-	-	19	20
	2008	34	28	30	19	18
	2009	32	25	30	18	19
	2010	29	24	28	19	20
	2011	31	27	28	20	23
	2012	24	23	23	18	19
PM10-Überschrei-tung (Anzahl der Tage über 50 $\mu g/m^3$)	2006	43	-	-	8	12
	2007	30	-	-	2	3
	2008	34	18	17	5	5
	2009	27	8	18	2	2
	2010	27	12	27	6	5
	2011	44	26	36	14	14
	2012	13	7	9	1	2

Tab. 4.1: Messdaten des Bremer Messnetzes für die Jahre 2006 bis 2012 (BLUES, 2007-2013)

Bei den Berechnungen wird die Randbebauung typisiert nach Straßenraumbreite, Höhe der Randbebauung und Lückigkeit der Randbebauung für einzelne Straßenabschnitte mit einer Länge von ca. 100 m berücksichtigt. Innerhalb dieser Straßenabschnitte wird eine einheitliche Immission berechnet; mit diesem Berechnungsverfahren kann keine weitere örtliche Differenzierung erfolgen. Für feinere räumliche Auflösungen der berechneten Immissionen wäre der Einsatz eines mikroskaligen Rechenverfahrens mit detaillierter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen erforderlich.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die Messstationen in Bremen sind in **Tab. 4.2** aufgeführt.

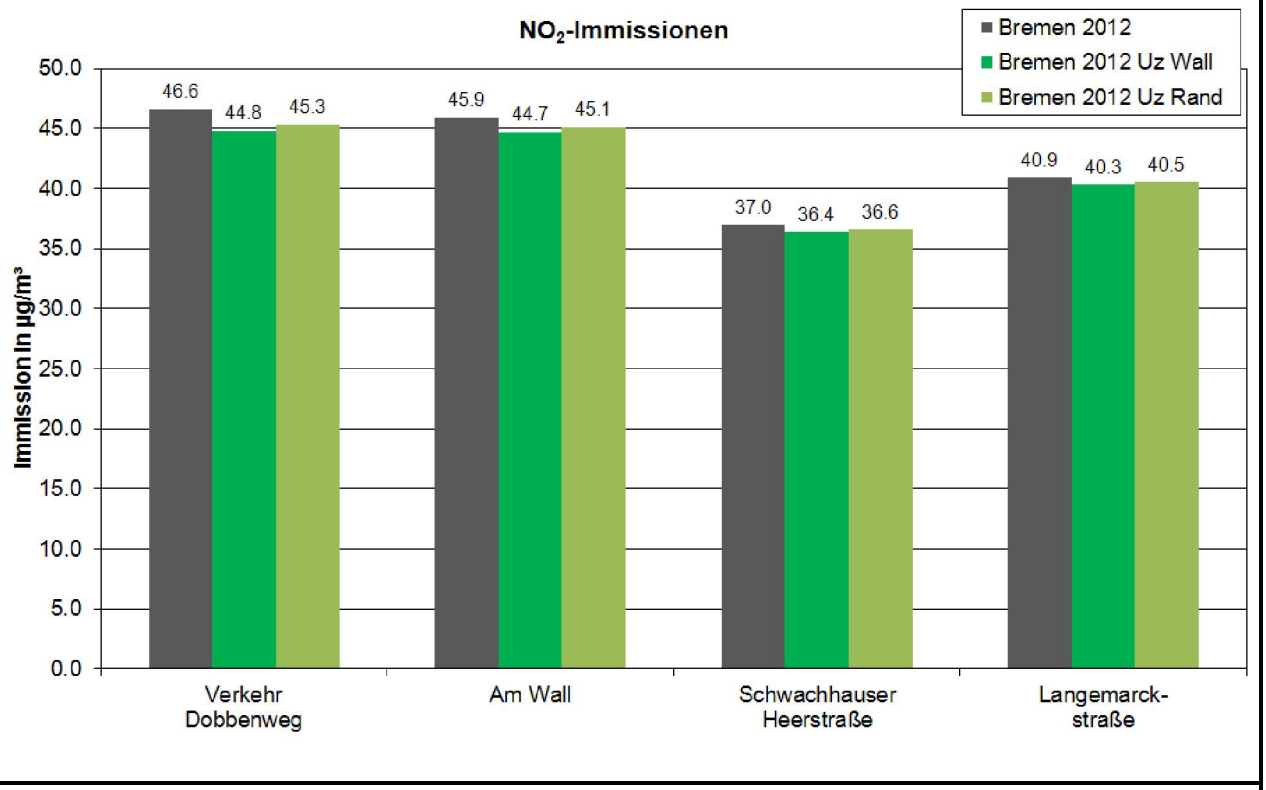
	Messung 2012	Berechnung		
		Bremen 2012	Bremen 2012 Uz Wall	Bremen 2012 Uz Rand
	NO_2-Jahresmittelwerte in µg/m³			
Verkehr 1 Dobbenweg	44	46.6	44.8	45.3
Verkehr 3 Graf-Moltke-Str.	29	36.2	36.1	36.1
Verkehr 4 Nordstraße	44	44.6	44.6	44.6
	PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³			
Verkehr 1 Dobbenweg	24	26.4	25.7	25.9
Verkehr 3 Graf-Moltke-Str.	23	22.9	22.9	22.9
Verkehr 4 Nordstraße	23	24.9	24.9	24.9
	PM10-Überschreitungstage (Anzahl der Tagesmittelwerte über 50 µg/m³)			
Verkehr 1 Dobbenweg	13	27	25	25
Verkehr 3 Graf-Moltke-Str.	7	17	17	17
Verkehr 4 Nordstraße	1	22	22	22

Tab. 4.2: Gemessene und berechnete Immissionen an verkehrsbeeinflussten Straßenmessstationen in Bremen für 2012.

Damit werden an den vier Straßen mit den Berechnungen die Überschreitungen der NO_2-Immissionen von 40 µg/m³ für den Dobbenweg und die Nordstraße ebenfalls abgebildet.

Für PM10 werden Jahresmittelwerte deutlich unter 40 µg/m³ berechnet und die daraus abgeleitete Anzahl der Tagesmittelwerte über 50 µg/m³ liegt deutlich unter 35 Tagen; allerdings zeigt der Vergleich mit den aus den Messdaten abgeleiteten Überschreitungstagen deutlich geringere Werte auf. Das deutet auf besondere meteorologische Verhältnisse in diesem Jahr (2012) hin, die mit dem statistischen Ansatz der Ableitung der Überschreitungstage aus den Jahresmittelwerten nicht abgebildet werden können.

In **Abb. 4.4** (oben) sind die berechneten Jahresmittelwerte für NO_2 und in **Abb. 4.4** (unten) die relativen Änderungen der berechneten NO_2-Immissionen mit den Umweltzonenregelungen bezogen auf die Werte für die angesetzte Fahrzeugflottenzusammensetzung im Jahr 2012 aufgezeigt. Gegenüber einer rechnerischen Betrachtung ohne Befolgung der Umweltzonenregelung 2012 zeigen die NO_2-Belastungen an den straßennahen Standorten mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im zentralen Bereich (Am Wall) ca. 94% bis 98% der NO_2-Immissionen und mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) ca. 97% bis 99% der NO_2-Immissionen. Das entspricht am Dobbenweg einer Verringerung der jährlichen NO_2-Immission bis um 2 µg/m³ und an den anderen aufgelisteten Streckenabschnitten in der Umweltzone (Am Wall, Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) bis um 1 µg/m³. An den Straßenabschnitten außerhalb der Umweltzonenregelung sind keine nennenswerten Änderungen der Immissionen den Berechnungen zu entnehmen.



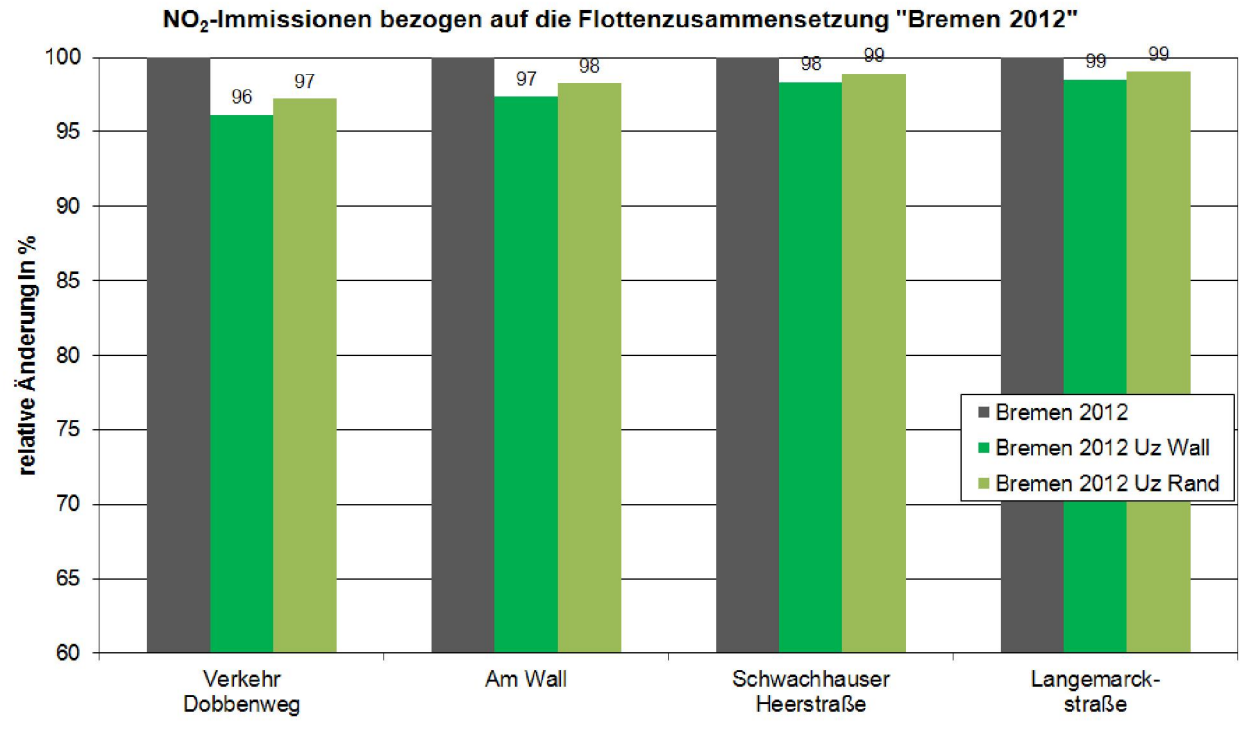


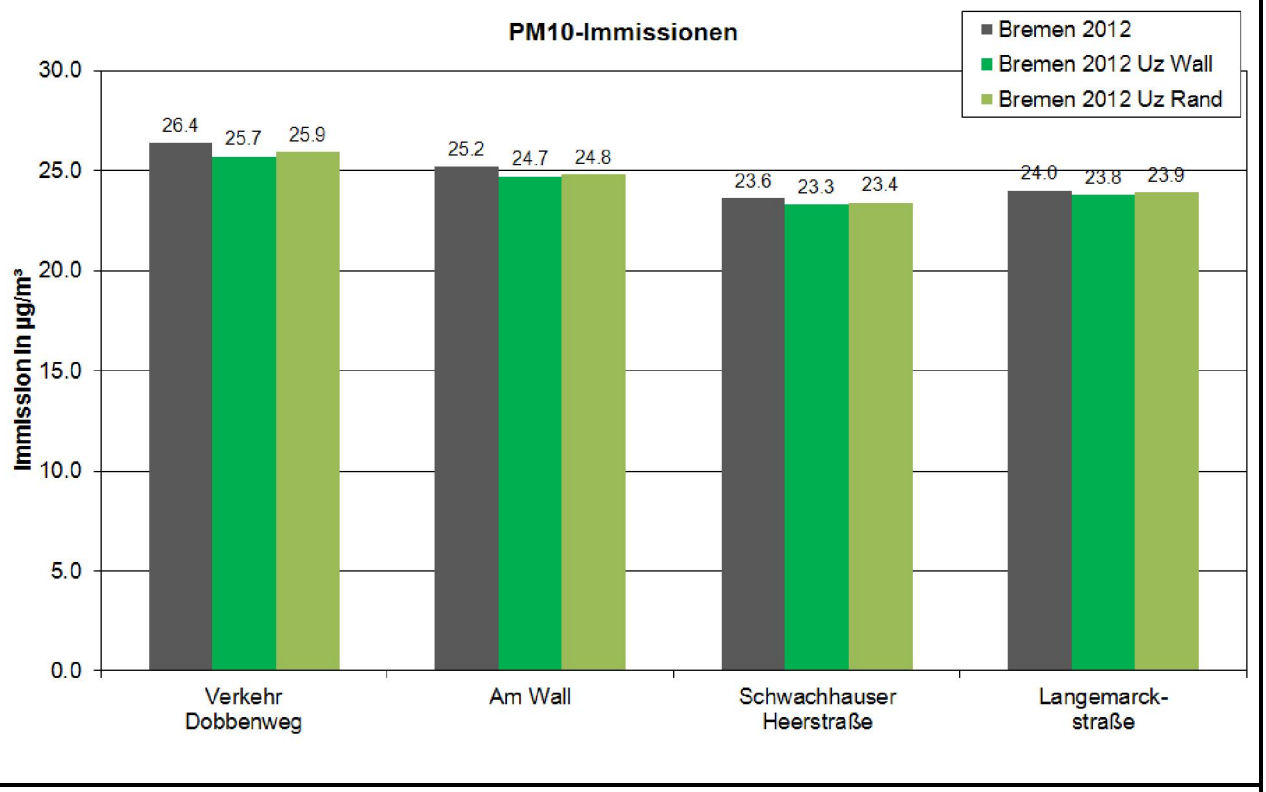
Abb. 4.4: NO_2 - Immissionen an ausgewählten Streckenabschnitten in Bremen.
oben: Immissionen in µg/m³
unten: relative Änderung bezogen auf die Flottenzusammensetzung „Bremen 2012“

Die berechneten PM10-Immissionen sind in **Abb. 4.5** aufgezeigt. Gegenüber einer rechnerischen Betrachtung ohne Befolgung der Umweltzonenregelung 2012 zeigen die PM10-Belastungen an den straßennahen Standorten mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im zentralen Bereich (Am Wall) ca. 97% bis 99% der PM10-Immissionen und mit Einhaltung der Umweltzonenregelung wie im Randbereich (Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) ca. 98% bis 100% der PM10-Immissionen. Das entspricht am Dobbenweg und an den anderen aufgelisteten Streckenabschnitten in der Umweltzone (Am Wall, Schwachhauser Heerstraße, Langemarckstraße) einer Verringerung der jährlichen PM10-Immission um weniger als 1 µg/m³. An den Straßenabschnitten außerhalb der Umweltzonenregelung sind keine nennenswerten Änderungen der Immissionen den Berechnungen zu entnehmen.

Für die Ableitung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes, d.h. der Überschreitung eines PM10-Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ an mehr als 35 Tagen pro Jahr, werden in der Fachliteratur Schwellenwerte der PM10-Jahresmittelwerte genannt. So wurde im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m^3 und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 4.6**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 4.6** dargestellt. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m^3 (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz unter Berücksichtigung des Sicherheitszuschlags für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m^3 abgeleitet.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe ,,Umwelt und Verkehr'' der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. 40 µg/m^3 einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. ,,best fit'' nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m^3 erwartet.

Weiterhin liegen Auswertungen durch die LUBW für die Stationen in Baden-Württemberg und für das Jahr 2004 vor, die ab einem PM10-Jahresmittelwert von 30 µg/m^3 auf eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes schließen lassen.



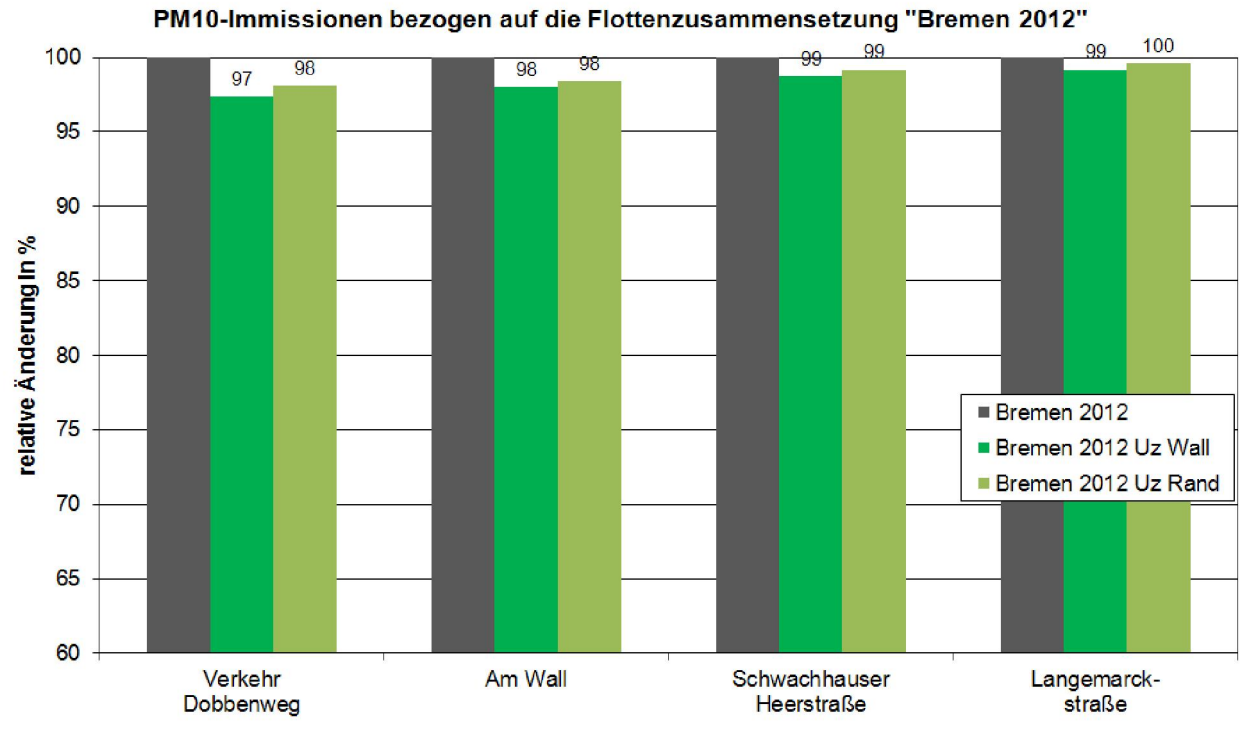


Abb. 4.5: PM10 - Immissionen an ausgewählten Streckenabschnitten in Bremen
oben: Immissionen in µg/m³
unten: relative Änderung bezogen auf die Flottenzusammensetzung „Bremen 2012“

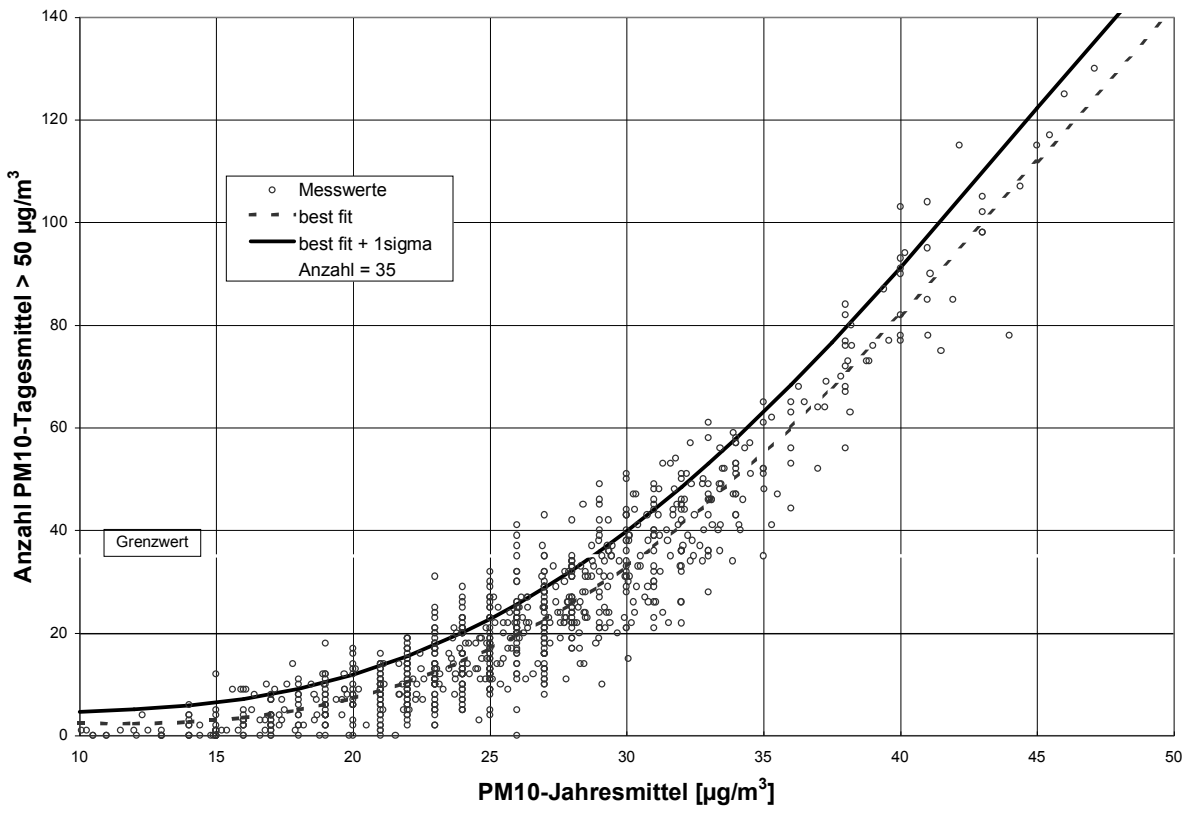


Abb. 4.6: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

Aus den berechneten PM10-Jahresmittelwerten werden im Rahmen dieser Ausarbeitung mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m³ (Grenzwert) ab PM10-Jahresmittelwerten von 29 µg/m³ angesetzt. Danach ist an keinem der betrachteten Straßenmessstandorten eine Überschreitung des PM10-Kurzzeitbelastungswertes zu erwarten.

Insgesamt ist aus den Ergebnissen der Berechnungen zu schließen, dass die Umweltzonenregelung in Bremen zu Verringerungen der verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen, insbesondere der NO_2-Immissionen und der motorbedingten Partikel, also auch dem Dieselruß, führt und somit zum Schutz der Anwohner an den Hauptverkehrsstraßen vor verkehrsbedingten Luftschadstoffbelastungen beiträgt. Diese Minderungswirkung kann durch eine vollständige Befolgung der Umweltzonenregelung noch intensiviert werden.

5 LITERATUR

39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de

BASt (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

BASt (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.

Blues (2007-2013): Das Bremer Luftüberwachungssystem. Jahresberichte 2006 bis 2012. Hrsg.: Der Senator für Umwelt, Bau und Verkehr, Bremen.

Düring, I., Bächlin, W., Ketzel, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO2 conversion model under consideration of direct NO2-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (Februar 2011).

Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Flassak, Th., Bächlin, W., Bösinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.

IVV (2013): Digitale Verkehrsdaten für das Straßennetz von Bremen für das Jahr 2012. IVV Ingenieurgruppe GmbH & Co. KG, Aachen.

KBA (2013): Fahrzeugzulassungen (FZ). Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken. Hrsg.: Kraftfahrt-Bundesamt.

Kutzner, K., Diekmann, H., Reichenbächer, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag, Düsseldorf.

Lohmeyer (2005): Screening der Luftschadstoffbelastung in den Hauptverkehrsstraßen der Stadt Bremen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe, Projekt 60141, Gutachten im Auftrag der Stadt Bremen.

Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.

Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).

TREMOD (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung ”Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030”. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.

UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Febr. 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter http://www.hbefa.net/.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.

A N H A N G A1:

BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

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

A1.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

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

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO_2 erfolgt mit einem vereinfachtem Chemiemodell (Düring et al., 2011).

A1.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

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

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

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

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

wobei:
- c = Abgaskonzentration [µg/m^3]
- c^* = dimensionslose Abgaskonzentration [-]
- Q = emittierter Schadstoffmassenstrom [µg/m s]
- B = Straßenschluchtbreite [m] beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
- u' = Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz [m/s]

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Vorbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

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

Tab. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

A1.3 Fehlerdiskussion

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

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

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

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

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

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

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

Weitere Fehlerquellen liegen in der Fahrleistungsverteilung innerhalb der nach Fahrzeugschichten aufgeschlüsselten Fahrzeugflotte, dem Anteil der mit nicht betriebswarmem Motor gestarteten Fahrzeuge (Kaltstartanteil) und der Modellierung des Verkehrsablaufs. Je nach betrachtetem Schadstoff haben diese Eingangsdaten einen unterschiedlich großen Einfluss auf die Emissionen. Untersuchungen haben beispielsweise gezeigt, dass die Emissionen, ermittelt über Standardwerte für die Anteile von leichten und schweren Nutzfahrzeugen und für die Tagesganglinien im Vergleich zu Emissionen, ermittelt unter Berücksichtigung entsprechender Daten, die durch Zählung erhoben wurden, Differenzen im Bereich von +/-20% aufweisen.

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

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

A N H A N G A2:

ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE JAHRE

A2 ERGÄNZENDE BETRACHTUNGEN FÜR ZUKÜNFTIGE JAHRE

Ergänzend wurde ein rechnerischer Ausblick auf zukünftige Jahre angeregt. Das betrifft einmal einen Ausblick auf das Jahr 2015 und weiterhin eine Prognose, ab welchem Jahr an den Messstellen in Bremen eine Einhaltung des Grenzwertes erwartet wird.

Die vorliegende statische Kfz-Flottenzusammensetzung für Bremen mit dem Stand 1.1.2012 wird unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der bundesweiten statischen Flottenzusammensetzungen, die im HBEFA3.1 hinterlegt sind, auf das Jahr 2015 hochgerechnet. Daran schließt eine Übertragung auf die dynamische Flottenzusammensetzung entsprechend der in Kap. 3.3 beschriebenen Vorgehensweise an.

Mit dieser dynamischen Flottenzusammensetzung für Bremen im Jahr 2015 werden unter Verwendung der Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten unterteilt nach Emissionsklassen entsprechend den Euro-Klassen die Emissionen für die einzelnen Straßenabschnitte berechnet und der Immissionsberechnung zugeführt.

Damit werden folgend aufgeführte NO_2-Jahresmittelwerte und in Klammern angegebene Anteile an den Werten für 2012 für die Messstelle „Verkehr Dobbenweg“ und die drei Zählquerschnitte berechnet:

Verkehr Dobbenweg 45.6 µg/m³ (98%), Am Wall 45.1 µg/m³ (98%), Schwachhauser Heerstraße 37 µg/m³ (98%) und Langemarckstraße 40.9 µg/m³ (98%).

Für den Ausblick, ab welchem Jahr bezogen auf die verkehrsbedingten Beiträge an den NO_2-Immissionen eine Einhaltung des Grenzwertes an den oben genannten Straßenabschnitten erwartet werden kann, wird auf die Emissionsdatenbank des HBEFA3.1 und den darin beschriebenen zukünftigen Flottenzusammensetzungen zurückgegriffen. Entsprechend den Berechnungen sind im Jahr 2018 folgend aufgeführte NO_2-Jahresmittelwerte und in Klammern angegebene Anteile an den Werten für 2012 für die Messstelle „Verkehr Dobbenweg“ und die drei Zählquerschnitte berechnet:

Verkehr Dobbenweg 39.7 µg/m³ (85%), Am Wall 39 µg/m³ (85%), Schwachhauser Heerstraße 33 µg/m³ (89%) und Langemarckstraße 35.3 µg/m³ (86%).

Aus dieser Prognose ist einerseits abzuleiten, dass die zeitliche Entwicklung der Kfz-Flottenzusammensetzung mit verstärktem Einsatz schadstoffgeminderter Motortechnologien zu Verringerungen der motorbedingten Schadstofffreisetzungen beiträgt, aber im Jahr 2015

weiterhin Konflikte mit dem Grenzwert für NO_2-Jahresmittelwerte erwarten lässt. Für dieses Bezugsjahr kann die Umweltzonenregelung bei entsprechender Befolgung eine weitere Verringerung der NO_2-Immissionen bewirken.

Für das Jahr 2018 wird entsprechend der Emissionsdatenbank (HBEFA3.1) ein verstärkter Einsatz der Motoren mit EURO6-Ausstattung angesetzt, sodass deutlich geringere motorbedingte Schadstofffreisetzungen abzuleiten sind, die immissionsseitig an den genannten Straßenabschnitten in Bremen eine Einhaltung des Grenzwerte erwarten lassen. Hierbei ist allerdings zu berücksichtigen, dass insbesondere bei den EURO5- und EURO6-Fahrzeugen noch Unsicherheiten bei den Angaben der Emissionsdatenbank im Vergleich zu den Schadstofffreisetzungen im realen Betrieb der Fahrzeuge bestehen.