

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D-01445 Radebeul

Telefon: +49 (0) 351 / 8 39 14 - 0

E-Mail: info.dd@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

BERECHNUNG KFZ-BEDINGTER SCHADSTOFFEMISSIONEN UND IMMISSIONEN IN HAMBURG

Auftraggeber: Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Dipl.-Ing. H. Lorentz
Dipl.-Ing. W. Schmidt

Dr. rer. nat. I. Düring

Dezember 2010
(Änderungsdatum 18.03.2011)
Projekt 70565-09-01_HU
Berichtsumfang 139 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	4
2	AUFGABENSTELLUNG	11
3	VORGEHENSWEISE	13
	3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe	13
	3.2 Berechnungsverfahren	15
	3.2.1 Emissions- und Immissionsbestimmung.....	15
	3.2.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte	17
4	EINGANGSDATEN	20
	4.1 Verkehrsdaten	20
	4.2 Bebauungsdaten.....	24
	4.3 Hintergrundbelastung	26
	4.4 Meteorologische Daten	27
5	EMISSIONEN	30
	5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	30
	5.1.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	31
	5.1.2 Zugrunde liegende Flotten.....	35
	5.1.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	48
	5.1.4 Tempo 30	51
	5.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	51
	5.3 Emissionsbilanzen	64
6	IMMISSIONEN	72
	6.1 Vergleich Modellrechnung und Messung an Straßenabschnitten mit Messstationen.....	72
	6.2 Zusammensetzung der NO ₂ -Konzentrationen an ausgewählten Straßenabschnitten.....	74
	6.3 Konzentrationen am Hauptstraßennetz Hamburg.....	75

6.4 Betroffenheiten	83
6.4.1 Betroffenheiten nach Einwohnerzahlen und Straßenlänge.....	83
6.4.2 Betroffenheiten nach Gebäudenutzung	86
7 LITERATUR	89
A N H A N G A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....	93
A N H A N G A2: BERECHNUNGSVERFAHREN PROKAS.....	97
A N H A N G A3: EMISSIONSFAKTOREN	108
A N H A N G A4: ERGEBNISABBILDUNGEN IMMISSIONEN	114

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2.1:	Untersuchungsgebiet mit Abgrenzung der vorgeschlagenen Umweltzone	12
Abb. 3.1:	Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m ³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)	18
Abb. 4.1:	Verkehrsbelegung DTV für alle betrachteten Fälle	21
Abb. 4.2:	Verkehrsbelegung LKW-Anteile (> 3.5t) für alle betrachteten Fälle.....	22
Abb. 4.3:	Verkehrsbelegung Linienbusse für alle betrachteten Fälle	23
Abb. 4.4:	Bebauungsdaten Hamburg	25
Abb. 4.5:	Verteilung der Hintergrundbelastung für Stickstoffoxide (NO _x) in Hamburg.....	28
Abb. 4.6:	Repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik der DWD-Station Hamburg-Fuhlsbüttel. Messzeitraum 1994 - 2003.....	29
Abb. 5.1:	Flottenauswertung der Hamburger KBA -Statistik 2009 nach Emissionskonzept entsprechend KBA, HBEFA und 35. BImSchV. D = Diesel, B = Benzin.....	38
Abb. 5.2:	Flottenzusammensetzung Hamburg 2009 statisch und fahrleistungsspezifisch nach HBEFA-Zuordnung.....	41
Abb. 5.3:	Flottenzusammensetzung Hamburg 2009 statisch und fahrleistungsspezifisch nach 35. BImSchV-Zuordnung.....	43
Abb. 5.4:	Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen PKW-Fahrzeugflotten	44
Abb. 5.5:	Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen Leichte Nutzfahrzeug-Fahrzeugflotten	45
Abb. 5.6:	Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen Schwere Nutzfahrzeug-Fahrzeugflotten	46
Abb. 5.7:	Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen Linienbus-Fahrzeugflotten	46
Abb. 5.8:	Räumliche Verteilung der Fahrzeugflotten	47

Abb. 5.9:	Emissionsverteilung Stickstoffoxide (NO _x) Istzustand 2009	52
Abb. 5.10:	Emissionsverteilung Stickstoffoxide (NO _x) Nullfall 2011	53
Abb. 5.11:	Emissionsverteilung Stickstoffoxide (NO _x) Umweltzone 2011	54
Abb. 5.12:	Anteile der NO _x -Emissionen Anteile getrennt nach PKW, LKW und Linienbusse im Istzustand 2009.....	55
Abb. 5.13:	Emissionsverteilung NO ₂ Direktmissionen 2009	56
Abb. 5.14:	Emissionsverteilung PM10 Istzustand 2009	57
Abb. 5.15:	Emissionsverteilung PM2.5 Istzustand 2009	58
Abb. 5.16:	Emissionsverteilung Ruß Istzustand 2009.....	59
Abb. 5.17:	Emissionsverteilung Benzol Istzustand 2009	60
Abb. 5.18:	Emissionsverteilung Benzo(a)pyren Istzustand 2009	61
Abb. 5.19:	Emissionsverteilung CO ₂ Istzustand 2009.....	62
Abb. 5.20:	Emissionsverteilung ultra feine Partikel Istzustand 2009.....	63
Abb. 5.21:	Aufteilung der Emissionsbilanz für NO _x , NO ₂ , PM10, PM2.5, Ruß und ultrafeine Partikel getrennt nach PKW, LKW und Linienbusse (LBus) im Hauptverkehrsstraßennetz der Umweltzone	68
Abb. 5.22:	Vergleich der Emissionsbilanzen für NO/NO ₂ der unterschiedlichen Szenarien für das gesamte Hamburger Hauptstraßenverkehrsnetz.....	69
Abb. 5.23:	Vergleich der Emissionsbilanzen für NO/NO ₂ der unterschiedlichen Szenarien für das Gebiet der Umweltzone	69
Abb. 5.24:	Vergleich der Emissionsbilanzen für PM10 der unterschiedlichen Szenarien für das Gebiet der Umweltzone.....	70
Abb. 5.25:	Anteile der NO _x -Gesamtemissionen und jährlicher Fahrleistung getrennt nach Diesel- und Ottomotoren im gesamten Hauptverkehrsstraßenetz Hamburg (ges) und im Bereich der Umweltzone (UWZ)	71
Abb. 6.1:	Zusammensetzung der NO ₂ -Konzentrationen an ausgewählten Straßenabschnitten PKW = PKW, leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder LKW = LKW, schwere Nutzfahrzeuge und Reisebusse LBus = Linienbusse HG = Hintergrundbelastung	74

Abb. A2.1: Vergleich der mit PROKAS (und bei Bebauung anhand typisierter Bebauungsstrukturen mit MISKAM) berechneten NO ₂ -Immissionen mit den Messungen in Karlsruhe, Stuttgart, Dresden und an der A4	101
Abb. A2.2: Abhängigkeit der mit verschiedenen Ansätzen modellierten NO ₂ - von den NO _x - Jahresmittelwerten. Erläuterung siehe Text.....	105
Abb. A4.1: Immissionen Istzustand 2009 NO ₂	115
Abb. A4.2: Immissionen Nullfall 2011 NO ₂	116
Abb. A4.3: Immissionen Umweltzone 2011 NO ₂	117
Abb. A4.4: Anteile der Zusatzbelastung der NO _x -Immissionen getrennt nach PKW, LKW und Linienbusse im Istzustand 2009	118
Abb. A4.5: Immissionen Reduzierter Verkehr 2011 NO ₂	119
Abb. A4.6: Immissionen Istzustand 2009 PM10	120
Abb. A4.7: Immissionen Nullfall 2011 PM10.....	121
Abb. A4.8: Immissionen Umweltzone 2011 PM10.....	122
Abb. A4.9: Anteile der Zusatzbelastung der PM10-Immissionen getrennt nach PKW, LKW und Linienbusse im Istzustand 2009	123
Abb. A4.10: Immissionen Reduzierter Verkehr 2011 PM10	124
Abb. A4.11: Immissionen Istzustand 2009 PM2.5	125
Abb. A4.12: Immissionen Nullfall 2011 PM2.5.....	126
Abb. A4.13: Immissionen Umweltzone 2011 PM2.5.....	127
Abb. A4.14: Immissionen Istzustand 2009 Ruß	128
Abb. A4.15: Immissionen Nullfall 2011 Ruß	129
Abb. A4.16: Immissionen Umweltzone 2011 Ruß	130
Abb. A4.17: Differenz der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 NO ₂	131
Abb. A4.18: Relative Minderung der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 NO ₂	132
Abb. A4.19: Anteile von der Fahrzeugkategorien PKW LKW und Linienbusse an der durch die Einführung der Umweltzone zu erwartenden Immissionsminderung NO ₂ ..	133

Abb. A4.20: Differenz der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 PM10	134
Abb. A4.21: Relative Minderung der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 PM10.....	135
Abb. A4.22: Anteile von der Fahrzeugkategorien PKW LKW und Linienbusse an der durch die Einführung der Umweltzone zu erwartenden Immissionsminderung PM10	136
Abb. A4.23: Differenz der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 PM2.5	137
Abb. A4.24: Relative Minderung der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 PM2.5.....	138
Abb. A4.25: Differenz der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 Ruß	139
Abb. A4.26: Relative Minderung der Zusatzbelastung Immissionen Umweltzone minus Nullfall 2011 Ruß	140
Abb. A4.27: Immissionen Reduzierter Verkehr 2011 PM2.5	141

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3.1:	Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)	13
Tab. 3.2:	Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)	14
Tab. 4.1:	Verwendete Hintergrundbelastungen für die Bezugsjahre 2009 und 2011	27
Tab. 5.1:	Emissionsberechnung der einzelnen Schadstoffkomponenten entsprechend Betrachtungsfall	30
Tab. 5.2:	Definition der Verkehrssituationen entsprechend Straßentyp und Verkehrszustand laut Handbuch für Emissionsfaktoren (UBA, 2010). Für jeden Straßentyp wird noch die regionale Unterscheidung städtisch (Agglo) sowie ländlich (Land) geführt. Weiterhin kann zusätzlich noch nach Tempolimit unterschieden werden.	32
Tab. 5.3:	Emissionsfaktoren für Benzo(a)pyren für verschiedene Fahrzeugklassen, Fahrzeugtechniken und Betriebszustände aus Wunderlin et al. (1999)	34
Tab. 5.4:	Gliederung der Kraftfahrzeuge nach KBA	36
Tab. 5.5:	Unterschiedliche Zuordnungen KBA-Statistik / HBEFA	37
Tab. 5.6:	Zuordnung Erstzulassungsjahr/EURO-Abgasnorm	37
Tab. 5.7:	Fahrleistungsfaktoren Innerorts HBEFA3.1 / 2009	40
Tab. 5.8:	Unterschiedliche Zuordnung KBA-Statistik / 35. BImSchV	42
Tab. 5.9:	Beitrag zu den PM2.5-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) entsprechend CORINAIR (2007)	49
Tab. 5.10:	Nicht motorbedingte PM2.5-Emissionsfaktoren nach CORINAIR (2007)	49
Tab. 5.11:	Rußemissionen aus Reifenabrieb (nach Rauterberg-Wulff, 1999a und 1999b)	50
Tab. 5.12:	Jährliche Fahrleistungsanteile des Hamburger Hauptverkehrsstraßennetzes	64
Tab. 5.13:	Gebietsbezogene Auswertung der jährlichen Fahrleistungsanteile des Hamburger Hauptverkehrsstraßennetzes der Bereich der Umweltzone, der Autobahnen und dem restlichen Stadtgebiet.	64
Tab. 5.14:	Emissionsbilanz der unterschiedlichen Szenarien für das gesamte betrachtete Hauptverkehrsstraßennetz (für den Istzustand 2009 auch inklusive Nebenstraßennetz) inklusive der Anteile der Verkehrsgruppen PKW (PKW, Leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder), LKW (LKW und Reisebusse) sowie Linienbusse	66

Tab. 5.15:	Emissionsbilanzen der unterschiedlichen Szenarien für das Gebiet der Umweltzone inklusive der Anteile der Verkehrsgruppen PKW (PKW, Leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder), LKW (LKW und Reisebusse) sowie Linienbusse	67
Tab. 5.16:	NO _x -Gesamtemissionen getrennt nach Diesel- und Ottofahrzeugen für den Nullfall und die Umweltzone im gesamten betrachteten Hauptverkehrsstraßennetz und im Gebiet der Umweltzone	70
Tab. 6.1:	Vergleich Jahresmittelwerte Rechnung und Messung für das Bezugsjahr 2009	72
Tab. 6.2:	Berechnete Jahresmittelwerte an den verkehrsbeeinflussten Messstellen des Hamburger Messnetzes für NO ₂ und PM10 für alle Betrachtungsfälle	73
Tab. 6.3:	Abschnittsbezogene statistische Auswertung der berechneten Jahresmittelwerte auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz.....	76
Tab. 6.4:	Abschnittsbezogene statistische Auswertung der berechneten Jahresmittelwerte auf dem sich in der Umweltzone befindlichen Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz	77
Tab. 6.5:	Berechnete jahresmittlere Konzentrationen für NO ₂ , PM10 und PM2.5 im Istzustand, Nullfall und Umweltzone sowie Minderungen durch die Einführung der Umweltzone im Vergleich zum Nullfall JMW = Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] KW = Kurzzeitwert (NO ₂ : der 18. höchste berechnete Wert im Jahr, PM10 jährliche Überschreitungen von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tagesmittel)	81
Tab. 6.6:	Von Grenzwertüberschreitungen und Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerten betroffene Einwohner und Summe der Straßenabschnittslängen bezogen auf das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz. JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert	84
Tab. 6.7:	Reduzierung der von Grenzwertüberschreitungen bzw. Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerten betroffenen Anwohnerzahlen durch die Einführung einer Umweltzone.....	85
Tab. 6.8:	Reduzierung der von Grenzwertüberschreitungen bzw. Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerten betroffenen Anwohnerzahlen im Szenario Verkehrsreduzierung	86
Tab. 6.9:	Anzahl der von Grenzwertüberschreitungen und Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerte betroffenen Gebäude getrennt nach Nutzung JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert. Unschärfe der Auswertung siehe Text.	87

Tab. 6.10: Berechnete Reduktion der Anzahl von betroffenen Gebäuden getrennt nach Nutzung. JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert. Unschärfe der Auswertung siehe Text	88
Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV (2010) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe	95
Tab. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung	107
Tab. A3.1: Emissionsfaktoren Istzustand 2009	109
Tab. A3.2: Emissionsfaktoren Nullfall 2011	110
Tab. A3.3: Emissionsfaktoren Umweltzone 2011 Autobahn	111
Tab. A3.4: Emissionsfaktoren innerhalb der Umweltzone 2011	112
Tab. A3.5: Emissionsfaktoren außerhalb der Umweltzone 2011	113

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Milligramm 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 m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber 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 / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und 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.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert deshalb die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-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 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 gröÙenselektierten Lufterlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind organische Verbindungen, die sich aus mindestens zwei miteinander verbundenen aromatischen Ringen zusammensetzen, die ausschließlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Benzo(a)pyren (BaP) wird bei lufthygienischen Betrachtungen üblicherweise als Leitsubstanz für die Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffe betrachtet.

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BaP	Benzo(a)pyren
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DTV	Durchschnittlich täglicher Verkehr
DWD	Deutschen Wetterdienst
FHH	Freie und Hansestadt Hamburg
HaLm	Hamburger Luftmessnetz
HBEFA	Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs
JMW	Jahresmittelwert
KBA	Kraftfahrtbundesamt
Kfz	Kraftfahrzeug
KGW	Kurzzeitgrenzwert
LBus	Linienbus
LKW	Lastkraftwagen
LNF	leichte Nutzfahrzeuge
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NOx	Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid
PAK	polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PKW	Personenkraftwagen
SO ₂	Schwefeldioxid
UFP	ultrafeine Partikel

1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Hamburger Luftmessnetz (HaLm) erfasst kontinuierlich an ortsfesten Messstationen Daten zur Überwachung der Luftqualität. In Hamburg werden Überschreitungen der Grenzwerte für NO₂-Immissionen nach 39. BImSchV festgestellt und sind für Feinstaub-PM10 nach Überschreitungen in den Jahren 2005 und 2006 auch weiterhin nicht auszuschließen. Aufgrund dieser Überschreitungen ist die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) verpflichtet, einen Luftreinhalteplan aufzustellen, der die Minderung der NO₂- und PM10-Immissionen zum Ziel hat.

Zur Ursachenermittlung der hohen Schadstoffkonzentrationen und zur Prüfung geeigneter Minderungsmaßnahmen werden Emissions- und Ausbreitungsrechnungen für das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz durchgeführt. Folgende Szenarien wurden betrachtet:

- Istzustand mit Bezugsjahr 2009
- Nullfall mit Bezugsjahr 2011, Prognose ohne Maßnahmen
- Umweltzone (nur Grüne Plakette) im Bezugsjahr 2011
- PKW-Verkehrsreduzierung im Bereich der Umweltzone um 20 % im Bezugsjahr 2011.

Um einen umfassenden Überblick über die Luftschadstoffsituation zu erhalten, wurden neben PM10 und NO₂ auch für die Schadstoffe PM2.5 und Ruß Emissions- und Immissionsberechnungen sowie für Benzol, CO₂, Benzo(a)pyren und ultrafeine Partikel nur Emissionsberechnungen durchgeführt.

Die Emissions- und Immissionsberechnungen erfolgten für das gesamte Hamburger Stadtgebiet. Dabei wurde für die Emissionsberechnung der Straßenverkehr auf dem gesamten Hauptstraßennetz Hamburg berücksichtigt. Die Immissionen wurden dann für die Straßenabschnitte mit dichter Randbebauung berechnet. Für den Betrachtungsfall der Umweltzone wurde ein Bereich in der Innenstadt definiert, in den nur Fahrzeuge mit grüner Plakette einfahren dürfen. Die Abgrenzung der Umweltzone wurde von einer behördenübergreifenden Projektgruppe der FHH nach Vorschlag eines Verkehrsgutachters als Grundlage für die Berechnung festgelegt. Damit wird zunächst nur die Abgrenzung für die Berechnung festgelegt. Die tatsächliche Grenze einer Umweltzone kann im weiteren Planungs- und Abstimmungsverlauf ggf. geändert werden.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o. g. Grenzwerte auf die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide sowie Feinstaubpartikel PM₁₀, PM_{2.5} und Ruß. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind gemäß den Ergebnissen des Hamburger Luftmessnetzes die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO allein gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert. Der Beurteilungswert für NO_x („kritischer Wert“ für Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid) zum Schutz der Ökosysteme ist für Hamburg nicht relevant.

Berechnungsmethodik

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Schadstoffemissionen und -immissionen wird das Berechnungsverfahren PROKAS verwendet (siehe Anhang A2). Unser Büro hat sich mit dem Modell PROKAS an einem bundesweiten, von BWPLUS Forschungszentrum Karlsruhe veranstalteten „Vergleich von berechneten Immissionswerten innerhalb eines beidseitig bebauten Straßenquerschnitts“ erfolgreich beteiligt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen auf den zu betrachtenden Straßen wurden für das entsprechende Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Busse etc.) wurden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 ermittelt.

Die PM₁₀-Emissionen des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden auch im neuen HBEFA 3.1 nicht behandelt. Die PM₁₀-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgte deshalb nach Düring und Lohmeyer (2004), die für PM_{2.5} und Benzo(a)pyren entsprechend Hinweisen aus der Fachliteratur.

Mithilfe der Informationen über Verkehrsflussparameter, wie Verkehrsdichte, Tempolimit, Lichtsignalanlagen usw., wurden straßenabschnittsbezogen sog. Verkehrssituationen entsprechend HBEFA für die einzelnen Straßenabschnitte festgelegt. Nach Übernahme des digitalen Straßennetzes und Zuordnung sowohl der Verkehrsbelegungen als auch der Verkehrssituationen erfolgte auf Grundlage der Verkehrsmengen und der den zugeordneten Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung von Kaltstartzuschlägen, Stauanteilen und Längsneigungseinflüssen die Ermittlung der abschnittsbezoge-

nen Emissionsdichten im Jahresmittel. Die Berechnung der Emissionsfaktoren basierte hierbei u. a. auf der Auswertung der Kfz-Bestandsdaten in Hamburg.

Die Emissionsdichten dienen als Grundlage für die Ermittlung der Immissionen. Die notwendigen Daten zur Meteorologie und Hintergrundbelastung wurden durch Auswertung von Messdaten des Deutschen Wetterdienstes (DWD) erstellt bzw. abgeleitet.

Nach Ermittlung der abschnittsbezogenen Emissionsdichten wurden die Straßenabschnitte mit relevanter Randbebauung und durchschnittlicher Verkehrsstärke (DTV) von über 5 000 Kfz/24h identifiziert. An diesen Straßenabschnitten wurde die Randbebauung typisiert aufgenommen. Eine Zuordnung zu den Bebauungstypen nach PROKAS_B erfolgte auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Gebäudedaten (Lage und Höhe) sowie Luftbildern.

Die anschließende Berechnung der Immissionen unter Berücksichtigung der örtlichen Hintergrundbelastung und der meteorologischen Daten wurde mit Hilfe von PROKAS_V (Netzeintrag) und PROKAS_B (Abschnitte mit Randbebauung) für alle betrachteten Fälle durchgeführt. Die Immissionen wurden für die Straßenabschnitte mit zugeordneten Bebauungstypen, d.h. Straßenabschnitte mit relevanter Randbebauung, ermittelt. Bei der Immissionsberechnung wurden die Emissionen des gesamten digitalisierten Straßennetzes berücksichtigt.

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen, d. h. der zeitlichen Varianz der Emissionen, wurden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS ist in der Lage, sämtliche berücksichtigte Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) wurde der Jahresmittelwert des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wurde die städtische Hintergrundbelastung überlagert.

Ergebnisse

Die Übereinstimmung zwischen NO_2 -Rechenwerten und Messwerten mit einer Abweichung zwischen -15 % und +13 % kann als gut bezeichnet werden. Die Abweichungen der Re-

chenwerte vom Messwert der PM10-Jahresmittelwerte liegen je nach Bezugsjahr zwischen +7 % und +15 %, in der Stresemannstraße bei +48 %. Diese erhöhte Abweichung wird auf Unsicherheiten der Emissionsberechnung des Aufwirbelung/Abrieb-Anteils bei PM10 und auf meteorologische Einflüsse zurückgeführt.

In folgender Tabelle sind die maximalen und minimalen berechneten jahresmittleren Gesamtbelastungen sowie mittlere Veränderungen zwischen dem Fall mit Umweltzone und dem Nullfall für das gesamte Hamburger Hauptstraßennetz mit relevanter Randbebauung aufgeführt.

		NO₂	PM10	PM2.5	Ruß
Jahresmittlere Gesamtbelastung [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Istzustand 2009	Min	19	21	17	2
	Max	94	48	31	8
Nullfall 2011	Min	19	21	17	2
	Max	91	47	29	7
Umweltzone 2011	Min	18	21	17	2
	Max	90	45	27	6
Verkehrsreduzierung 2011	Min	19	21	-	-
	Max	91	47	-	-
Minderung der Umweltzone zum Nullfall 2011 absolut [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Max		-1.9	-3.3	-3.0	-1.7
Min		0.1	-0.1	-0.1	0.0
Durchschnitt (abschnittsbezogen)		-0.6	-0.7	-0.6	-0.3
Minderung > 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abschnitte)		183	802	-	-
Minderung der Umweltzone zum Nullfall 2011 relativ [%]					
Max		-3.1	-9.0	-10.9	-23.9
Min		-0.1	-0.4	-0.6	0.0
Durchschnitt (abschnittsbezogen)		-1.3	-2.6	-3.1	-8.7
Minderung Verkehrsreduzierung zum Nullfall 2011 absolut [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Max		-6.8	-2.7	-2.0	-
Min		0.0	0.0	0.0	-
Durchschnitt (abschnittsbezogen)		-1.6	-0.7	-0.4	-
Minderung > 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abschnitte)		2653	512	-	-

	NO₂	PM10	PM2.5	Ruß
Minderung Verkehrsreduzierung zum Nullfall 2011 relativ [%]				
Max	-8.3	-7.3	-7.3	-
Min	0.0	-0.4	0.0	-
Durchschnitt (abschnittsbezogen)	-3.1	-2.4	-2.0	-
Abschnittsbezogene statistische Auswertung der berechneten Jahresmittelwerte auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz				

Die berechneten Konzentrationen für den NO₂-Jahresmittelwert liegen im Nullfall zwischen 19 und 91 µg/m³ sowie 18 und 90 µg/m³ im Betrachtungsfall Umweltzone auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz. Bezogen auf den Bereich der Umweltzone liegen die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte im Nullfall zwischen 33 und 87 µg/m³ sowie 33 und 86 µg/m³ im Betrachtungsfall Umweltzone. Die Minderungen, die durch die Einführung der Umweltzone zu erwarten sind, liegen für die jahresmittlere NO₂-Gesamtbelastung maximal bei 3 %.

Die berechneten Konzentrationen für den PM10-Jahresmittelwert liegen im Nullfall zwischen 21 und 47 µg/m³ sowie 21 und 45 µg/m³ im Betrachtungsfall Umweltzone auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz. Bezogen auf den Bereich der Umweltzone liegen die berechneten PM10-Jahresmittelwerte im Nullfall zwischen 22 und 41 µg/m³ sowie 22 und 39 µg/m³ im Betrachtungsfall Umweltzone. Die Minderungen, die durch die Einführung der Umweltzone zu erwarten sind, liegen für die jahresmittlere PM10-Gesamtbelastung maximal bei 9 %.

Bei PM2.5 und Ruß, die deutlich stärker auf die feinen (gesundheitsschädlichen) Partikelklassen bezogen sind, liegen die Minderungen durch die Einführung der Umweltzone mit max. 11 % (PM2.5) bzw. -24 % (Ruß) höher.

Die Änderungen der berechneten Emissionen der ultrafeinen Partikel lassen vermuten, dass die durch die Umweltzone zu erwartende Minderung der Zusatzbelastung der Immissionen der ultrafeinen Partikel für das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz bei ca. 30 % und für den Bereich der Umweltzone bei ca. 45 % liegt.

Zusätzlich wurde eine Betroffenheitsanalyse durchgeführt, bei der die von Grenzwertüberschreitungen und Überschreitungen von ausgewählten Schwellenwerten betroffenen Straßenabschnitte, Einwohnerzahlen sowie Gebäudenutzungen ausgewertet wurden. Die Be-

troffenheiten des Nullfalls wurden denen der im Betrachtungsfall Umweltzone betroffenen Einwohner und Gebäuden gegenübergestellt.

Es kann aufgezeigt werden, dass durch die Einführung der Umweltzone eine leichte Minderung der Anzahl der von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Einwohnern und Gebäuden erreicht werden kann. Diese sind in folgenden Tabellen aufgeführt.

Abfrage	Istzustand 2009		Nullfall 2011		Umweltzone 2011		Verkehrsreduzierung 2011	
	Anwohner	Länge [km]	Anwohner	Länge [km]	Anwohner	Länge [km]	Anwohner	Länge [km]
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	221 780	242.9	214 404	234.5	210 181	228.3	207 156	226.1
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	33 821	37.6	27 995	30.9	22 912	25.8	15 356	18.3
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	23 496	26.1	17 650	20.6	15 440	17.6	9 161	11.4
PM10 JMW > 31 µg/m ³	20 780	24.4	17 931	21.0	9 883	12.9	10 513	14.6
PM10 JMW > 40 µg/m ³	1 264	1.4	566	0.8	375	0.6	375	0.6
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	78 130	89.2	57 267	63.8	27 683	29.3	40 351	45.1
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	2 038	2.6	1 012	1.6	331	0.5	715	1.1

Gesamtlänge des betrachteten Hauptverkehrsstraßennetz Hamburg: 1 277 km

Von Grenzwertüberschreitungen und Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerten betroffene Einwohner und Summe der Straßenabschnittslängen bezogen auf das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz. JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert.

	Wohngebäude	Soziale Einrichtungen	Kinder-gärten	Schulen	Sport
Minderung durch die Umweltzone im Vergleich zum Nullfall					
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	-386	-8	-1	-2	-4
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	-168	-3	0	-2	-1
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	-98	0	0	0	0
PM10 JMW > 31 µg/m ³	-275	-4	0	-2	0
PM10 JMW > 40 µg/m ³	-4	0	0	0	0
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	-1 390	-22	-5	-19	-2
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	-36	0	0	0	0

Berechnete Reduktion der Anzahl von betroffenen Gebäuden getrennt nach Nutzung. JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert.

Der ab 2010 geltende NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³ kann auch nach Einführung der Umweltzone in weiten Bereichen des Hamburger Straßennetzes nicht eingehalten werden. Auch der PM10-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³ und der Kurzzeitgrenzwert für PM10 können im Ergebnis der Immissionsberechnungen auch nach Einführung der Umweltzone in einigen Bereichen des Hamburger Straßennetzes nicht eingehalten werden.

Der ab 2015 geltende PM2.5-Jahresmittelgrenzwert von 25 µg/m³ kann durch die Einführung der Umweltzone zwar nicht in allen Bereichen des betrachteten Hamburger Straßennetzes, jedoch aber im Bereich der Umweltzone eingehalten werden.

Hinweis: Die hier aufgeführten Ergebnisse basieren auf Screeningberechnungen, was konservative Ergebnisse liefert. Für eine Verfeinerung der Ergebnisse mit besserer räumlicher Differenzierung könnten mikroskalige Detailuntersuchungen (z. B. mit MISKAM) durchgeführt werden.

2 AUFGABENSTELLUNG

Das Hamburger Luftmessnetz (HaLm) erfasst kontinuierlich an ortsfesten Messstationen Daten zur Überwachung der Luftqualität. In Hamburg werden Überschreitungen der Grenzwerte für NO₂-Immissionen nach 39. BImSchV festgestellt und sind für Feinstaub-PM10 nach Überschreitungen in den Jahren 2005 und 2006 auch weiterhin nicht auszuschließen. Aufgrund der NO₂-Überschreitungen ist die Freie und Hansestadt Hamburg (FHH) verpflichtet, einen Luftreinhalteplan aufzustellen, der die Minderung der NO₂-Immissionen zum Ziel hat.

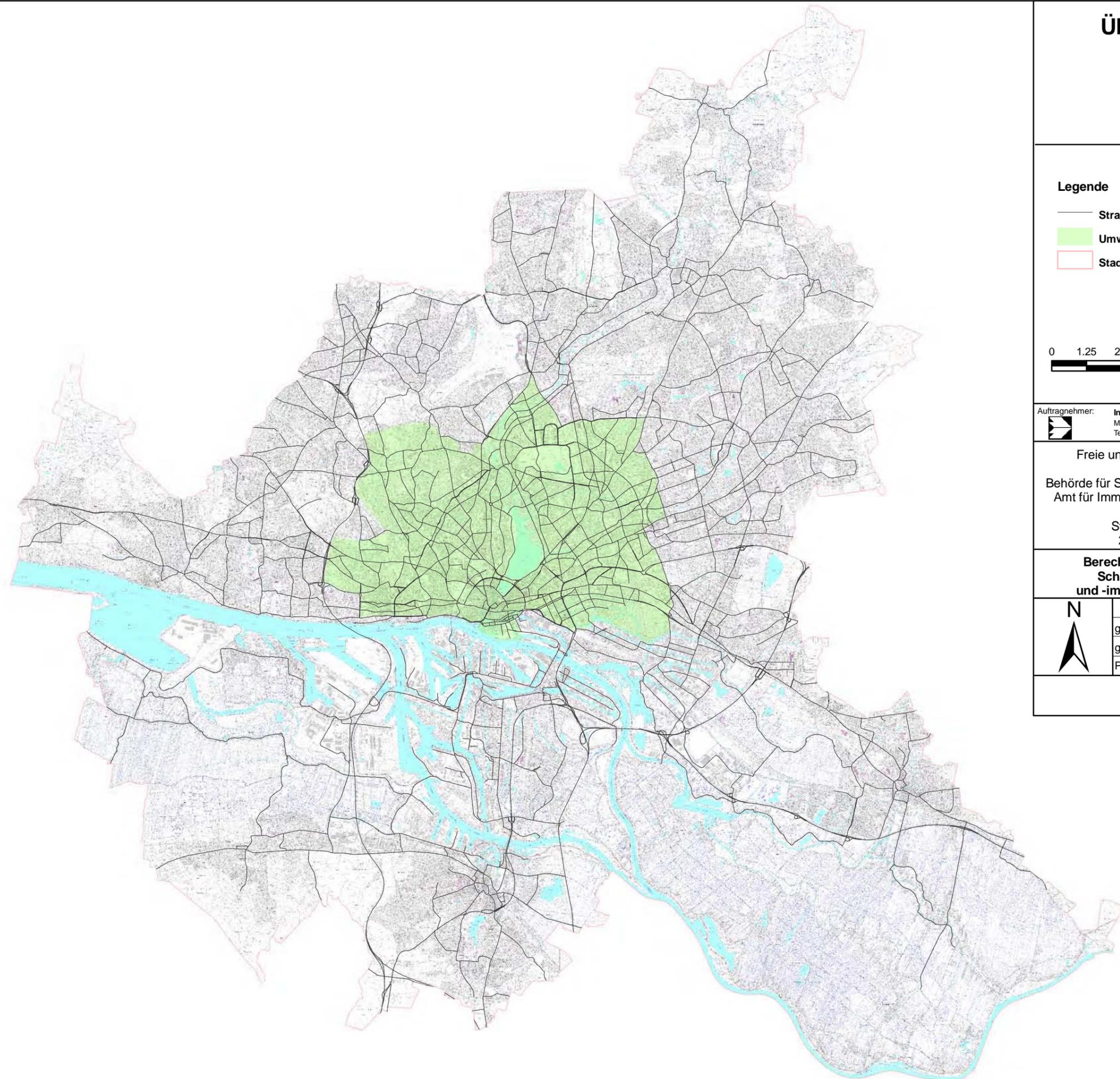
Zur Ursachenermittlung der hohen Schadstoffkonzentrationen und zur Prüfung geeigneter Minderungsmaßnahmen sollen Emissions- und Ausbreitungsrechnungen für das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz durchgeführt werden. Es sollen folgende Szenarien betrachtet werden:

- Istzustand mit Bezugsjahr 2009
- Nullfall mit Bezugsjahr 2011, Prognose ohne Maßnahmen
- Umweltzone (nur Grüne Plakette) im Bezugsjahr 2011
- PKW-Verkehrsreduzierung im Bereich der Umweltzone um 20 % im Bezugsjahr 2011.

Um einen umfassenden Überblick über die Luftschadstoffsituation zu erhalten, sollen neben PM10 und NO₂ auch für die Schadstoffe PM2.5 und Ruß Emissions- und Immissionsberechnungen sowie für Benzol, CO₂, Benzo(a)pyren und ultrafeine Partikel nur Emissionsberechnungen durchgeführt werden.

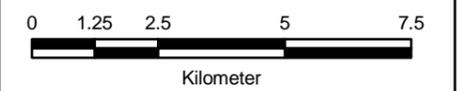
Die Emissions- und Immissionsberechnungen sollen für das gesamte Hamburger Stadtgebiet durchgeführt werden. Für die Emissionsberechnung soll der Straßenverkehr auf dem gesamten Hauptstraßennetz Hamburg berücksichtigt werden. Die Immissionsberechnungen werden für die Straßenabschnitte mit dichter Randbebauung durchgeführt. Für den Betrachtungsfall der Umweltzone wurde ein Bereich in der Innenstadt definiert, in den nur Fahrzeuge mit grüner Plakette einfahren dürfen. Die Abgrenzung der Umweltzone wurde von einer behördenübergreifenden Projektgruppe der FHH nach Vorschlag eines Verkehrsgutachters (SVU, 2009) als Grundlage für die Berechnung festgelegt. Damit wird zunächst nur die Abgrenzung für die Berechnung festgelegt. Die tatsächliche Grenze einer Umweltzone kann im weiteren Planungs- und Abstimmungsverlauf ggf. geändert werden. Eine Übersicht ist der **Abb. 2.1** zu entnehmen.

Übersicht



Legende

- Straßennetz
- Umweltzone
- Stadtgrenze



Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N ↑		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 2.1

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Vorsorgewerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Für die Schadstoffe des Kfz-Verkehrs ist v.a. die 39. BImSchV relevant .

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide sowie Feinstaubpartikel PM10 und PM2.5. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind gemäß den Ergebnissen des Hamburger Luftmessnetzes die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO und Ruß gibt es keine Beurteilungswerte. Der Beurteilungswert für NO_x („kritischer Wert“) zum Schutz der Ökosysteme ist für Hamburg nicht relevant.

In vorliegender Untersuchung wurden darüber hinaus auch Ruß-Emissionen und -Immissionen sowie Emissionen für CO₂, ultrafeine Partikel (UFP) und Benzo(a)pyren [als Leitsubstanz für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)] berechnet.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in µg/m ³	
		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)
PM2.5	Grenzwert ab 2015	25	

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010)

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert.

Weiter orientiert sich die Bewertung an der Einstufung von Schadstoffimmissionen (siehe **Tab. 3.2**) durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU, 1993).

Immissionen in % der entsprechenden Grenzwerte	Bewertung
bis 10 %	sehr niedrige Konzentrationen
über 10 % bis 25 %	niedrige Konzentrationen
über 25 % bis 50 %	mittlere Konzentrationen
über 50 % bis 75 %	leicht erhöhte Konzentrationen
über 75 % bis 90 %	erhöhte Konzentrationen
über 90 % bis 100 %	hohe Konzentrationen
über 100 % bis 110 %	geringfügige Überschreitungen
über 110 % bis 150 %	deutliche Überschreitungen
über 150 %	hohe Überschreitungen

Tab. 3.2: Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)

Die 39. BImSchV sieht für den Luftschadstoff NO₂ und PM_{2.5} für die Jahre zwischen dem Inkrafttreten und dem Jahr der Geltung des jeweiligen Grenzwertes Toleranzmargen vor. Grenzwert plus Toleranzmarge wird Übergangsbeurteilungswert genannt. Bei Überschreitung des Übergangsbeurteilungswertes entsteht die Erfordernis der Erstellung eines Luftreinhalteplans.

Für den Jahresmittelwert von PM_{2.5} bedeutet die Toleranzmarge beispielsweise eine Anhebung des Übergangsbeurteilungswertes gegenüber dem Grenzwert um ein Siebentel von 5 µg/m³ (ca. 0.7 µg/m³) pro Jahr vor 2015.

Der Übergangsbeurteilungswert beträgt für das Jahr 2011 für PM_{2.5} 27.9 µg/m³ im Jahresmittel.

Für den Jahresmittelwert von NO₂ bedeutet die Toleranzmarge beispielsweise eine Anhebung des Übergangsbeurteilungswertes gegenüber dem Grenzwert um 2 µg/m³ pro Jahr vor 2010.

Die Übergangsbeurteilungswerte der hier relevanten Luftschadstoffe betragen für das Analysejahr 2009 für NO₂ 42 µg/m³ im Jahresmittel und 210 µg/m³ für die Kurzzeitbelastung.

Für das betrachtete Jahr 2011 gilt der Grenzwert ohne Toleranzmargen.

In der Auswertung werden nur die Grenzwerte ohne Toleranzmarge berücksichtigt, da die Maßnahmen zum Ziel haben, den Grenzwert ohne Toleranzmarge einzuhalten.

3.2 Berechnungsverfahren

3.2.1 Emissions- und Immissionsbestimmung

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Schadstoffemissionen und -immissionen wurde das Berechnungsverfahren PROKAS verwendet (siehe Anhang A2). Unser Büro hat sich mit dem Modell PROKAS an einem bundesweiten, von BWPLUS Forschungszentrum Karlsruhe veranstalteten „Vergleich von berechneten Immissionswerten innerhalb eines beidseitig bebauten Straßenquerschnitts“ erfolgreich beteiligt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen auf den zu betrachtenden Straßen wurden für das jeweilige Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte und schwere Nutzfahrzeuge, Busse etc.) wurden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) ermittelt.

Die PM₁₀-Emissionen des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden auch im neuen HBEFA 3.1 nicht behandelt. Die PM₁₀-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgte nach Düring und Lohmeyer (2004).

Mithilfe der Informationen über Verkehrsflussparameter wie Verkehrsdichte, Tempolimit, Lichtsignalanlagen usw., wurden sog. Verkehrssituationen entsprechend HBEFA für die einzelnen Straßenabschnitte festgelegt.

Die Ermittlung der abschnittsbezogenen Emissionsdichten im Jahresmittel erfolgte durch die Verschneidung der Verkehrsmengen mit entsprechenden Emissionsfaktoren. Berücksichtigt wurden hierbei abschnittsbezogen die

- Verkehrssituationen,

- Stauanteile,
- Längsneigungsneigungseinflüsse und
- Kaltstartzuschläge.

Die Emissionsdichten dienen als Grundlage für die Ermittlung der Immissionen. Die notwendigen Daten zur Meteorologie und Hintergrundbelastung wurden durch Auswertung von Messdaten des DWD bzw. des Hamburger Luftmessnetzes erstellt abgeleitet.

Nach Ermittlung der abschnittsbezogenen Emissionsdichten wurden die Straßenabschnitte mit relevanter Randbebauung und durchschnittlicher Verkehrsstärke (DTV) mit mehr als 5 000 Kfz/24h identifiziert. An diesen Straßenabschnitten wurde die Randbebauung typisiert aufgenommen. Die Zuordnung von Bebauungstypen nach PROKAS_B erfolgte auf Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Gebäudedaten (Lage und Höhe) sowie Luftbildern.

Die anschließende Berechnung der Immissionen unter Berücksichtigung der örtlichen Hintergrundbelastung und der meteorologischen Daten erfolgte mit Hilfe von PROKAS_V und PROKAS_B (siehe Anhang A2) für alle betrachteten Fälle. Die Immissionen wurden für die Straßenabschnitte mit zugeordneten Bebauungstypen, d.h. Straßenabschnitte mit relevanter Randbebauung, ermittelt. Bei der Immissionsberechnung wurden die Emissionen des gesamten digitalisierten Straßennetzes berücksichtigt.

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen, d. h. der zeitlichen Varianz der Emissionen, wurden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS ist in der Lage, sämtliche berücksichtigte Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) wurde der Jahresmittelwert des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wurde die o.a. städtische Hintergrundbelastung überlagert.

3.2.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz, der in einem Forschungsprojekt für die Bundesanstalt für Straßenwesen (Lohmeyer, 2002) abgeleitet wurde und basierend auf Auswertungen von Hamburger Messdaten aus den Jahren 2000-2009 kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn ein NO₂-Jahresmittelwert von 62 µg/m³ nicht überschritten wird. Bei NO₂ ist somit der Jahresmittelgrenzwert kritischer als der Stundengrenzwert. Es wurde folgende Korrelation zwischen dem Jahresmittelwert und dem 18. höchsten Stundenwert verwendet:

Für NO₂-Jahresmittelwerte >35 µg/m³

$$18. \text{ höchster NO}_2\text{-Stundenwert} = \text{NO}_2\text{-Jahresmittelwert} * 3.2$$

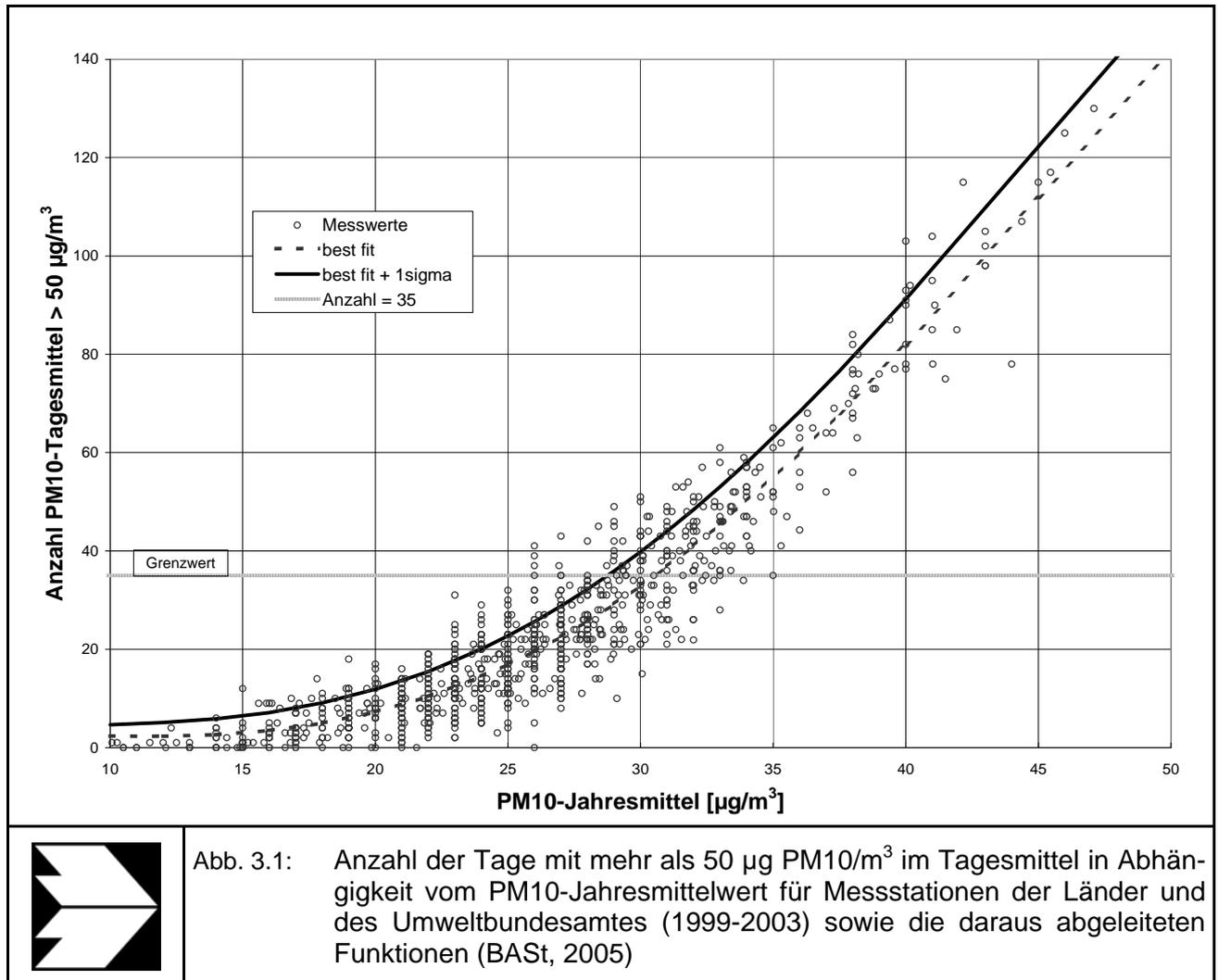
Für NO₂-Jahresmittelwerte ≤35 µg/m³

$$18. \text{ höchster NO}_2\text{-Stundenwert} = \text{NO}_2\text{-Jahresmittelwert} * 2.35.$$

Zur Ermittlung der in der 22. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). 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. 3.1** dargestellt.

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/m³ 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/m³

erwartet. Dies deckt sich auch mit Auswertungen von Messdaten des Hamburger Luftmessnetzes.



In den Auswertungen werden die Überschreitungshäufigkeit entsprechend „best fit“ angegeben. Dies Formel dazu lautet:

$$\begin{aligned} &\text{Anzahl der Tage mit mehr als } 50 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ als Tagesmittelwert} \\ &= -6.5\text{E-}05 \cdot \text{PM10 (JM)}^4 + 0.00694 \cdot \text{PM10 (JM)}^3 - 0.15 \cdot \text{PM10 (JM)}^2 + 1.1064 \cdot \text{PM10 (JM)} \end{aligned}$$

Aus den Ergebnissen o. g. Untersuchungen kann folgende qualitative Einschätzung zur Überschreitung des PM10-Tagesmittelgrenzwertes gegeben werden:

PM10-Jahresmittel<29 µg/m³29 - 30 µg/m³31 - 33 µg/m³34 - 35 µg/m³≥36 µg/m³**Überschreitung PM10-Tagesmittelgrenzwert**

keine Überschreitung

selten (Wahrscheinlichkeit <40 %)

öfter möglich (Wahrscheinlichkeit 40 bis 80 %)

wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit >80 %)

so gut wie sicher

4 EINGANGSDATEN

4.1 Verkehrsdaten

Die der Emissionsberechnung zugrunde liegenden Verkehrsbelastungen wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Es wurden abschnittsfein für das gesamte Hauptstraßennetz durchschnittlich tägliche Verkehrsdaten (DTV) und der LKW-Anteil bereitgestellt. Der DTV bezieht sich auf über alle Tage der Woche gemittelte Werte. Der LKW-Anteil bezieht sich auf LKW größer eines zulässigen Gesamtgewichtes von 2.8 t. Für die Emissionsbestimmung werden LKW bezogen auf größer 3.5 t benötigt. Der LKW-Anteil 2.8 t wurde mit dem Faktor 0.85, der mit dem Auftraggeber abgestimmt wurde, multipliziert, um LKW-Anteile >3.5 t zu erhalten.

Die Belegungsdaten des DTV und des LKW-Anteils sind in den **Abb. 4.1** und **Abb. 4.2** dargestellt.

Für leichte Nutzfahrzeuge lagen keine separaten Daten vor. Der Anteil der leichten Nutzfahrzeuge wurde entsprechend FIGE (1995) innerorts mit 4.9 % und für die Autobahnen mit 6.6 % am PKW-Verkehrsaufkommen abgeschätzt.

Für die separate Emissionsbestimmung von Linienbussen wurden abschnittsbezogene Belegungsdaten aus Fahrplänen vom Planungsbüro Hunger (SVU, 2009) ermittelt (siehe **Abb. 4.3**). Diese Belegungsdaten wurden für die Betrachtungsfälle Istzustand 2009, Nullfall 2011 und Umweltzone 2011 verwendet.

Für den Betrachtungsfall Verkehrsreduzierung innerhalb des Gebietes der Umweltzone wurde auf Grundlage der Belegungsdaten aus **Abb. 4.1** bis **Abb. 4.3** der PKW-Verkehr im Bereich der Umweltzone um 20 % reduziert.

Verkehrsbelegung

Durchschnittliche Verkehrsstärke
DTV_{Mo-So} in Kfz pro Tag
für alle betrachteten Fälle

Straßennetz

DTV_{Mo-So}

- ≤ 5000
- > 5000 - 10000
- > 10000 - 15000
- > 15000 - 20000
- > 20000 - 30000
- > 30000 - 50000
- > 50000

Umweltzone*

* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

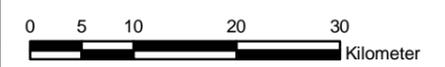
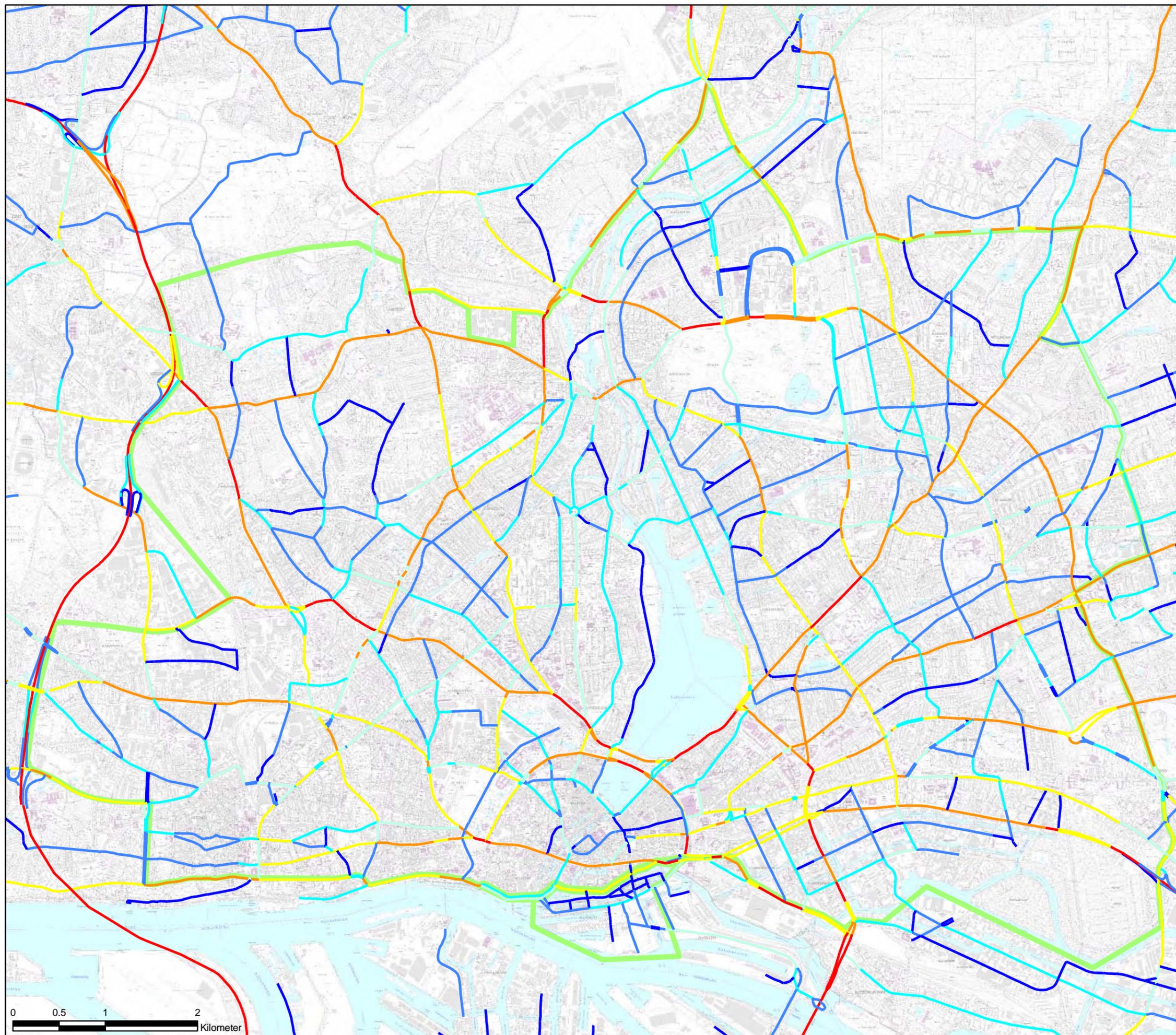
Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 4.1

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



Verkehrsbelegung

LKW (> 3.5 t) Anteil am DTV_{Mo-So}
für alle betrachteten Fälle

LKW-Anteil (> 3.5 t)

- ≤ 3 %
- ≤ 5 %
- ≤ 8 %
- ≤ 10 %
- ≤ 15 %
- > 15 %

Umweltzone*

* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

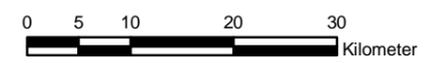
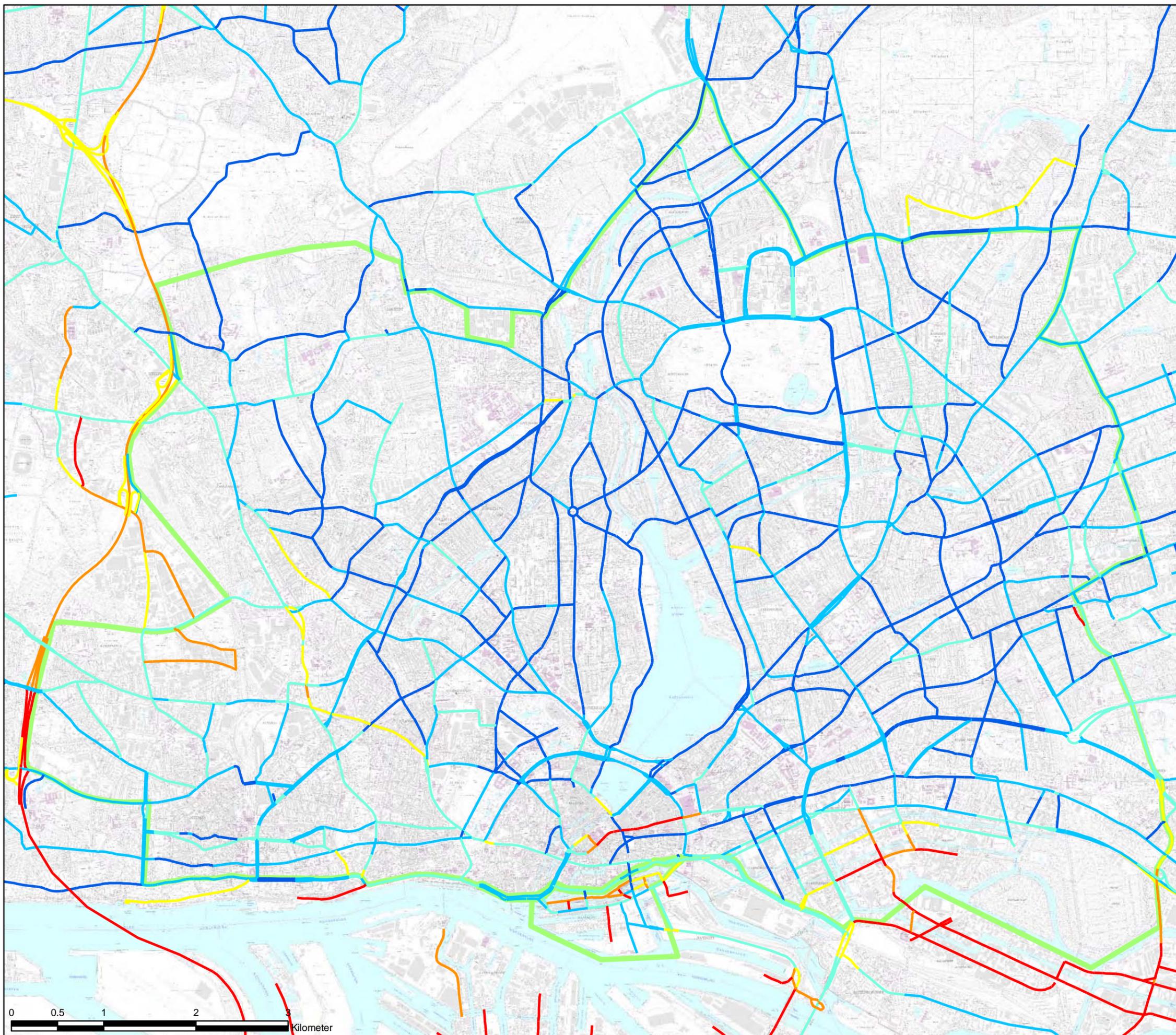
Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 4.2

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



Verkehrsbelegung

Verkehrsbelegung der Linienbusse
für alle betrachteten Fälle
täglich fahrender Linienbusse

Anzahl Linienbusfahrten
pro Tag

- 1 - 100
- > 100 - 200
- > 200 - 300
- > 300 - 500
- > 500

Umweltzone*

* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

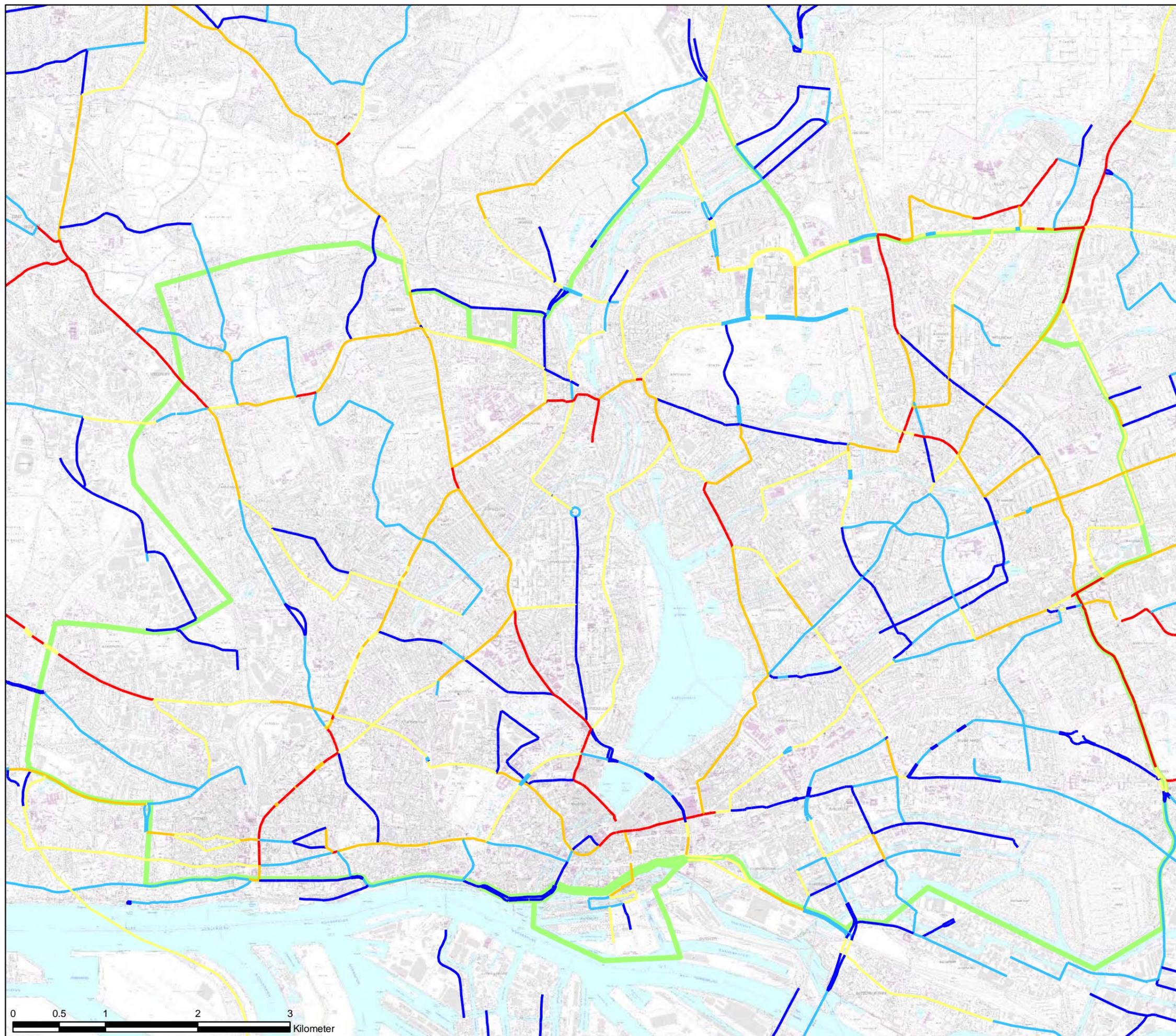
Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 4.3

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



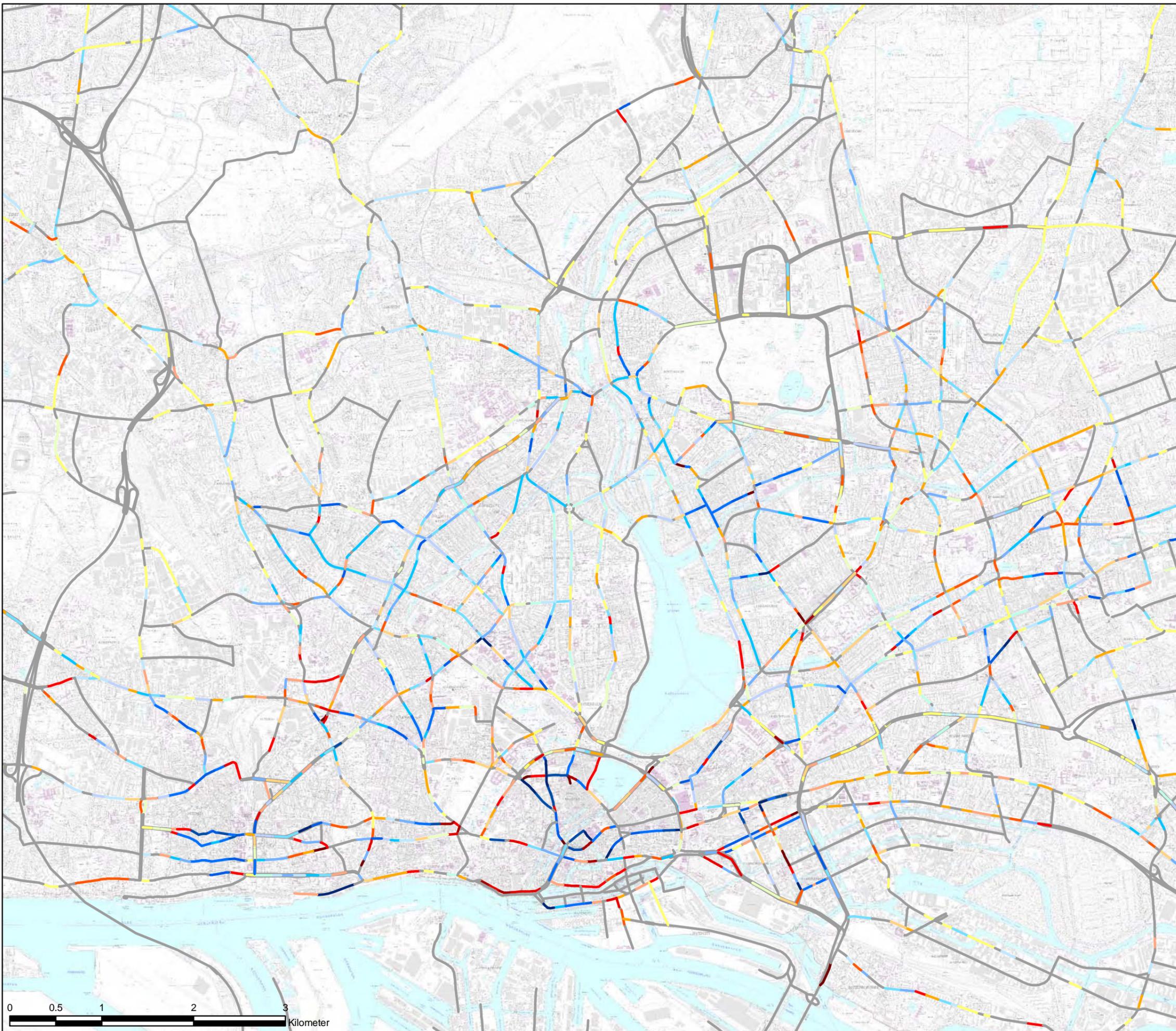
0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

4.2 Bebauungsdaten

Im Falle von vorliegender Randbebauung an einem Straßenabschnitt wird diese bei der Ausbreitungsrechnung mit PROKAS über sog. Bebauungstypen berücksichtigt. In die Bestimmung der Bebauungstypen gehen das Verhältnis Gebäudehöhe zu Straßenschluchtbreite, der Lückenanteil, die Schluchtbreite sowie die Ein- oder Beidseitigkeit der vorhandenen Bebauung ein. Diese idealisierten Straßenrandbebauungstypen wurden für jeweils ca. 100 m lange Straßenabschnitte festgelegt. Es wurden nur für Straßenabschnitte mit einer Verkehrsbelegung von >5 000 Fahrzeugen pro Tag Bebauungstypen definiert. Die verwendeten Bebauungstypen sind in **Abb. 4.4** dargestellt.

In PROKAS wird für diese Straßenabschnitte mit dem sog. Bebauungsmodul gerechnet (PROKAS_B). Es beruht auf Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierten Straßenrandbebauungen (nähere Erläuterungen sind im Anhang A2.3 zu finden).



Bebauungstypen

Bebauungsdaten Hamburg

- | | |
|-------|-------|
| — 0 | — 201 |
| — 101 | — 202 |
| — 102 | — 203 |
| — 103 | — 204 |
| — 104 | — 205 |
| — 105 | — 206 |
| — 106 | — 207 |
| — 107 | — 208 |
| — 108 | — 209 |
| — 109 | — 210 |
| — 110 | |

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

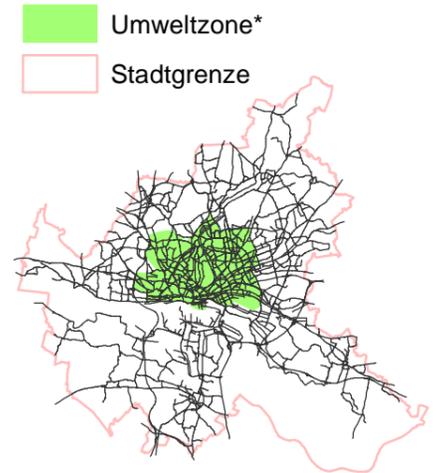
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N ↑	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 4.4

Übersicht



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



4.3 Hintergrundbelastung

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus stationären Quellen wie Industrie und Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Straßenverkehr, weiteren Verkehrsbereichen wie Schiffsverkehr sowie überregionalem Transport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastungen lagen Werte der Messstationen des Hamburger Luftmessnetzes vor. Für das Jahr 2008 wurden die NO_x -Zusatzbelastungen durch das Hauptstraßennetz von Hamburg an den zu betrachtenden Messstellen Habichtstraße, Kieler Straße, Max-Brauer-Allee II, Stresemannstraße sowie Sternschanze berechnet. Die Messstelle Sternschanze ist dabei eine städtische Hintergrundstation und weist nur eine sehr geringe lokale Verkehrsbeeinflussung auf. Ausgehend davon, dass die gemessenen Werte für 2008 die Gesamtbelastung darstellen, wurden die für jeden Standort berechneten NO_x -Zusatzbelastungen von den dortigen NO_x -Messwerten abgezogen.

Diese Werte stellen ein Maß für die jeweiligen lokalen Hintergrundbelastungen an diesen Messstellen dar. Der Mittelwert der so berechneten lokalen Hintergrundbelastung über diese Messstationen (ausgenommen Max-Brauer-Allee) liegt bei $55 \mu\text{g NO}_x/\text{m}^3$ im Jahr 2008. Die Konversion dieses Wertes nach Romberg et al. (1996) ergibt einen Mittelwert der NO_2 -Hintergrundbelastung von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dieser mit diesem Verfahren abgeleitete Wert entspricht genau dem NO_2 -Jahresmittelmesswert aus 2008 an der städtischen Hintergrundstation Sternschanze.

Für das gesamte Hamburger Stadtgebiet wurde für die NO_x -Hintergrundbelastung eine entfernungsgerichtete Interpolation durchgeführt. Für den Bereich der Innenstadt wurde dabei ein einheitlicher NO_x -Jahresmittelwert von $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (entspricht einem NO_2 -Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$) verwendet. Neben den Messstationen im Hamburger Stadtgebiet gingen auch Stationen aus Niedersachsen (Altes Land) und Schleswig-Holstein (Bornhöved) in die Interpolation ein. Die interpolierte NO_x -Hintergrundbelastung ist in **Abb. 4.5** dargestellt.

Für alle anderen Schadstoffe wurden für das gesamte Untersuchungsgebiet einheitliche Werte angenommen. Die Interpolation für NO_x und die in **Tab. 4.1** aufgeführten Hintergrundwerte wurden mit der Behörde für Soziales, Familie, Gesundheit und Verbraucherschutz Institut für Hygiene und Umwelt/Luftuntersuchungen Hamburg abgestimmt und für die Ausbreitungsberechnungen der Bezugsjahre 2009 und 2011 verwendet.

Als Ozon-Hintergrundwert wurde der an der Station Sternschanze gemessene Wert von 40 µg/m³ verwendet.

	Hintergrundbelastung [µg/m ³]
NO _x und NO ₂	Interpolation
PM10	20
PM2.5	16
Ruß	2
Ozon	40

Tab. 4.1: Verwendete Hintergrundbelastungen für die Bezugsjahre 2009 und 2011

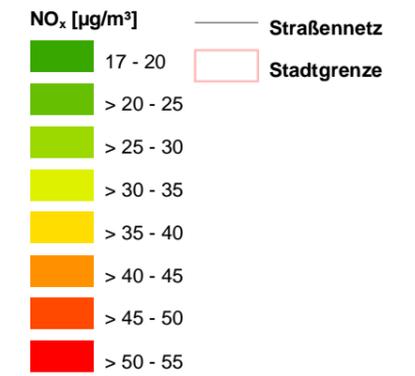
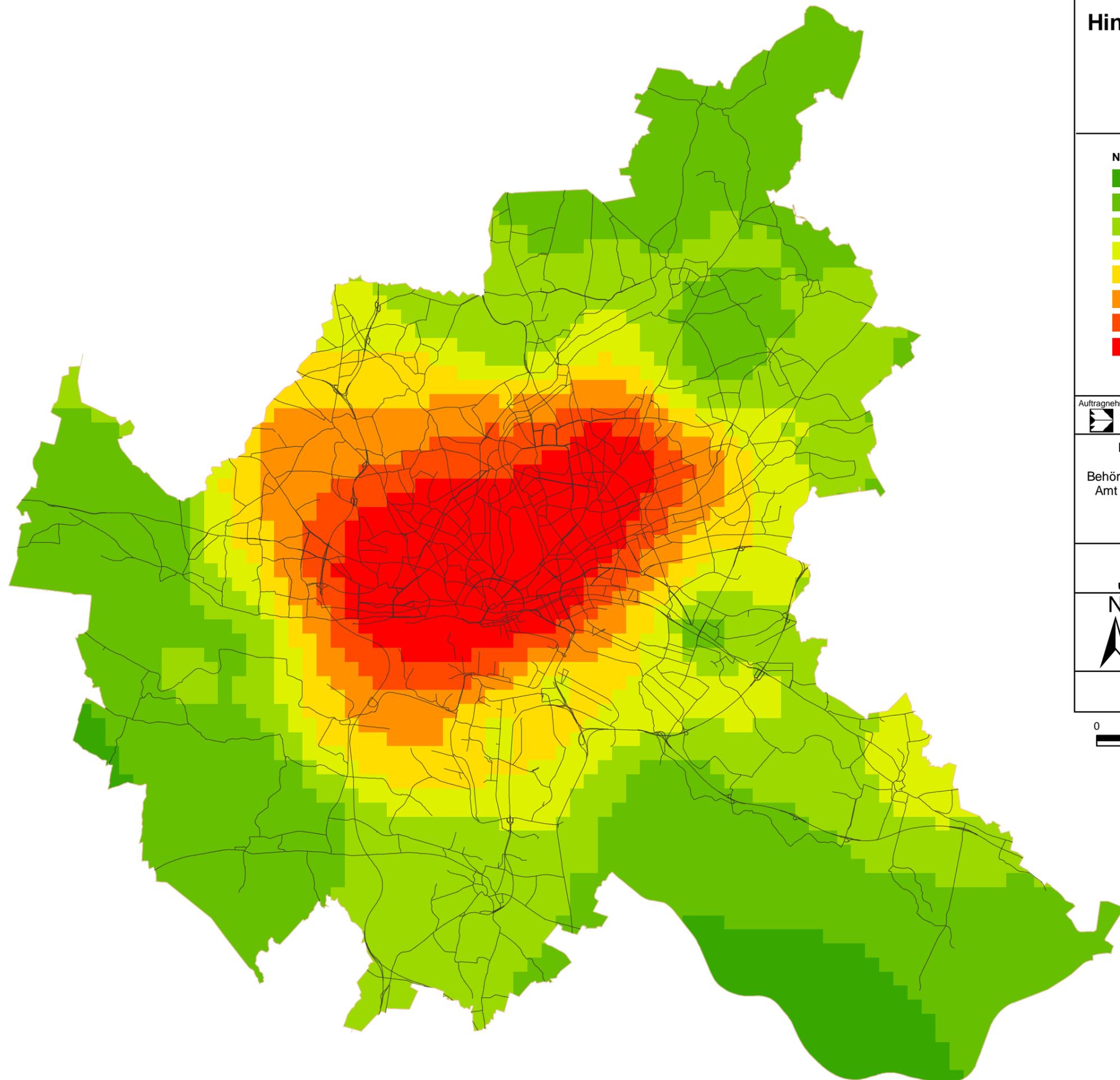
4.4 Meteorologische Daten

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 meteorologischen Daten der Station Hamburg-Fuhlsbüttel des Deutschen Wetterdienstes DWD verwendet. Die Windstatistik ist in **Abb. 4.6** dargestellt.

Die Windmessung erfolgt dort in 10 m Höhe. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.9 m/s. Aufgrund der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet durch die Bebauungsstrukturen im Vergleich zum Flughafengelände wurden die gemessenen Windgeschwindigkeiten als Überdachwindgeschwindigkeiten angesetzt und für die Ausbreitungsberechnungen um 20 % reduziert.

Hintergrundbelastung Stickstoffoxide



Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg
 Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N ↑		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 4.5



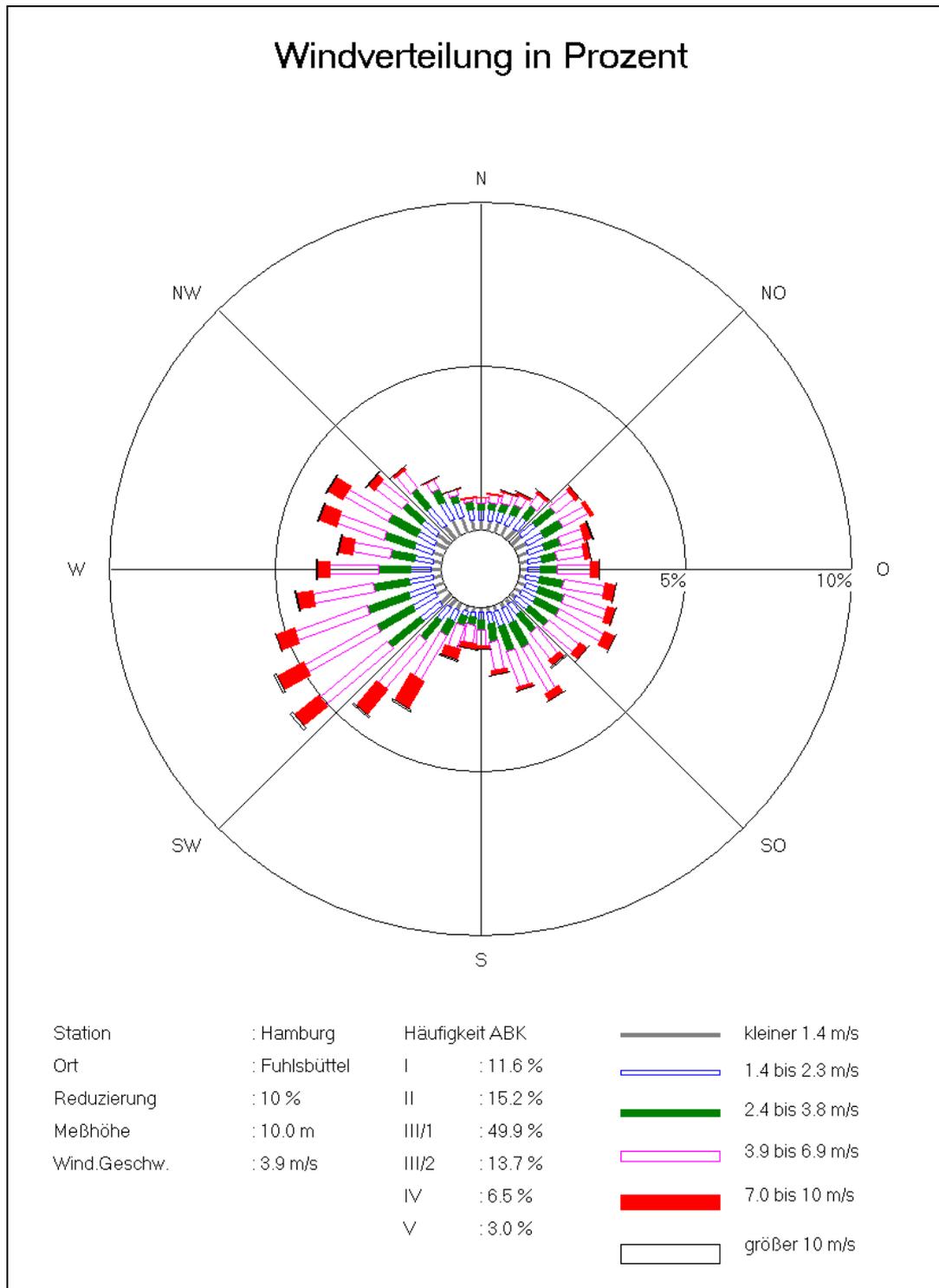


Abb. 4.6: Repräsentative Ausbreitungsklassenstatistik der DWD-Station Hamburg-Fuhlsbüttel. Messzeitraum 1994 - 2003.

5 EMISSIONEN

5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten PKW und LKW und Linienbusse unterschieden. Die Fahrzeugart PKW enthält dabei zusätzlich die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) und Motorräder, die Fahrzeugart LKW versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Reisebusse usw. Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der Richtlinie VDI „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI, 2003).

In **Tab. 5.1** sind die Schadstoffkomponenten aufgeführt, die in den jeweiligen Szenarien betrachtet wurden.

	Istzustand 2009	Nullfall 2011	Umweltzone 2011	Verkehrsredu- zierung 2011
NO _x	ja	ja	ja	ja
NO ₂	ja	ja	ja	ja
PM10	ja	ja	ja	ja
PM25	ja	ja	ja	ja
Ruß	ja	ja	ja	ja
Ultra feine Partikel	ja	ja	ja	nein
Benzol	ja	nein	nein	nein
CO ₂	ja	nein	nein	nein
Bezo(a)pyren	ja	nein	nein	nein

Tab. 5.1: Emissionsberechnung der einzelnen Schadstoffkomponenten entsprechend Betrachtungsfall

5.1.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

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

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugarten PKW, LKW und Linienbusse 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 in Abschnitt 5.1.2 beschrieben.

Die Längsneigung der Straßen ist aus dem Höhenmodell für Hamburg, was vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurde, abgeleitet worden. Der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW wird entsprechend HBEFA angesetzt, der Kaltstarteinfluss für LKW und Linienbusse wird aus UBA (1995) entnommen. Die Verkehrssituationen im Untersuchungsgebiet werden entsprechend den Gegebenheiten auf den einzelnen Streckenabschnitten und den Charakterisierungen aus HBEFA 3.1 zugeordnet (siehe **Tab. 5.2**).

Zu Beginn des Projektzeitraums wurden die Verkehrssituationen auf Grundlage von vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Daten über Tempolimit, Straßenkategorie, Lage von Kreuzungs- und Fußgängerampeln sowie der Bebauungsdichte nach HBEFA 2.1 ermittelt. In einer späteren Phase des Projektzeitraums wurde das HBEFA 3.1 veröffentlicht.

Straßentyp	Beschreibung	Kürzel
Autobahn	Autobahn, mind. 2x2 Spuren, nach Neigung unterschieden	AB
Stadt-Autobahn	Autobahn, Schnellstraße/Straße mit hoher Kapazität, Schnellstraße/bedeutende Zubringerstraße/Ringstraße, mind 2x2 Spuren, immer nach Neigung unterschieden	AB-City
Semi-Autobahn	unterschiedliche Anzahl von Spuren (Schweden, ländliche Gebiete)	Semi-AB
Fern-, Bundesstrasse	nach Neigung unterschieden, mind.2x1 Spuren, Tempolimits 80-100 km/h (vor allem für regionale Verkehre)	FernStr
Städt. Magistrale / Ringstr.	Schnellstraße/Straße mit hoher Kapazität, Schnellstraße/bedeutende Zubringerstraße/Hauptstraße (keine Autobahn), mind. 2x1 Spuren, könnte nach Neigung unterschieden werden (vor allem für regionale Verkehre)	FernStr-City
Hauptverkehrsstraße	Straße mit mittlerer Kapazität, unbedeutende Zubringerstraße/Verteilerstraße/Bezirk- bzw. Stadtteilverbinder, mind. 2x1 oder 1x2 Spuren	HVS
Hauptverkehrsstraße, kurvig	dasselbe wie Distributor/Secondary nur kurvenreich	HVS-kurv.
Sammelstraße	Verbindung zwischen Dörfern, Zugang zu bzw. von Stadtteilverteilerstraßen <=2x1 Spuren	Sammel
Sammelstraße, kurvig	dasselbe wie Local/Collector nur kurvenreich	Sammel-kurv.
Erschließungsstraße	Straße im Siedlungsgebiet, überwiegend Vorfahrtsstraße, <= 2x1 Spuren	Erschließung
Verkehrszustand (LOS-Level of Service)		Kürzel
flüssig	freie Fließbedingungen, niedriger und beständiger Verkehrsfluss. Konstante und relativ hohe Geschwindigkeit. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 90-120 km/h auf Autobahn, 45-60 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h. LOS A-B .	1
dicht	Freie Fließbedingungen mit starkem Verkehr, einigermaßen konstante Geschwindigkeit. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 70-90km/h auf Autobahnen, 30-45km/h auf Straßen mit Tempolimit 50km/h. LOS C-D .	2
gesättigt	unstetiger Fluss, gesättigter Verkehr. Schwankende mittlere Geschwindigkeiten mit möglichen Stopps. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 30-70 km/h auf Autobahnen, 15-30 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h. LOS E .	3
Stop+go	Stop and Go. Stark verstopfter Verkehr, Stop and Go oder Verkehrstillstand. Schwankende und niedrige Geschwindigkeiten und Stopps. Bezeichnende Geschwindigkeiten: 5-30 km/h auf Autobahnen, 5-15 km/h auf Straßen mit Tempolimit 50 km/h.	4

Tab. 5.2: Definition der Verkehrssituationen entsprechend Straßentyp und Verkehrszustand laut Handbuch für Emissionsfaktoren (UBA, 2010). Für jeden Straßentyp wird noch die regionale Unterscheidung städtisch (Agglo) sowie ländlich (Land) geführt. Weiterhin kann zusätzlich noch nach Tempolimit unterschieden werden.

Die Verkehrssituationen im HBEFA 3.1 sind grundlegend anders definiert als im HBEFA 2.1. Anhand der vorliegenden Informationen und der Systematik der Emissionsfaktoren wurden die Verkehrssituationen des HBEFA 2.1 auf die Verkehrssituationen im HBEFA 3.1 übertragen. Diese Zuordnung orientiert sich an der qualitativen Beschreibung des Straßentypes, des Tempolimits, des Level of Service (LOS) sowie der Abhängigkeiten der Emissionsfaktoren von den Verkehrssituationen im HBEFA2.1.

Auf der dem Bericht beiliegenden CD sind die Verkehrssituationen inklusive Längsneigungen abgelegt.

Benzo(a)pyren (BaP) stellt die Leitsubstanz für Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dar. Im Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA 3.1) sind keine Emissionsfaktoren für PAK oder BaP angegeben.

Angaben zu Emissionen von PAK bzw. von Benzo(a)pyren durch den Straßenverkehr finden sich in Studien der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg (Wiedmann et al., 2000), in einem BWPLUS-Projekt der Universität Stuttgart (BWPLUS, 2003), in einem Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen (Herpertz et al., 2005) sowie in einer Studie des Schweizer Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (Wunderlin et al., 1999).

Die Studie des BUWAL liefert dabei die umfangreichste und detaillierteste Systematisierung. Dort werden Emissionsfaktoren in Abhängigkeit von Fahrzeugtypen, Betriebsarten und Schadstoffminderung genannt. Diese sind in der **Tab. 5.3** dargestellt.

Diese Emissionsfaktoren werden im Folgenden als Grundlage für die Berechnung der fahrzeugspezifischen BaP-Emissionsfaktoren verwendet. Folgende Einflüsse wurden dabei berücksichtigt:

- Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Fahrzeugklasse und einem bestimmten Stand der Technik hinsichtlich Abgasemission, d. h. mit oder ohne G-Kat) und damit abhängig vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr) und
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben.

		PW: Personenwagen 3wKat: Dreiwegkatalysator Ks: Kaltstart B: Benzin CNG: Biogas (Methan) RME: Rapsmethylether		LW: Lastwagen oK: ohne Katalysator Ws: Warmstart D: Diesel LPG: Flüssiggas (Propan, Butan Mix) MeOH: Methanol	
Fahrzeugtypen Betriebsarten	Mittelwert [µg/km]	oberes Quartil [µg/km]	unteres Quartil [µg/km]	Median [µg/km]	Anz. Werte
PW B 3wKat Ks	0.17	0.22	0.04	0.08	22
PW B 3wKat Ws	0.03	0.04	0.01	0.02	14
PW B oK Ks	4.00	5.55	0.99	2.25	24
PW B oK Ws	0.49	0.69	0.18	0.43	15
PW D Ks	1.18	1.33	0.48	1.00	32
PW D Ws	0.98	1.15	0.32	0.65	15
PW CNG	0.02	0.01	0.00	0.00	14
PW LPG	0.03	0.03	0.00	0.02	25
PW RME	1.34	1.86	0.60	1.01	8
PW MeOH *	0.30	0.40	0.10	0.10	3
LW D *	1.47	1.46	0.20	0.57 ¹	53
<i>LW D * [µg/kWh]</i>	<i>2.05</i>	<i>2.03</i>	<i>1.00</i>	<i>1.54</i>	<i>16</i>
Motorräder	8.11	10.04	0.92	2.10	7
Mofa *	3.64	4.13	1.55	2.90	20

*: Einbezug von Fahrzeugen, die vor 1984 gebaut wurden

Tab. 5.3: Emissionsfaktoren für Benzo(a)pyren für verschiedene Fahrzeugklassen, Fahrzeugtechniken und Betriebszustände aus Wunderlin et al. (1999)

Der Kaltstarteinfluss für PKW (Erhöhung der Emissionen auf den ersten Kilometern Fahrt nach dem Start gegenüber den Emissionen von betriebswarmen Motoren) wird für 50 % der Fahrzeuge innerorts und für 5 % der Fahrzeuge außerorts angesetzt.

Aufgrund der derzeit nicht vorliegenden Differenzierung der BaP-Emissionsfaktoren nach den Verkehrssituationen des HBEFA wird nur eine Unterscheidung in Autobahnen, Außerorts- und Innerortsstraßen anhand der Fahrleistungsanteile vorgenommen.

Der Rußanteil der Partikelauuspuffemissionen wurde entsprechend CORINAIR (2007) angesetzt.

Neben den massebezogenen Emissionen (mg/km) wurden auch anzahlbezogene Partikelemissionen (Anzahl Partikel/km) als Maß für die ultrafeinen Partikeln berechnet. Berechnungsgrundlage war das HBEFA 3.1.

5.1.2 Zugrunde liegende Flotten

Im Handbuch für Emissionsfaktoren gliedert sich der Fahrzeugbestand zunächst in die Fahrzeugkategorien

- PKW,
- Leichte Nutzfahrzeuge (LNF),
- Motorräder (MRad),
- Schwere Nutzfahrzeuge (SNF),
- Linienbusse (LBus),
- Reisebusse (RBus).

Jede dieser Kategorien setzt sich aus Fahrzeugschichten zusammen, die innerhalb einer Schicht ein annähernd gleiches Emissionsverhalten aufweisen. Gliederungskriterien sind dabei im Wesentlichen die Antriebsart, die EURO-Abgasnormen, die Dieselpartikelfilterart sowie der Hubraum bzw. das Fahrzeuggewicht. So gliedert sich beispielsweise die Fahrzeugkategorie PKW in HBEFA3.1 in 69 unterschiedliche Fahrzeugschichten. Für jede dieser einzelnen Schichten liegen Emissionsfaktoren vor, die - bei gleichem Fahrverhalten - zum Teil sehr unterschiedlich sind. So ist der PM10-Emissionsfaktor eines Diesel-PKW EURO1 im Innerortsverkehr ca. 60fach höher als der eines Diesel-PKW EURO4 mit Partikelfilter. Zur Ermittlung eines repräsentativen Emissionsfaktors für eine Kategorie sind deshalb die Fahrleistungsanteile der einzelnen Schichten innerhalb ihrer Kategorie relevant. In HBEFA werden dazu standardmäßig Deutschland-Mittelwerte verwendet.

Um in der vorliegenden Untersuchung die regionalspezifischen Abweichungen zur HBEFA-Flotte zu berücksichtigen, wurde für die Flottenzusammensetzung im Hamburger Untersuchungsgebiet auf Autobahnstrecken ein Mix aus 50 % HBEFA-Flotte und 50 % Hamburg-spezifischer Flotte, auf Innerortsstraßen aus 33 % HBEFA-Flotte und 67 % Hamburg-spezifischer Flotte angenommen. Die Ermittlung der Hamburger Flotte erfolgte dabei auf der Basis der Statistik des Kraftfahrtbundesamtes (KBA) aus dem Jahre 2009. Von den vorliegenden Hamburger Bestandszahlen, d.h. aller in Hamburg zugelassenen Fahrzeuge, wurden ein

geschätzter Anteil von Mietfahrzeugen subtrahiert, da diese Fahrzeuge zwar in Hamburg zugelassen sind, jedoch bundesweit im Einsatz sind. Die Flotten der Mietwagenfirmen sind tendenziell moderner als der Bundesdeutsche Durchschnitt und hätten somit das Bild der Hamburger Fahrzeugflotte verzerrt.

Tab. 5.4 zeigt die Gliederung der Kraftfahrzeuge nach KBA in Fahrzeugklassen. Für die Zuordnung nach HBEFA wurden alle Fahrzeuge der Klasse 1 - abzüglich der Kleinbusse - als PKW eingeordnet. Die Fahrzeuge der Klasse 1, die nach den Angaben zu Hersteller und Modell als Kleinbusse identifiziert werden konnten, wurden - ebenso wie die Wohnmobile - den Nutzfahrzeugen zugeordnet. Die Unterschiede in der Flottenzusammensetzung der Krafträder zwischen HBEFA und Hamburg wurden als irrelevant erachtet. Die Fahrzeuge der Klasse 3 wurden deshalb nicht ausgewertet; für die Berechnungen wurde die HBEFA-Flotte verwendet. Die Fahrzeuge der Klassen 4 und 8 wurden den Nutzfahrzeugen zugeordnet. Die Fahrzeuge der Klassen 5 und 6 werden in HBEFA nicht berücksichtigt. Auf Grund des geringen Anteils der Fahrzeuge sowie nicht vorliegender HBEFA-Emissionsfaktoren wurden diese Fahrzeuge nicht in die Auswertung einbezogen.

Nr.-Fahrzeugklasse	Fahrzeugklasse
1	M1-Fahrzeuge ohne und mit besonderer Zweckbestimmung
2	Wohnmobile
3	Krafträder
4	Nutzfahrzeuge (Lastkraftwagen)
5	Zugmaschinen (ohne Sattelzugmaschinen)
6	selbstfahrende Arbeitsmaschinen
7	Kraftomnibusse
8	Sonstige Kfz (u. a. Stadtreinigung, Feuerwehr)

Tab. 5.4: Gliederung der Kraftfahrzeuge nach KBA

Die Kraftomnibusse (Fahrzeugklasse 7) wurden ebenfalls nicht zugeordnet, da für die Linienbusse Flotteninformationen vorlagen, für die Reisebusse wurde in der Berechnung die HBEFA-Flotte verwendet.

Die Zuordnung der Fahrzeuge zu den EURO-Abgasnormen erfolgte auf der Grundlage der Abgasschlüsselnummern. In den methodischen Erläuterungen des KBA (2010) zur Fahrzeugstatistik ist eine Zuordnung der Abgasschlüsselnummern zu den EURO-Normen ent-

halten. Die Zuordnung in HBEFA wurde von IFEU Heidelberg vorgenommen und weicht teilweise von der KBA-Zuordnung ab (siehe **Tab. 5.5**). Für die Auswertung der Hamburger Flotte wurde die Zuordnung entsprechend HBEFA verwendet. Für die Berechnung der Fahrleistungsanteile der durch die Umweltzone betroffenen Fahrzeuge ist die HBEFA-Zuordnung jedoch ungeeignet, da sich die Einfahrbeschränkungen der Umweltzone an der Plakettenverordnung (35. BImSchV) orientieren. Daher erfolgte die Substitution der Fahrleistungsanteile der vom Einfahrtsverbot in die Umweltzone betroffenen Fahrzeuge auf Grundlage der Zuordnungsmethodik der 35. BImSchV.

Fzg-Kat	Abgasschlüsselnummer	Abgasnorm Klartext	KBA	HBEFA (IFEU)
PKW	456 - 461	98/69/EG I-III; A / D4I	EURO3	EURO4
PKW	432 - 433; 438 - 439; 443	D4 / D4I	EURO3	EURO4
PKW	453 - 455	EURO3 / D4	EURO3	EURO4

Tab. 5.5: Unterschiedliche Zuordnungen KBA-Statistik / HBEFA

Fahrzeuge, für die keine Angaben zur Abgasschlüsselnummer vorlagen, wurden entsprechend ihres Erstzulassungsjahres nach den in **Tab. 5.6** dargestellten gesetzlich vorgeschriebenen Fristen zum Inkrafttreten der jeweiligen Norm der Abgasnorm zugeordnet.

EURO-Norm	Erstzulassung PKW	Erstzulassung LKW / Bus
EURO1	1993 - 1996	1993 - 1996
EURO2	1997 - 2000	1997 - 2001
EURO3	2001 - 2005	2002 - 2006
EURO4	Ab 2006	Ab 2007

Tab. 5.6: Zuordnung Erstzulassungsjahr/EURO-Abgasnorm

Nach dieser Methodik wurde für Hamburg eine Flottenzusammensetzung des Fahrzeugbestandes (statische Flotte) für das Jahr 2009 berechnet. Zum Vergleich der unterschiedlichen Zuordnungsdefinitionen wurde in **Abb. 5.1** die Flottenauswertung der Hamburger KBA-Statistik 2009 entsprechend den Definitionen des KBA, des HBEFA und der 35. BImSchV graphisch und tabellarisch dargestellt. Aus **Abb. 5.1** wird ersichtlich, dass sich die unterschiedliche Zuweisung durch KBA und durch HBEFA nur geringfügig unterscheiden. Die größten Abweichungen bei der Zuordnung sind durch die 35. BImSchV bei den leichten Nutzfahrzeugen zu verzeichnen.

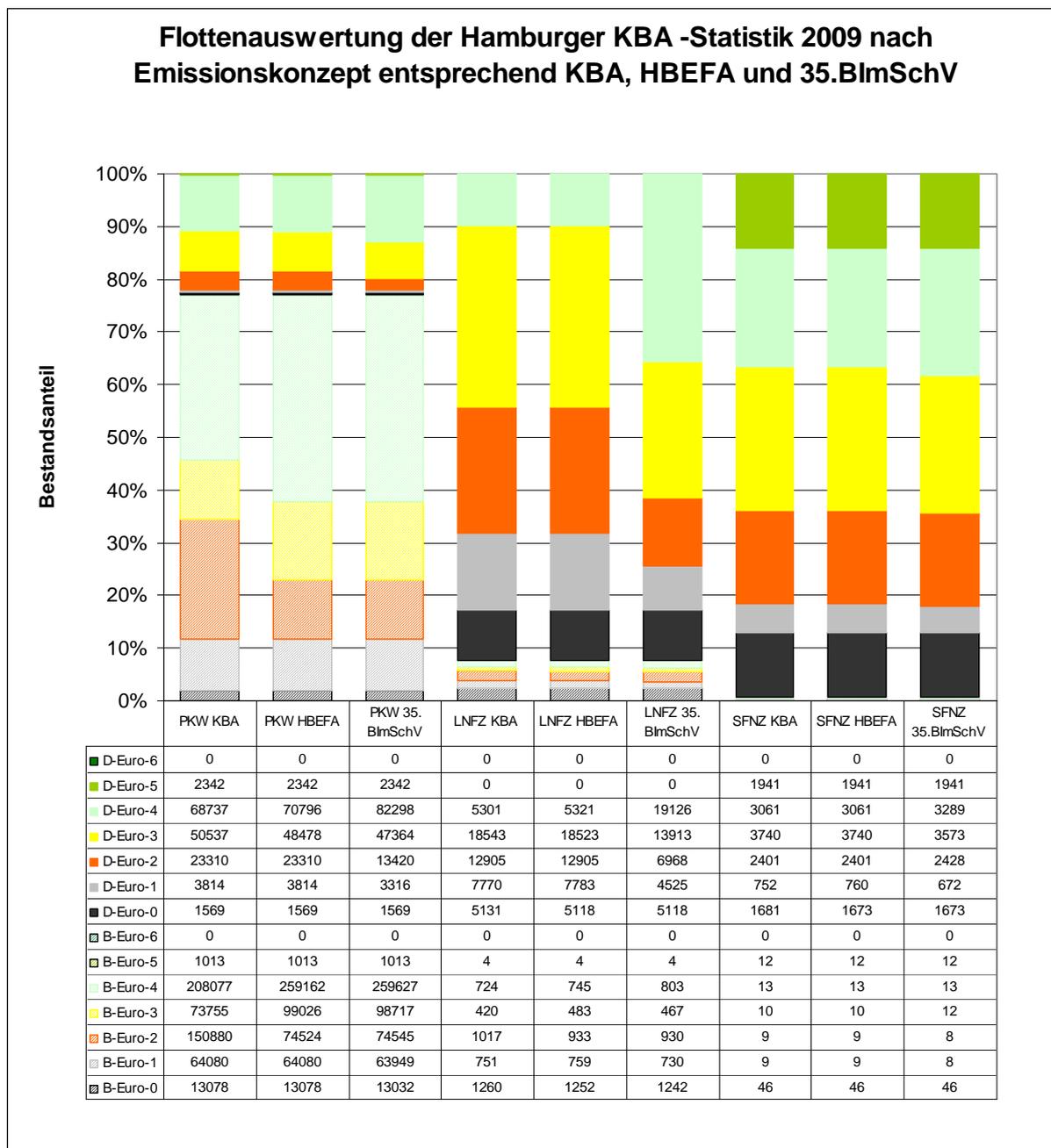


Abb. 5.1: Flottenauswertung der Hamburger KBA -Statistik 2009 nach Emissionskonzept entsprechend KBA, HBEFA und 35. BImSchV. D = Diesel, B = Benzin

Zur Emissionsberechnung ist jedoch nicht der Bestandsanteil, sondern vielmehr der Fahrleistungsanteil der Fahrzeuge relevant. Zur Berechnung des Fahrleistungsanteils wurden die Fahrleistungsfaktoren für Innerortsstraßen, d. h. das Verhältnis aus Innerortsfahrleistungs- und Bestandsanteil für das Jahr 2009 aus dem HBEFA verwendet (siehe **Tab. 5.7**).

In der **Abb. 5.2** ist die Hamburger Flotte im statischen Bestand sowie nach Fahrleistungsanteil dargestellt. Darin sind deutlich die Auswirkungen der hohen Fahrleistungsfaktoren der Diesel-PKW sowie neuerer Fahrzeuge (EURO4) zu sehen.

Fzg Kat	Antriebsart	EURO-Norm	Bestandsanteil HBEFA	Fahrleistungsanteil Innerorts HBEFA	Fahrleistungsfaktor
LNF	BENZIN	Konv	2.2 %	1.0 %	0.46
LNF	BENZIN	EURO1	0.7 %	0.4 %	0.62
LNF	BENZIN	EURO2	2.4 %	1.7 %	0.69
LNF	BENZIN	EURO3	1.3 %	1.4 %	1.04
LNF	BENZIN	EURO4	1.5 %	2.1 %	1.39
LNF	DIESEL	Konv	9.0 %	4.2 %	0.46
LNF	DIESEL	EURO1	15.7 %	10.8 %	0.68
LNF	DIESEL	EURO2	21.2 %	20.0 %	0.94
LNF	DIESEL	EURO3	33.8 %	41.6 %	1.23
LNF	DIESEL	EURO4	12.2 %	17.0 %	1.39
PKW	BENZIN	Konv	1.7 %	0.8 %	0.49
PKW	BENZIN	Gkat	1.8 %	1.0 %	0.56
PKW	BENZIN	EURO1	9.4 %	6.1 %	0.65
PKW	BENZIN	EURO2	9.0 %	6.7 %	0.75
PKW	BENZIN	EURO3	14.1 %	11.2 %	0.79
PKW	BENZIN	EURO4	37.6 %	33.8 %	0.90
PKW	BENZIN	EURO5	0.7 %	0.7 %	0.94
PKW	DIESEL	Konv	0.2 %	0.1 %	0.68
PKW	DIESEL	EURO1	1.2 %	1.1 %	0.95
PKW	DIESEL	EURO2	3.5 %	4.0 %	1.13
PKW	DIESEL	EURO3	7.8 %	11.0 %	1.41
PKW	DIESEL	EURO4	12.4 %	22.0 %	1.78
PKW	DIESEL	EURO5	0.7 %	1.4 %	2.01

Fzg Kat	Antriebs- art	EURO- Norm	Bestandsanteil HBEFA	Fahrleistungsanteil Innerorts HBEFA	Fahrleistungsfaktor
SNF	DIESEL	Konv	11.3 %	6.6 %	0.58
SNF	DIESEL	EURO1	4.3 %	3.2 %	0.75
SNF	DIESEL	EURO2	17.5 %	13.3 %	0.76
SNF	DIESEL	EURO3	33.7 %	34.1 %	1.01
SNF	DIESEL	EURO4	12.5 %	16.8 %	1.34
SNF	DIESEL	EURO5	20.7 %	26.0 %	1.26

Tab. 5.7: Fahrleistungsfaktoren Innerorts HBEFA3.1 / 2009

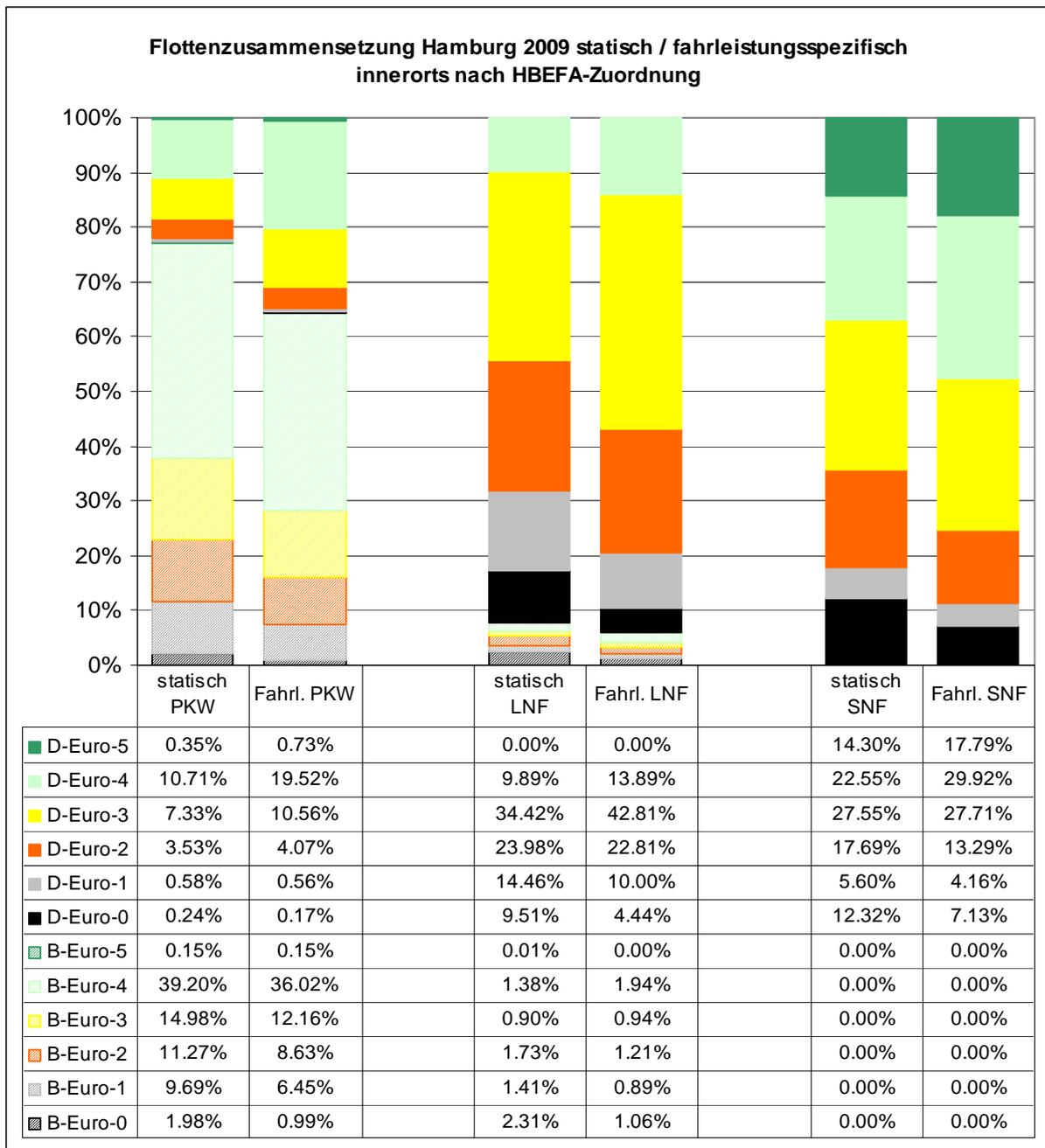


Abb. 5.2: Flottenzusammensetzung Hamburg 2009 statisch und fahrleistungsspezifisch nach HBEFA-Zuordnung

Auf der Basis der Hamburger Flotte 2009 sowie der Flottenentwicklung in HBEFA wurden die Innerortsfahrleistungsanteile für die Hamburger Flotte des Jahres 2011 für alle Szenarien berechnet.

Zur Berechnung des Umweltzonenszenarios muss die Anzahl der von einem Einfahrverbot betroffenen Fahrzeuge ermittelt werden. Diese richtet sich nach der Plakettenverordnung (35. BImSchV). Danach werden die Fahrzeuge analog der KBA-Statistik entsprechend ihrer Abgasschlüsselnummer einer EURO-Norm und somit einer Schadstoffgruppe bzw. Plakette zugeordnet. Diese Zuordnung weicht jedoch ebenfalls, wie auch das HBEFA, von der KBA-Zuordnung ab (siehe **Tab. 5.8**). Im Diagramm in **Abb. 5.3** ist die Hamburger Flottenzusammensetzung für das Jahr 2009 nach Zuordnung entsprechend 35. BImSchV dargestellt.

Abgasschlüsselnummer	Abgasnorm Klartext	KBA	35. BImSchV	Plakettenverordnung
643; 653	96/69/EG II-III	EURO1	EURO2	SG2 / rot
644; 654	96/69/EG III; A	EURO2	EURO3	SG3 / gelb
645; 655	98/69/EG II-III; B	EURO3	EURO4	SG4 / grün
428; 429	96/69/EG II-III	EURO1	EURO2	SG2 / rot
449; 450 - 452	98/69/EG II-III; A	EURO2	EURO3	SG3 / gelb
430 - 431; 436 - 437; 442	D3 / D3I	EURO2	EURO3	SG3 / gelb
467 - 470	98/69/EG I-III; A / D4I	EURO3	EURO4	SG4 / grün
456 - 461	98/69/EG I-III; A / D4I	EURO3	EURO4	SG4 / grün
432 - 433; 438 - 439; 443	D4 / D4I	EURO3	EURO4	SG4 / grün
453 - 455	EURO3 / D4	EURO3	EURO4	SG4 / grün

Tab. 5.8: Unterschiedliche Zuordnung KBA-Statistik / 35. BImSchV

Die Darstellungen in **Abb. 5.3** zeigen beim Vergleich mit **Abb. 5.2** insbesondere bei den leichten Nutzfahrzeugen die Auswirkungen der unterschiedlichen Zuordnungssystematiken. Der im Vergleich zu dem in **Abb. 5.2** dargestellten deutlich höheren Anteil Diesel-EURO4-Fahrzeuge liegt vor allem in der in **Tab. 5.8** dargestellten unterschiedlichen Zuordnung der Abgasschlüsselnummern 645 und 655. Die Berechnung für das Umweltzonenszenario erfolgte auf Basis der Hamburger Fahrzeugflotte 2011, die durch die vom Einfahrtsverbot in die Umweltzone betroffenen Fahrzeuge entsprechend der Zuordnungsmethodik der 35. BImSchV substituiert wurden.

Die fahrleistungsbezogene Flotte für die Umweltzone wurde entsprechend Vorgaben des eigens von der Hamburger Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt in Auftrag gegebenen Verkehrsgutachten zur Umweltzone Hamburg (SVU, 2009) verändert. Dabei wurden entsprechend der Vorgabe, nur Fahrzeuge mit grüner Plakette fahren zu lassen, die entspre-

chenden Schadstoffklassen substituiert bzw. eine Nachrüstung mit entsprechenden Partikel- filter angenommen (SVU, 2009, Tabelle 1 und 2). Nach SVU (2009) beschränkt sich die Substitution der Fahrzeugflotte nicht nur auf den Bereich der Umweltzone sondern sie erfolgt auch - in deutlich abgeschwächter Form - im Bereich außerhalb der Umweltzone.

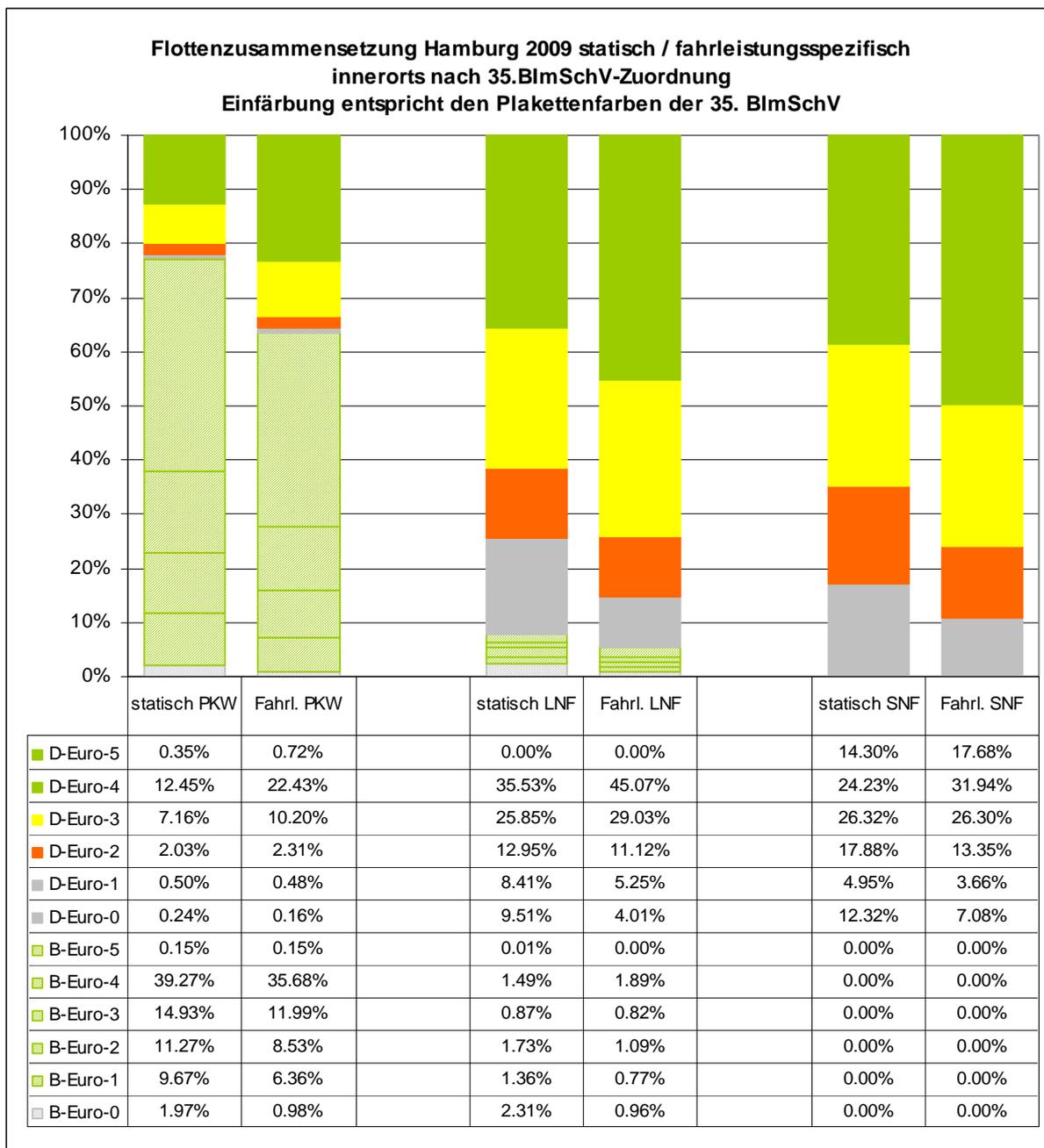


Abb. 5.3: Flottenzusammensetzung Hamburg 2009 statisch und fahrleistungsspezifisch nach 35. BImSchV-Zuordnung

In den **Abb. 5.4** bis **Abb. 5.7** sind die den Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen Hamburger Fahrzeugflotten denen der im HBEFA 3.1 als bundesdeutschen Durchschnitt angenommenen gegenübergestellt. Die dargestellten Hamburger Fahrzeugflotten wurden entsprechend den oben genannten Annahmen zum Mix HBEFA-Flotte/Hamburg-Flotte berechnet. Dabei wurde davon ausgegangen, dass im gesamten Stadtgebiet 2/3 Hamburger Fahrzeuge und 1/3 auswärtige Fahrzeuge fahren. Auf den Autobahnen wurde eine Aufteilung von 50 % zu 50 % angesetzt. Die räumliche Zuordnung der Fahrzeugflotten ist in **Abb. 5.8** dargestellt.

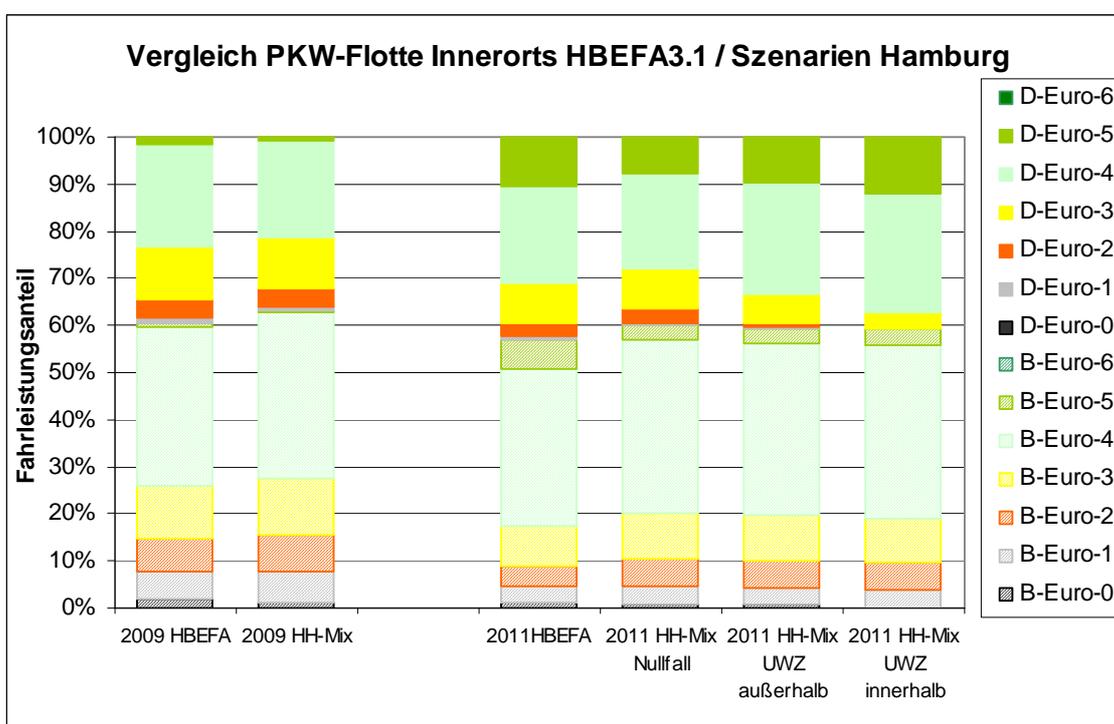


Abb. 5.4: Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen PKW-Fahrzeugflotten

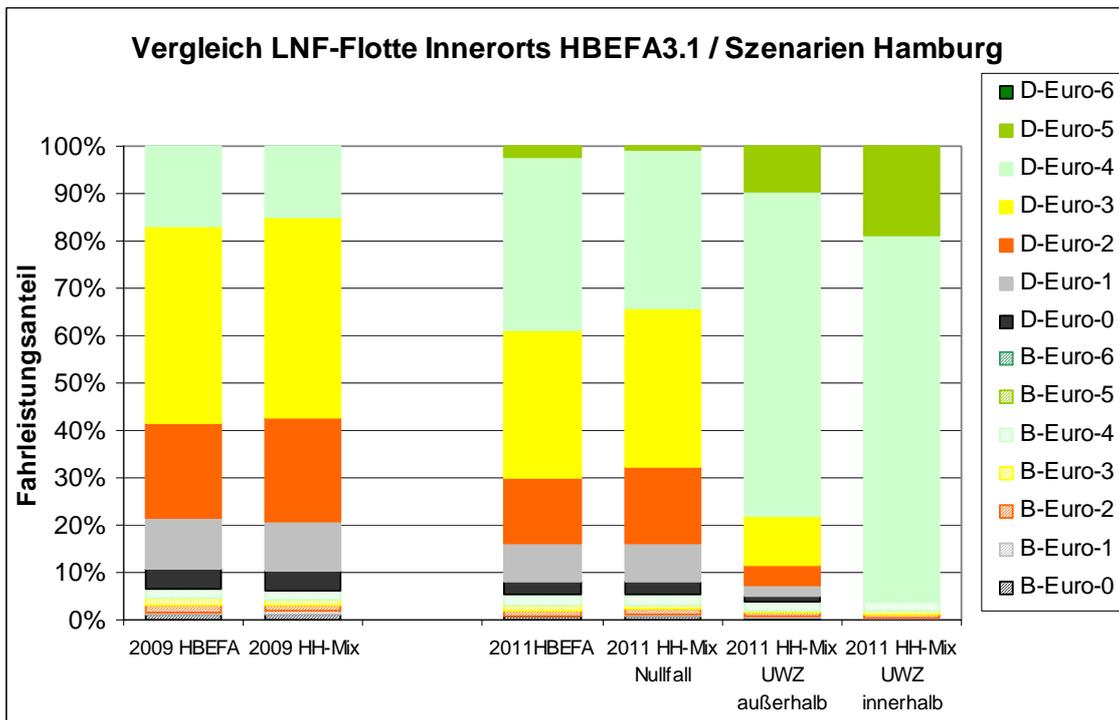


Abb. 5.5: Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen Leichte Nutzfahrzeug-Fahrzeugflotten

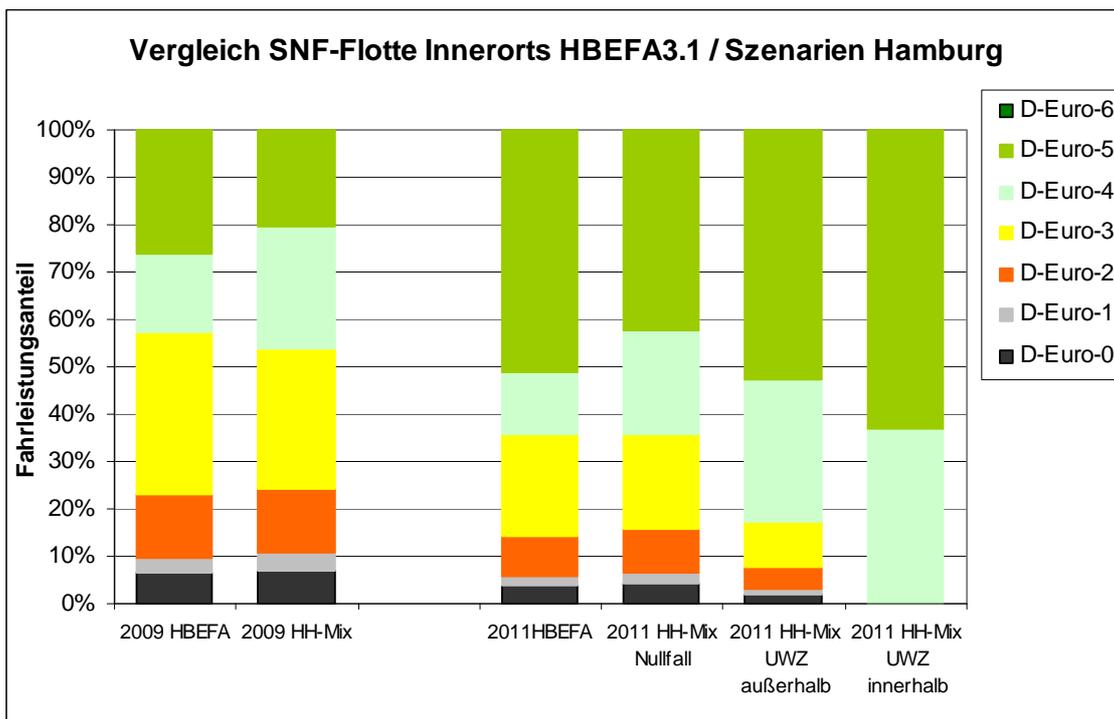


Abb. 5.6: Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen Schwere Nutzfahrzeug-Fahrzeugflotten

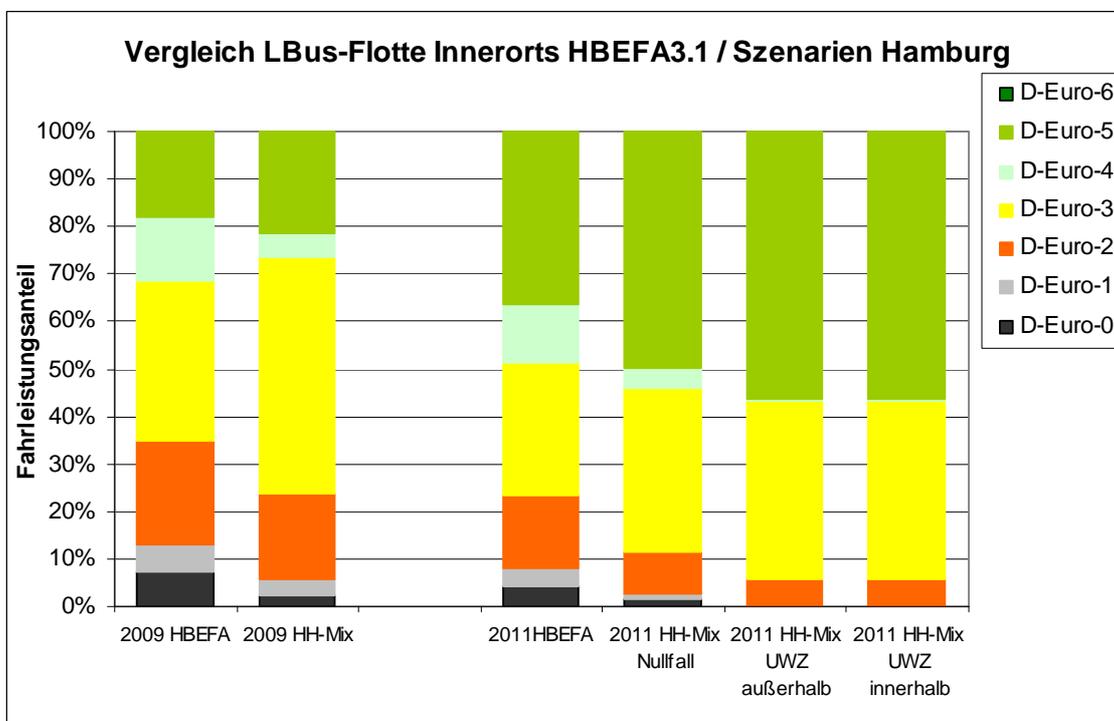
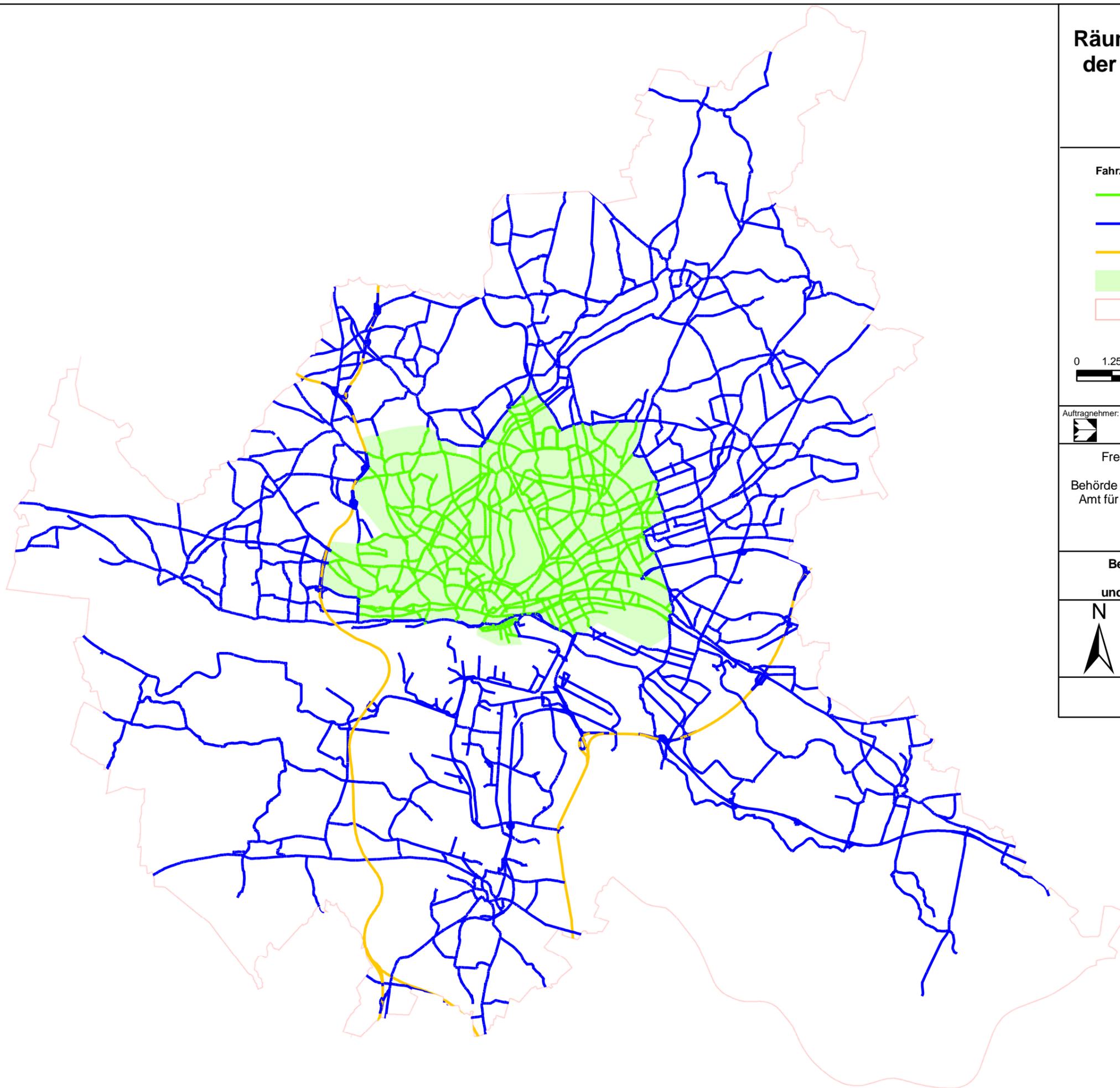
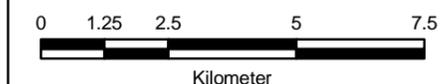


Abb. 5.7: Gegenüberstellung des bundesdeutschen Durchschnitts und den der Berechnungen zu Grunde gelegten fahrleistungsbezogenen Linienbus-Fahrzeugflotten

Räumliche Verteilung der Fahrzeugflotten in Hamburg



- Fahrzeugflotten**
- Umweltzone
 - außerhalb Umweltzone
 - Autobahn
 - Umweltzone
 - Stadtgrenze



Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.8

5.1.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelimmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen-, Reifen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA 3.1 nicht enthalten. Sie sind auch derzeit nicht mit gleicher Aussagegüte wie die Emissionen aus Abgasen 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 allgemeingültigen 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 (2004) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Es sei darauf hingewiesen, dass die dort abgeleiteten Emissionsfaktoren noch auf Basis von Untersuchungen erfolgten, die das HBEFA 2.1 als Grundlage hatten. Eine Anpassung dieses Emissionsanteils an das HBEFA 3.1 ist dringend erforderlich, steht aber noch aus. Erste Abschätzungen zeigen, dass je nach Verkehrsfluss und Ausgangsbedingungen bei der in Düring und Lohmeyer (2004) verwendeten Datenbasis Verringerungen aber auch Erhöhungen der nicht motorbedingten PM₁₀-Emissionsfaktoren beim Übergang zum HBEFA 3.1 möglich sind. Korrekturfaktoren können derzeit nicht angegeben werden.

In der vorliegenden Untersuchung werden die nicht motorbedingten PM_{2.5}-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) entsprechend der im Emission Inventory Guidebook von EMEP/CORINAIR (CORINAIR, 2007) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Eine Differenzierung in verschiedenen Straßentypen (z. B. Bundesautobahn oder Innerorts) ist durch eine dort angegebene Geschwindigkeitsabhängigkeit (für Reifen und Bremsabrieb) möglich. Eine Differenzierung in Verkehrssituationen erfolgte nicht. Für die PM_{2.5}-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) können daraus folgende Werte abgeleitet werden (**Tab. 5.9**):

	Reifenabrieb		Bremsabrieb		Straßenabrieb	
	PM2.5 [mg/km]					
	BAB	Innerorts	BAB	Innerorts	BAB	Innerorts
Leichte Nutzfahrzeuge	6	10	1	8	6	6
PKW	4	6	1	5	6	6
Schwere Nutzfahrzeuge	17	26	3	29	30	30
Motorräder	2	3	0	3	2	2

Tab. 5.9: Beitrag zu den PM2.5-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) entsprechend CORINAIR (2007)

Die Resuspension von eingetragem Straßenstaub gehört entsprechend derzeitigem Kenntnisstand eher der Partikelfraktion zwischen 2.5 µm und 10 µm an und wird deshalb bei der Betrachtung von PM2.5 nicht mit berücksichtigt. Abrieb von Kupplungsbelägen wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da dieser weitestgehend in den Kupplungsgehäusen zurückgehalten wird.

Die Summe aller Abriebe (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) ergibt damit entsprechend CORINAIR (2007) die in **Tab. 5.10** aufgeführten PM2.5-Emissionsfaktoren.

	Nicht motorbedingte PM2.5-Emissionsfaktoren [mg/km]	
	BAB	Innerorts
Leichte Nutzfahrzeuge	13	24
PKW	11	17
Schwere Nutzfahrzeuge	50	85
Motorräder	4	8

Tab. 5.10: Nicht motorbedingte PM2.5-Emissionsfaktoren nach CORINAIR (2007)

Es sei darauf verwiesen, dass insbesondere die Emissionsfaktoren für Straßenabrieb von den Autoren wegen fehlender systematischer Untersuchungen mit sehr großen Unsicherheiten bewertet werden. Palmgren et al. (2003) setzt z. B. die PM2.5-Straßenabriebsemissionen auf Basis von Untersuchungen von TNO aus dem Jahr 1997 zu Null. Um auf der sicheren Seite zu liegen, werden für die vorliegenden Berechnungen die o. a. 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 sekundä-

ren Partikel in den aus Immissionsmessungen abgeleiteten nicht motorbedingten Emissionsfaktoren enthalten.

Untersuchungen der verkehrsbedingten BaP-Immissionen zeigen, dass neben den BaP im Abgas auch nicht motorbedingte BaP-Emissionen auftreten, hervorgerufen durch Kupplungs- und Bremsbelagabrieb. Diese Emissionen sind im HBEFA ebenfalls nicht enthalten.

Nach BWPLUS (2003) liegen die BaP-Emissionen bei ca. 0.0004 % der Reifenabriebsemissionen bzw. 0.00007 % des Bremsabriebes. Orientiert man sich an PM10-Brems- und Reifenabriebsemissionsfaktoren z. B. aus der RAINS-Datenbank (Lükewille et al., 2002), so würden sich BaP-Abriebsemissionen für PKW von ca. 3 % sowie für LKW von ca. 10 % der in **Tab. 5.3** aufgeführten Auspuffemissionen ergeben. Die Unsicherheiten sind allerdings groß, da sowohl die PM10-Abriebsemissionsfaktoren aber auch der Anteil BaP an den Abrieben unsicher sind. Die nicht motorbedingten BaP-Emissionen werden deshalb in den Berechnungen durch einen Aufschlag von pauschal 20 % auf die Emissionsfaktoren der **Tab. 5.3** berücksichtigt.

Untersuchungen der verkehrsbedingten Rußimmissionen zeigen, dass neben den Rußpartikeln im Kfz-Abgas auch der Reifenabrieb einen bedeutsamen Anteil an der Rußemission des Kfz-Verkehrs haben kann. Rauterberg-Wulff (1999a und 1999b) gibt auf der Grundlage von Messungen in einem Straßentunnel einer Stadtautobahn in Berlin Emissionsfaktoren für Ruß aus Reifenabrieb an, die hier für Autobahnen und Außerortsstraßen angesetzt werden.

Messungen an der Frankfurter Allee (Innerortsstraße) ergaben höhere Emissionsfaktoren (Rauterberg-Wulff, 1999b). Die Autorin führt den Unterschied gegenüber dem Autobahntunnel auf das unterschiedliche Fahrverhalten auf der Frankfurter Allee mit häufigeren Beschleunigungs- und Bremsvorgängen zurück, die höheren Abrieb der Reifen verursachen. In **Tab. 5.11** sind die aus den o. a. Messungen abgeleiteten und im vorliegenden Gutachten angesetzten Emissionsfaktoren für Ruß aus Reifenabrieb angegeben.

	Emissionsfaktor für Ruß aus Reifenabrieb [mg/km] je Kfz	
	PKW	LKW
Autobahnen und Außerortsstraßen	1.7	9
Innerortsstraßen	6	32

Tab. 5.11: Rußemissionen aus Reifenabrieb (nach Rauterberg-Wulff, 1999a und 1999b)

Neueste Untersuchungen weisen darauf hin, dass gegebenenfalls die o. g. Emissionsfaktoren insbesondere für die Innerortsstraßen tendenziell zu hoch sein könnten. Eine entsprechende Systematisierung steht noch aus.

5.1.4 Tempo 30

Mithilfe des HBEFA ist bislang keine Prognose der Emissionsänderung infolge von Geschwindigkeitsbeschränkungen auf Hauptverkehrsstraßen möglich. Für Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen können derzeit weder Emissionsfaktoren noch allgemein gültige Reduktionsfaktoren angegeben werden. Es gibt eine Reihe von Einflussfaktoren (Abstand der Knotenpunkte, Struktur der Randbebauung, Ausbaugrad, Verkehrsbelegung etc.), deren Einfluss sich im Einzelfall stark voneinander unterscheidet, von denen aber das Emissionsminderungspotential bei Tempo 30 stark abhängt. Die Emissionsminderung bei Tempo 30 auf Hauptverkehrsstraßen wird entsprechend der Untersuchungen des LfU Bayern (2003) angesetzt.

5.2 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

In Anhang A3 sind die Emissionsfaktoren für die betrachteten Schadstoffe getrennt nach der jeweils zugrunde liegenden Flottenzusammensetzung (siehe Abschnitt 5.1.2) aufgeführt.

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen, LKW- und Linienbus-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. In den **Abb. 5.9** bis **Abb. 5.20** sind Beispiele der räumlichen Verteilungen der Emissionen für die betrachteten Szenarien dargestellt.

Emissionen

NO_x

Emissionsverteilung Stickstoffoxide
Istzustand 2009

NO_x [mg/(m*s)]

- ≤ 0.1
- > 0.1 - 0.2
- > 0.2 - 0.5
- > 0.5 - 1.0
- > 1.0 - 1.5
- > 1.5

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

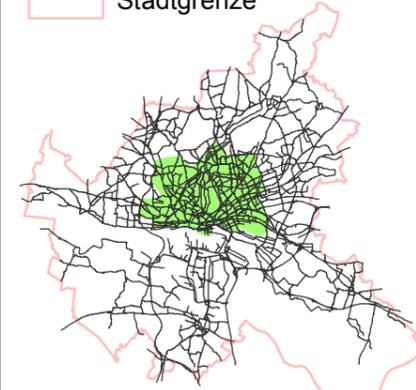
**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.9

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen

NO_x

Emissionsverteilung Stickstoffoxide
Nullfall 2011

NO_x [mg/(m*s)]

- ≤ 0.1
- > 0.1 - 0.2
- > 0.2 - 0.5
- > 0.5 - 1.0
- > 1.0 - 1.5
- > 1.5

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N ↑		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.10

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen

NO_x

Emissionsverteilung Stickstoffoxide
Umweltzone 2011

NO_x [mg/(m*s)]

- ≤ 0.1
- > 0.1 - 0.2
- > 0.2 - 0.5
- > 0.5 - 1.0
- > 1.0 - 1.5
- > 1.5

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.11

Übersicht

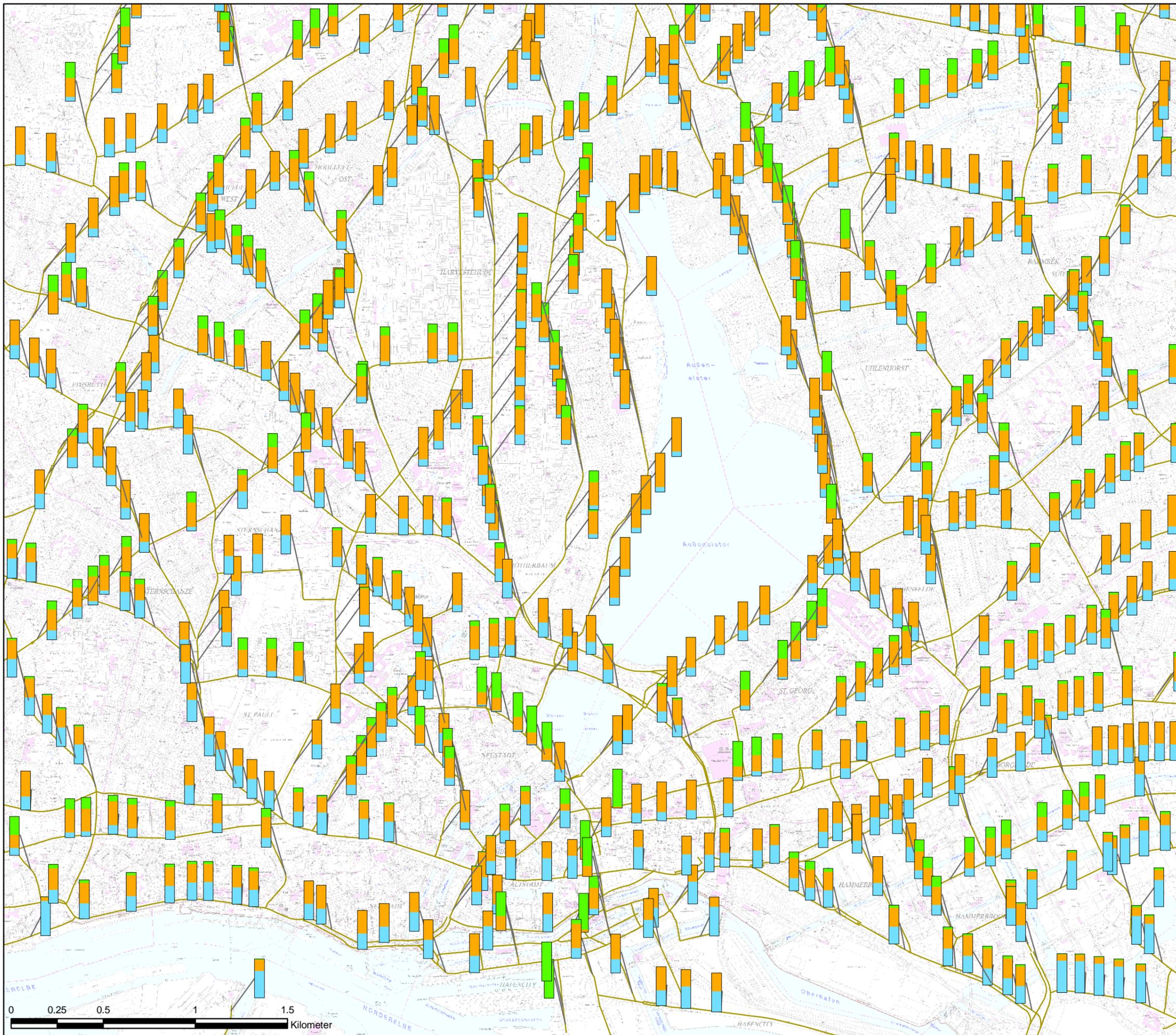
- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer



Emissionen

NO_x

Anteile getrennt nach
PKW, LKW und Linienbussen
Istzustand 2009

NO_x



- Linienbus
- PKW
- LKW

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

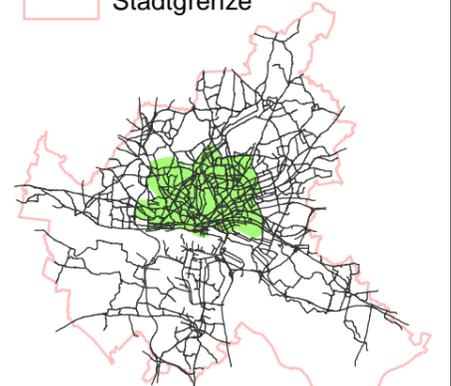
Berechnung Kfz-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.12

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Emissionen

NO₂ direkt

Emissionsverteilung NO₂ direkt
Istzustand 2009

NO₂ direkt [mg/(m³s)]

-  ≤ 0.01
-  > 0.01 - 0.02
-  > 0.02 - 0.03
-  > 0.03 - 0.05
-  > 0.05 - 0.10
-  > 0.10

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.13

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen

PM10

Emissionsverteilung PM10
Istzustand 2009

PM10 [mg/(m³s)]

- ≤ 0.01
- > 0.01 - 0.02
- > 0.02 - 0.03
- > 0.03 - 0.05
- > 0.05 - 0.10
- > 0.10

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.14

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen

PM2.5

Emissionsverteilung PM2.5
Istzustand 2009

PM2.5 [mg/(m*s)]

-  ≤ 0.005
-  > 0.005 - 0.01
-  > 0.01 - 0.02
-  > 0.02 - 0.03
-  > 0.03 - 0.05
-  > 0.05

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

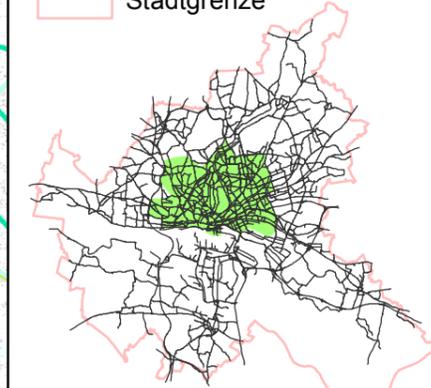
**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

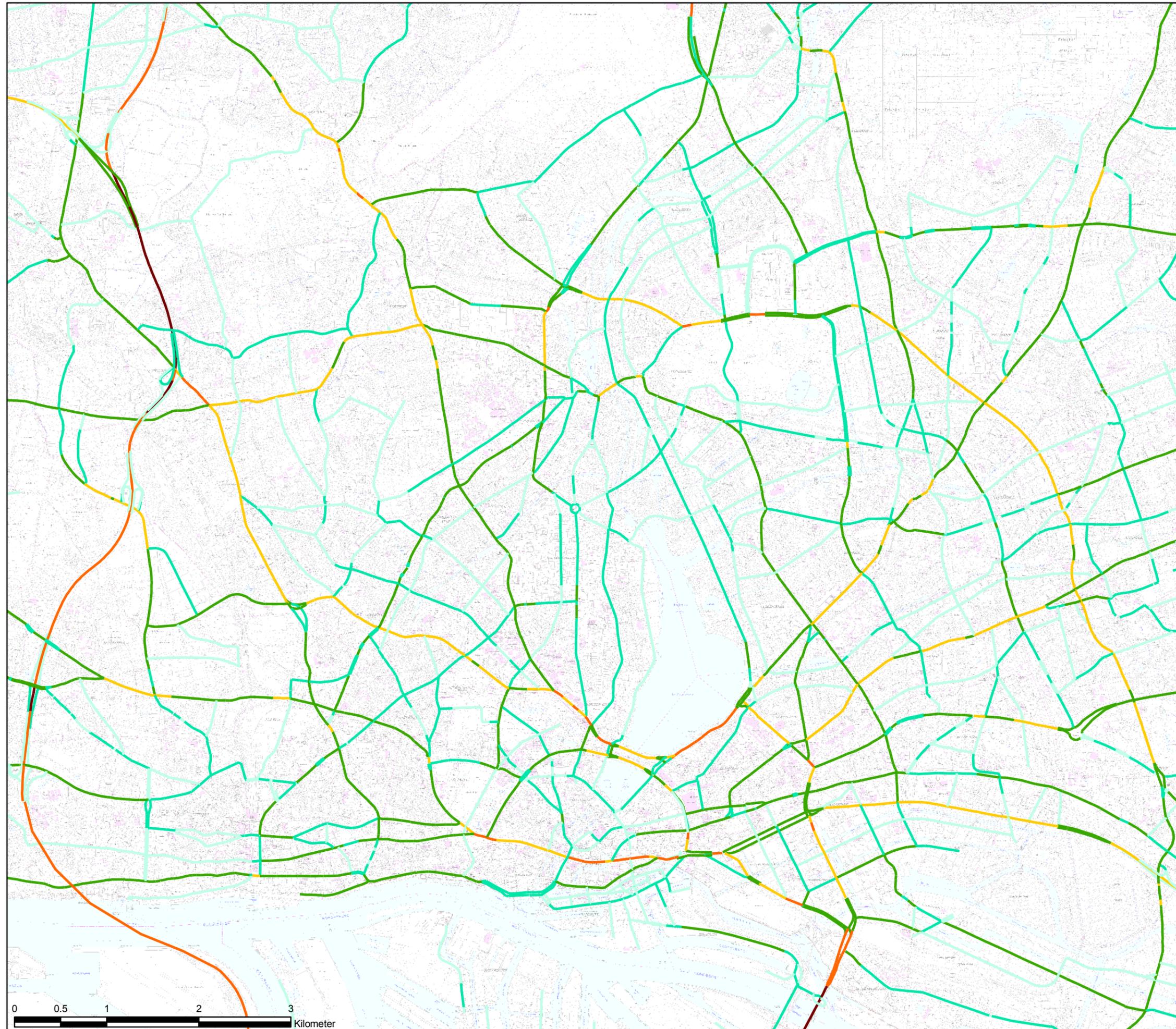
Abb. 5.15

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Emissionen

Ruß

Emissionsverteilung Ruß
Istzustand 2009

Ruß [mg/(m*s)]

-  ≤ 0.001
-  > 0.001 - 0.005
-  > 0.005 - 0.01
-  > 0.01 - 0.03
-  > 0.03 - 0.05
-  > 0.05

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
Projekt		70565-09-01	

Abb. 5.16

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen

Benzol

Emissionsverteilung Benzol
Istzustand 2009

Benzol [mg/(m³s)]

- ≤ 0.001
- > 0.001 - 0.002
- > 0.002 - 0.005
- > 0.005 - 0.010
- > 0.010 - 0.015
- > 0.015

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung Kfz-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.17

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.45 0.9 1.8 2.7
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen

Benzoapyren

Emissionsverteilung Benzoapyren
Istzustand 2009

Benzoapyren [$\mu\text{g}/(\text{m}^3\cdot\text{s})$]

- ≤ 0.0001
- $> 0.0001 - 0.0002$
- $> 0.0002 - 0.0003$
- $> 0.0003 - 0.0005$
- $> 0.0005 - 0.0010$
- > 0.0010

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.18

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen

CO₂

Emissionsverteilung CO₂
Istzustand 2009

CO₂ [mg/(m*s)]

- ≤ 40
- > 40 - 60
- > 60 - 80
- > 80 - 100
- > 100 - 200
- > 200

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. 5.19

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Emissionen Ultrafeine Partikel

Emissionsverteilung
ultrafeiner Partikel
Istzustand 2009

Ultrafeine Partikel

[Anzahl in Mrd/a]

- ≤ 2500
- > 2500 - 5000
- > 5000 - 10000
- > 10000 - 20000
- > 20000 - 30000
- > 30000

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung Kfz-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

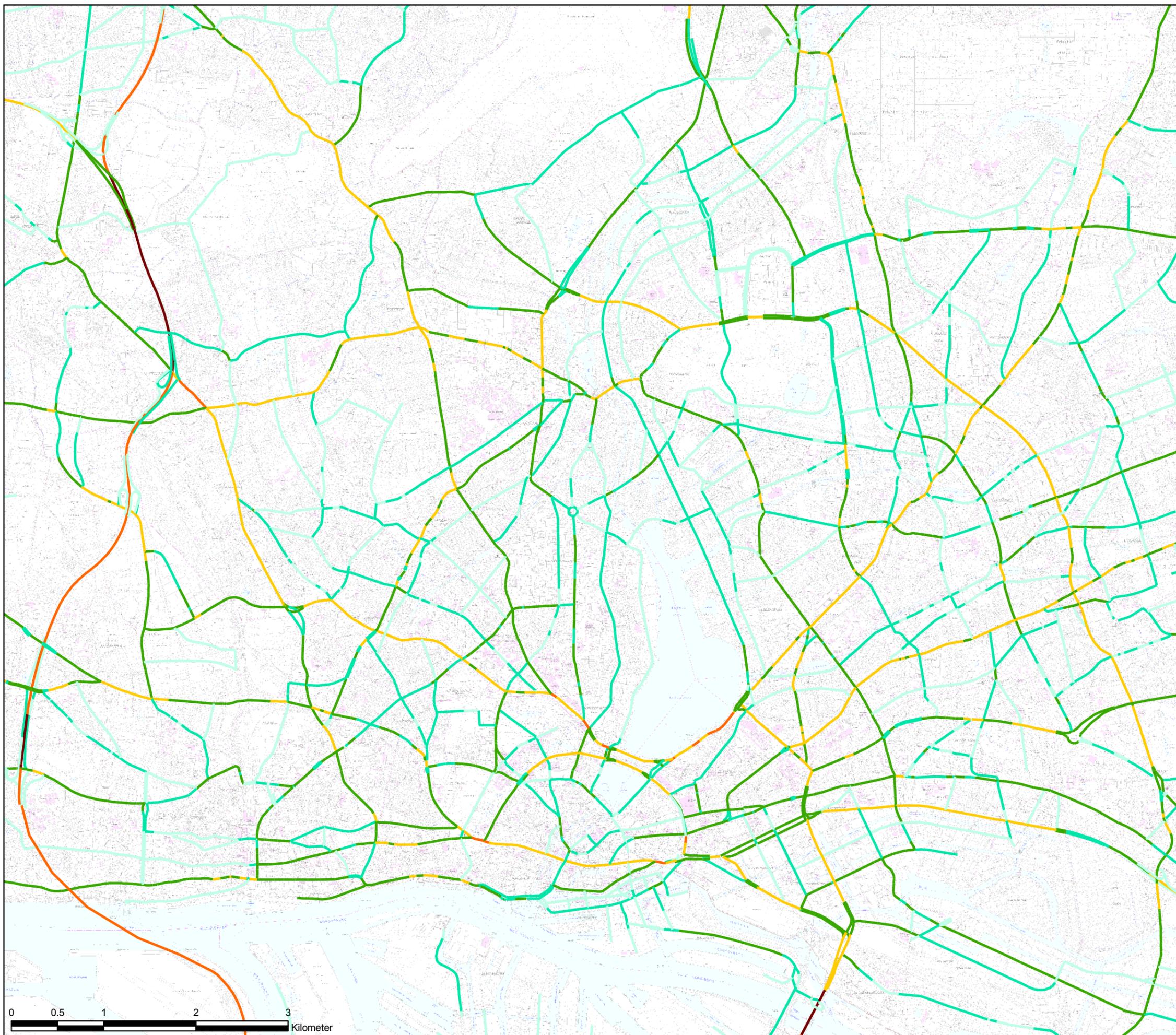
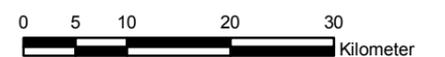
Abb. 5.20

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



5.3 Emissionsbilanzen

Es wurden die für die Hauptverkehrsstraßen berechneten Emissionen summiert. Für diese Berechnungen wurde das lagegenaue Straßennetz und die streckenbezogenen Verkehrsbelastungen verwendet, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden. Das gesamte Hauptverkehrsstraßennetz weist eine jährliche Fahrleistung von 8.9 Mrd. Kfzkm/a auf. Die Aufschlüsselung der jährlichen Fahrleistung auf die Verkehrsanteile PKW, LKW und Linienbusse ist aus **Tab. 5.12** zu entnehmen. Zusätzlich sind die gebietsbezogenen jährlichen Fahrleistungsanteile des Hamburger Hauptverkehrsstraßennetzes in **Tab. 5.13** aufgeführt.

	jährliche Fahrleistung [Mio. km/a]		Bereich Umweltzone	
Gesamtnetz	8 915	100%	1 939	100%
PKW	8 169	91.6%	1 862	96.0%
Linienbusse	55	0.6%	15	0.8%
LKW	690	7.7%	62	3.2%

Tab. 5.12: Jährliche Fahrleistungsanteile des Hamburger Hauptverkehrsstraßennetzes

	jährliche Fahrleistung [Mio. km/a]	Anteil
Gesamtnetz	8 915	100%
Umweltzone	1 939	22%
Autobahnen	2 028	23%
restliches Stadtgebiet	4 947	55%

Tab. 5.13: Gebietsbezogene Auswertung der jährlichen Fahrleistungsanteile des Hamburger Hauptverkehrsstraßennetzes der Bereich der Umweltzone, der Autobahnen und dem restlichen Stadtgebiet.

Die Emissionsbilanz für das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz ist in **Tab. 5.14** und nur für den Bereich der Umweltzone in **Tab. 5.15** aufgeführt.

In der **Tab. 5.14** sind zusätzlich die Emissionsbilanzen im Bezugsjahr 2009 inklusive der Nebenstraßen aufgeführt. Es wurde dabei davon ausgegangen, dass der Anteil des Nebenstraßennetzes an der jährlichen Fahrleistung bei 5 % liegt.

		Istzustand2009		Nullfall 2011	Umwelt- zone 2011	Minder- ung zum Nullfall *	Verkehrs- reduzier- ung 2011	Minder- ung zum Nullfall
		ohne	mit					
		Nebenstraßennetz						
NO_x [t/a]	Ges.	6 918	7 264	6 151	5 728	-6.9%	6 004	-2.4%
	PKW	3 245	3 408	2 973	2 785	-6.3%	-	-
	LKW	3 101	3 256	2 686	2 469	-8.1%	-	-
	LBus	572	600	493	475	-3.6%	-	-
direktes NO₂ [t/a]	Ges.	1 097	1 152	1 078	1 076	-0.3%	1 043	-3.3%
	PKW	721	757	736	739	0.4%	-	-
	LKW	253	266	233	226	-2.8%	-	-
	LBus	123	130	109	111	1.0%	-	-
PM10 [t/a]	Ges.	724	761	677	620	-8.4%	656	-3.1%
	Motor Ges.	225	236	177	121	-32.0%	171	-3.5%
	PKW	433	454	405	365	-9.9%	-	-
	LKW	262	275	244	229	-6.3%	-	-
	LBus	30	31	27	26	-4.3%	-	-
PM2.5 [t/a]	Ges.	393	412	349	298	-14.6%	336	-3.6%
	PKW	273	286	248	213	-14.2%	-	-
	LKW	109	114	92	78	-15.8%	-	-
	LBus	11	12	9	8	-12.3%	-	-
Ruß [t/a]	Ges.	162	170	137	111	-19.3%	-	-
	PKW	91	96	81	67	-17.4%	-	-
	LKW	64	67	51	39	-22.7%	-	-
	LBus	7	7	5	4	-16.9%	-	-
Ultra feine Partikel [Anzahl/a]	Ges.	2.12E+08	2.23E+08	1.74E+08	1.30E+08	-25.3%	-	-
	PKW	1.45E+08	1.52E+08	1.22E+08	8.69E+07	-28.7%	-	-
	LKW	6.21E+07	6.52E+07	4.89E+07	3.99E+07	-18.4%	-	-
	LBus	5.04E+06	5.29E+06	3.59E+06	3.36E+06	-6.3%	-	-
Benzol [t/a]	Ges.	142.5	150				-	-
	PKW	140.0	147	-	-	-	-	-
	LKW	2.3	2.4	-	-	-	-	-
	LBus	0.3	0.3	-	-	-	-	-
CO₂ [kt/a]	Ges.	2 195	2 304	-	-	-	-	-
	PKW	1 688	1 773	-	-	-	-	-
	LKW	438	460	-	-	-	-	-
	LBus	68	72	-	-	-	-	-

		Istzustand2009		Nullfall 2011	Umwelt- zone 2011	Minder- ung zum Nullfall *	Verkehrs- reduzier- ung 2011	Minder- ung zum Nullfall
		ohne	mit					
		Nebenstraßennetz						
Bezo(a)- pyren [g/a]	Ges.	9 993	10 492	-	-	-	-	-
	PKW	8 639	9 071	-	-	-	-	-
	LKW	1 252	1 315	-	-	-	-	-
	LBus	101	106	-	-	-	-	-

* Minderungen wurden mit ungerundeten Emissionswerten berechnet.

Tab. 5.14: Emissionsbilanz der unterschiedlichen Szenarien für das gesamte betrachtete Hauptverkehrsstraßennetz (für den Istzustand 2009 auch inklusive Nebenstraßennetz) inklusive der Anteile der Verkehrsgruppen PKW (PKW, Leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder), LKW (LKW und Reisebusse) sowie Linienbusse

In den **Tab. 5.14** und **Tab. 5.15** sind die Anteile der Verkehrsgruppen PKW (inklusive PKW, Leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder), LKW (inklusive LKW und Reisebusse) sowie Linienbusse an der Emissionsgesamtbilanz aufgeführt. Für NO_x liegt z. B. die Emissionssumme für den Nullfall 2011 bei 6 151 t/a. Der Anteil für PKW liegt hier bei 2 973 t/a (48 %), für LKW bei 2 686 t/a (44 %) und für Linienbusse bei 493 t/a (8 %).

Vergleicht man die Emissionen der einzelnen Szenarien untereinander, wird deutlich, dass die Emissionen in der Reihenfolge Istzustand 2009, Nullfall 2011, Umweltzone 2011 sinken (siehe **Tab. 5.14**, **Tab. 5.15** und **Abb. 5.21**). Die Emissionen im Szenario PKW-Verkehrsreduzierung sind, außer beim direkten NO₂, bezogen auf das gesamte Hauptverkehrsstraßennetz höher als im Szenario Umweltzone (siehe **Tab. 5.14** und **Abb. 5.22**), bezogen auf den Bereich der Umweltzone jedoch, außer den motorbedingten Partikeln, niedriger als im Szenario Umweltzone (siehe **Tab. 5.15** und **Abb. 5.23**).

In **Abb. 5.21** sind die Anteile der Verkehrsgruppen innerhalb der Umweltzone graphisch dargestellt. Der Anteil der NO₂-Direktemissionen an den NO_x-Gesamtemissionen liegt für den Nullfall 2011 mit 1 078 t/a bei 18 %. Dieses Verhältnis bleibt bei allen betrachteten Szenarien in etwa gleich (siehe auch **Abb. 5.22** und **Abb. 5.23**).

Die durch die Einführung der Umweltzone bewirkten Minderungen liegen innerhalb der Umweltzone für NO_x bei 8 %. Die Minderung des motorbedingten PM10-Anteiles liegt mit 51 % erwartungsgemäß hoch, da die Plakettenregelung insbesondere auf den motorbedingten PM10-Anteil abzielt. Da die PM10-Emissionen für Abrieb und Aufwirbelung nicht durch die Umweltzonenregelung reduziert werden, ist die Minderung für PM10-Gesamt mit 14 % deutlich geringer (siehe auch **Abb. 5.24**).

		Istzustand 2009	Nullfall 2011	Umwelt- zone 2011	Minder- ung zum Nullfall *	Verkehrs- reduzier- ung 2011	Minder- ung zum Nullfall
NO_x [t/a]	Ges.	1 381	1 266	1 164	-8.1 %	1 119	-11.6 %
	PKW	801	733	661	-9.9 %	-	-
	LKW	407	384	359	-6.3 %	-	-
	LBus	173	149	144	-3.5 %	-	-
direktes NO₂ [t/a]	Ges.	243	241	240	-0.6 %	206	-14.6 %
	PKW	174	177	174	-1.4 %	-	-
	LKW	32	32	32	2.1 %	-	-
	LBus	37	33	34	1.1 %	-	-
PM10 [t/a]	Ges.	156	146	126	-13.9 %	125	-14.4 %
	Motor Ges.	49	39	19	-51.4 %	33	-15.6 %
	PKW	112	105	90	-14.9 %	-	-
	LKW	36	33	29	-12.9 %	-	-
	LBus	8	8	7	-4.7 %	-	-
PM2.5 [t/a]	Ges.	86	78	60	-23.0 %	65	-16.2 %
	PKW	69	63	49	-21.6 %	-	-
	LKW	14	12	8	-32.4 %	-	-
	LBus	3	3	2	-13.0 %	-	-
Ruß [t/a]	Ges.	35	31	22	-29.1 %	-	-
	PKW	24	21	16	-25.4 %	-	-
	LKW	9	8	5	-41.6 %	-	-
	LBus	2	2	1	-17.6 %	-	-
Ultra feine Partikel [Anzahl/a]	Ges.	4.77E+07	3.97E+07	2.20E+07	-44.6 %	-	-
	PKW	3.81E+07	3.19E+07	1.72E+07	-46.2 %	-	-
	LKW	8.17E+06	6.74E+06	3.85E+06	-42.9 %	-	-
	LBus	1.48E+06	1.06E+06	9.90E+05	-6.3 %	-	-
Benzol [t/a]	Ges.	40.5	-	-	-	-	-
	PKW	40.0	-	-	-	-	-
	LKW	0.3	-	-	-	-	-
	LBus	0.1	-	-	-	-	-
CO₂ [kt/a]	Ges.	521 741	-	-	-	-	-
	PKW	453 247	-	-	-	-	-
	LKW	47 800	-	-	-	-	-
	LBus	20 694	-	-	-	-	-
Benzo- (a)pyren [g/a]	Ges.	2.4	-	-	-	-	-
	PKW	2.2	-	-	-	-	-
	LKW	0.1	-	-	-	-	-
	LBus	0.0	-	-	-	-	-

* Minderungen wurden mit ungerundeten Emissionswerten berechnet.

Tab. 5.15: Emissionsbilanzen der unterschiedlichen Szenarien für das Gebiet der Umweltzone inklusive der Anteile der Verkehrsgruppen PKW (PKW, Leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder), LKW (LKW und Reisebusse) sowie Linienbusse

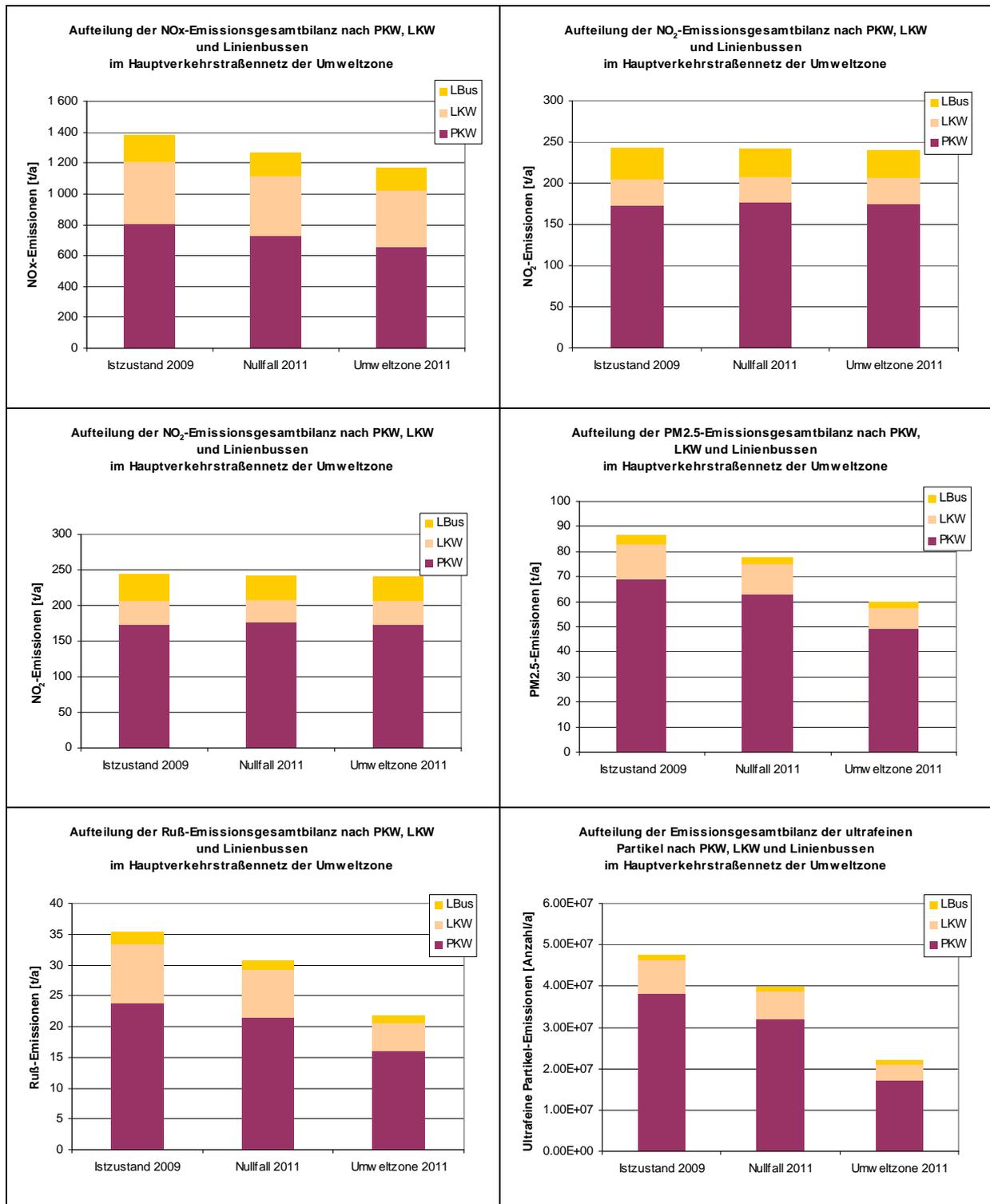


Abb. 5.21: Aufteilung der Emissionsbilanz für NO_x, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, Ruß und ultrafeine Partikel getrennt nach PKW, LKW und Linienbusse (LBus) im Hauptverkehrsstraßennetz der Umweltzone

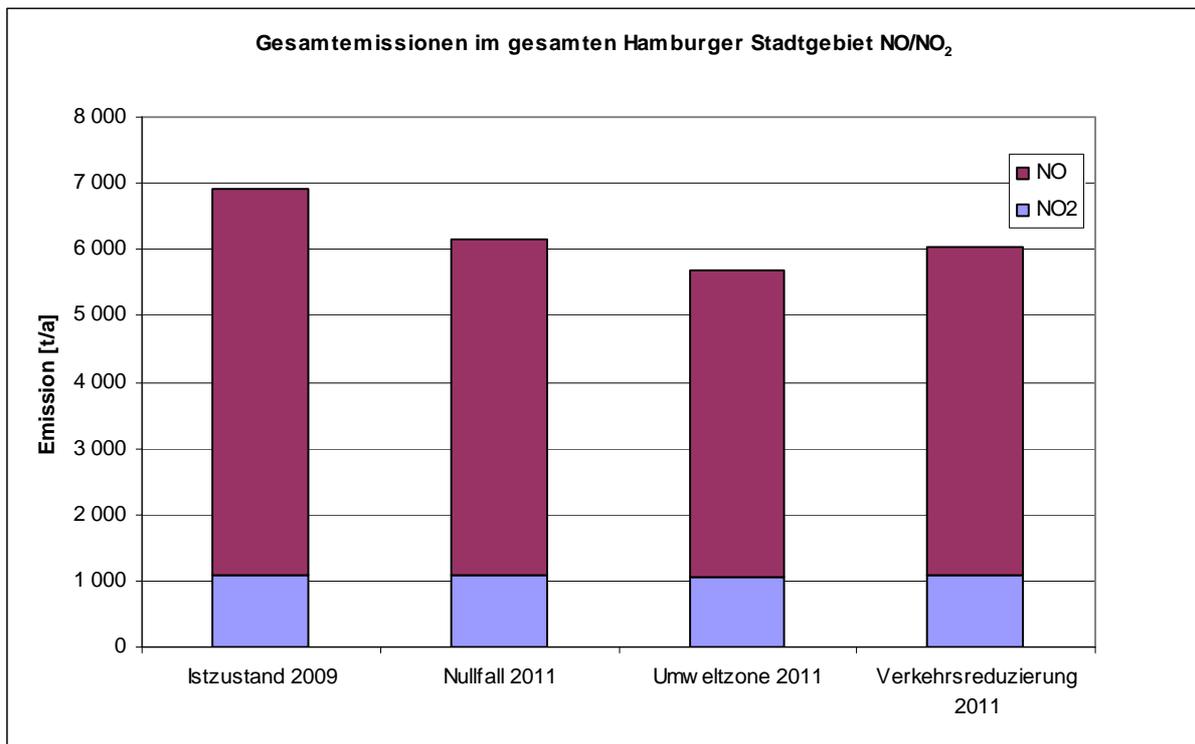


Abb. 5.22: Vergleich der Emissionsbilanzen für NO/NO₂ der unterschiedlichen Szenarien für das gesamte Hamburger Hauptstraßenverkehrsnetz

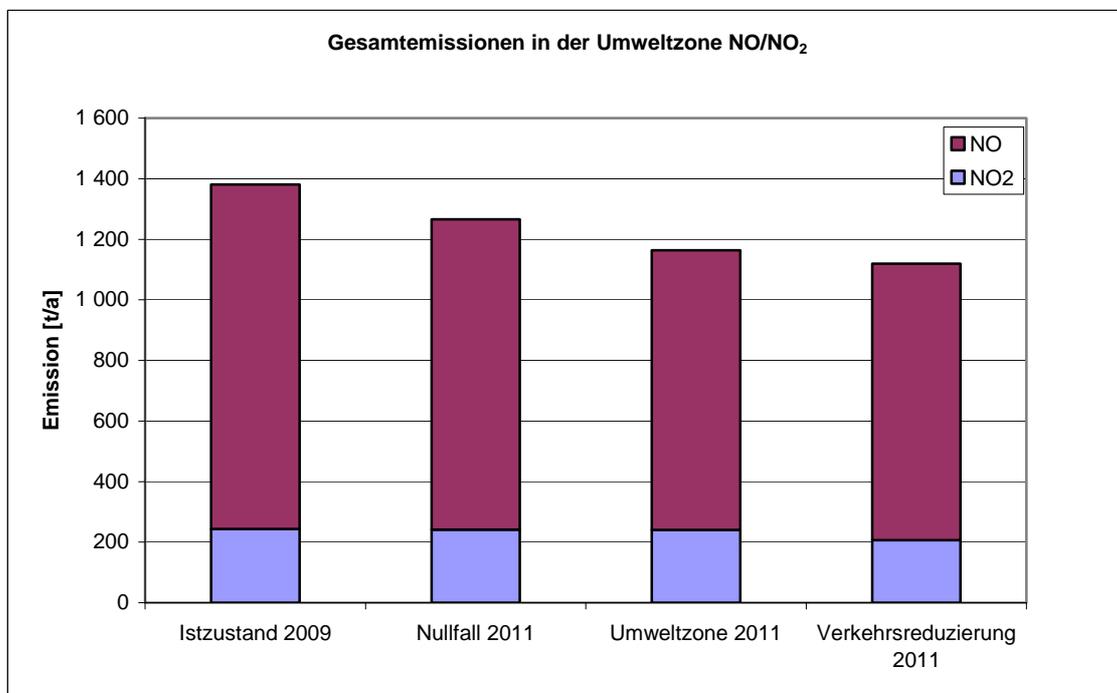


Abb. 5.23: Vergleich der Emissionsbilanzen für NO/NO₂ der unterschiedlichen Szenarien für das Gebiet der Umweltzone

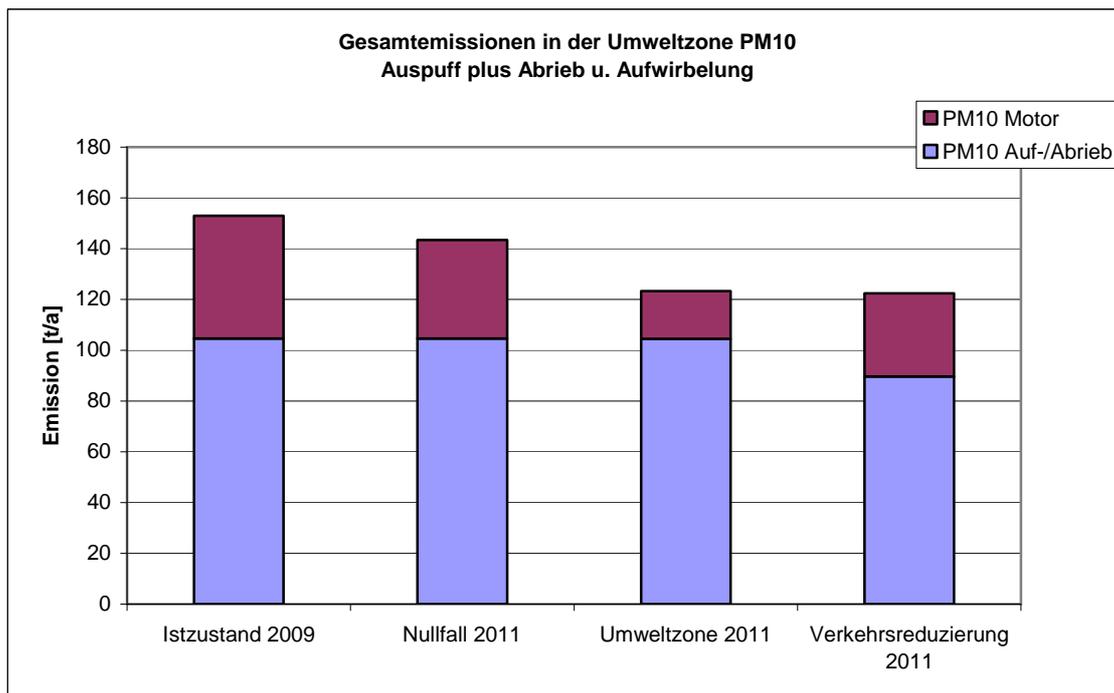


Abb. 5.24: Vergleich der Emissionsbilanzen für PM10 der unterschiedlichen Szenarien für das Gebiet der Umweltzone

Für die Betrachtungsfälle Nullfall und Umweltzone wurden die NO_x-Emissionen (siehe **Tab. 5.16**) und Anteile der NO_x-Emissionen und jährlichen Fahrleistung (siehe **Abb. 5.25**) getrennt nach Diesel- und Ottomotoren ausgewertet. Die NO_x-Emissionen werde zum größten Teil von Dieselfahrzeugen verursacht. Die durch die Einführung der Umweltzone zu erwartenden Minderungen liegen bei der Betrachtung des gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetzes und dem Bereich der Umweltzone mit -4 % bis -8 % in gleicher Größenordnung (siehe **Tab. 5.16**).

		Gesamtes Stadtgebiet			Im Bereich Umweltzone		
		Nullfall 2011	Umweltzone 2011	Minderung zum Nullfall	Nullfall 2011	Umweltzone 2011	Minderung zum Nullfall
NO _x Benzin	[t/a]	956	916	-4 %	256	237	-7 %
NO _x Diesel	[t/a]	5 194	4 812	-7 %	1 010	926	-8 %

Tab. 5.16: NO_x-Gesamtemissionen getrennt nach Diesel- und Ottofahrzeugen für den Nullfall und die Umweltzone im gesamten betrachteten Hauptverkehrsstraßennetz und im Gebiet der Umweltzone

Es kann festgestellt werden, das die Dieselfahrzeuge die Hauptverursacher der NO_x-Emissionen sind, obwohl die Dieselfahrzeuge im Hamburger Hauptstraßennetz eine geringere

jährliche Fahrleistung stellen. Während die NO_x-Emissionen zu 84 % im gesamten betrachteten Straßennetz bzw. 80 % im Gebiet der Umweltzone von Dieselfahrzeugen verursacht werden, liegt der jährliche Fahrleistungsanteil der Dieselfahrzeuge nur bei 48 % bzw. 46 % (siehe **Abb. 5.25**).

Der Diesel-NO_x-Anteil liegt für das gesamte Streckennetz etwas höher als in der Umweltzone, da im Gesamtnetz die Autobahnen auf denen ein höherer Anteil an Dieselfahrzeugen angenommen wird, einen höheren Anteil der Fahrleistung ausmachen als im Gebiet der Umweltzone.

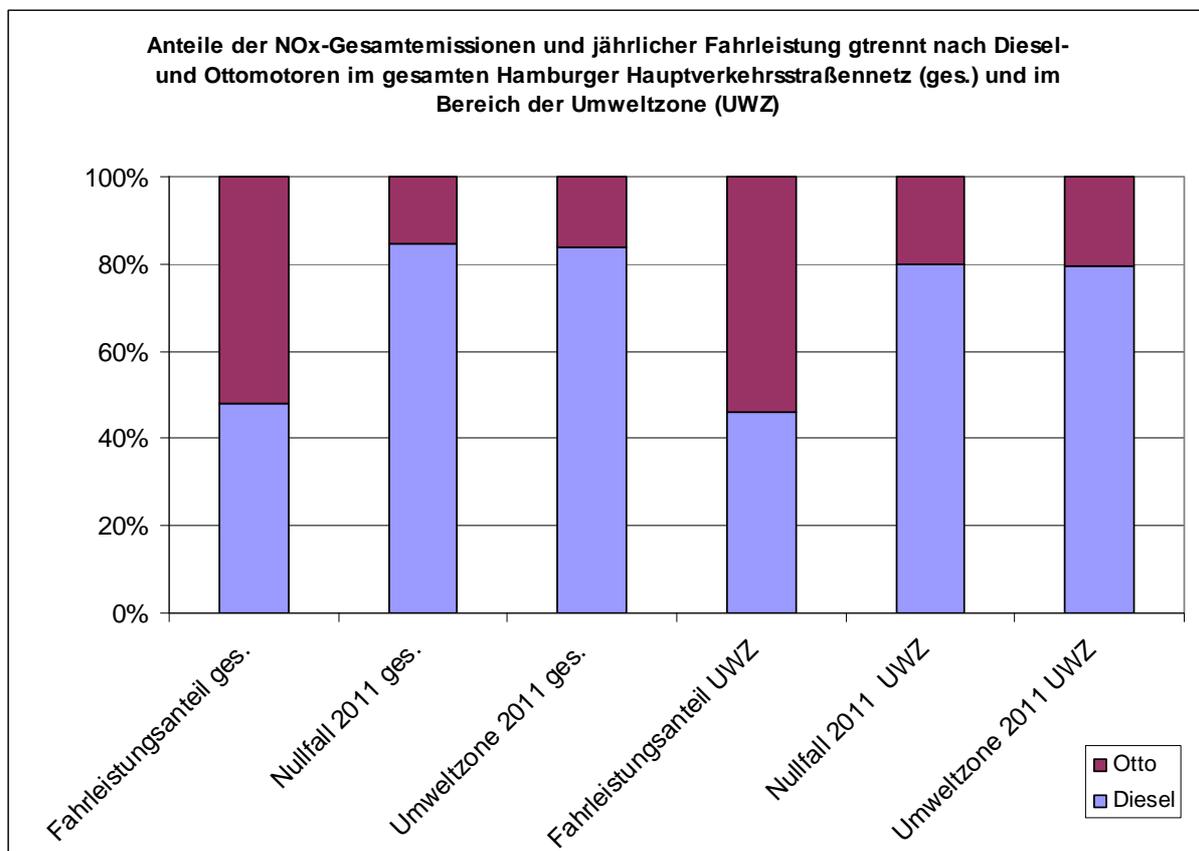


Abb. 5.25: Anteile der NO_x-Gesamtemissionen und jährlicher Fahrleistung getrennt nach Diesel- und Ottomotoren im gesamten Hauptverkehrsstraßenetz Hamburg (ges) und im Bereich der Umweltzone (UWZ)

6 IMMISSIONEN

6.1 Vergleich Modellrechnung und Messung an Straßenabschnitten mit Messstationen

Die Rechenergebnisse wurden mit Messdaten an verkehrsbeeinflussten Messstation des Hamburger Messnetzes verglichen. In **Tab. 6.1** sind die Messwerte den Rechenergebnissen gegenübergestellt.

	Station	Rechenwert 2009 [µg/m³]	Messwert 2008/2009 [µg/m³]	Abweichung Rechenwert zu Messwert
NO ₂ -Jahresmittelwert	Kieler Straße	61	55/54	11 %/13 %
	Max-Brauer-Allee II	60	71/71	-15 %/-15 %
	Stresemannstraße	66	65/63	2 %/5 %
	Habichtstraße	66	64/63	3 %/5 %
PM10-Jahresmittelwert	Max-Brauer-Allee II	30	27/26	11 %/15 %
	Stresemannstraße	34	23/23	48 %/48 %
	Habichtstraße	32	30/30	7 %/7 %

Tab. 6.1: Vergleich Jahresmittelwerte Rechnung und Messung für das Bezugsjahr 2009

Die Übereinstimmung zwischen NO₂-Rechenwerten und Messwerten mit einer Abweichung zwischen -15 % und +13 % kann als gut bezeichnet werden. Die Abweichungen der Rechenwerte vom Messwert der PM10-Jahresmittelwerte liegen je nach Bezugsjahr zwischen +7 % und +15 %, in der Stresemannstraße bei +48 %. Diese erhöhte Abweichung wird auf Unsicherheiten der Emissionsberechnung des Aufwirbelung/Abrieb-Anteils bei PM10 und auf meteorologische Einflüsse zurückgeführt.

Hinweis: An der Messstelle Max-Brauer-Allee II ist beim NO₂ tendenziell eine Unterschätzung der Modellrechnungen im Vergleich zur Messung zu beobachten. Hier steht die Messstelle auf dem Mittelstreifen der Straße, das eingesetzte Screeningmodell weist die an der Gebädefassade zu erwartende Konzentration aus. Mess- und Rechenwert sind damit nicht direkt vergleichbar.

In **Tab. 6.2** sind die berechneten Jahresmittelwerte für NO₂ und PM10 an den verkehrsbeeinflussten Messstellen des Hamburger Messnetzes aufgeführt. Durch die Einführung der Um-

weltzone wird eine Minderung des NO₂-Jahresmittelwertes gegenüber dem Nullfall 2011 von max. 3 % in der Habichtstraße ermittelt. Im Szenario Verkehrsreduzierung sinken die NO₂-Jahresmittelwerte um 3 bis 6%. In allen Betrachtungsfällen wird der NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 µg/m³ überschritten. Außer an den Messstellen in der Kieler Straße und Max-Brauer-Allee II liegen die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte im Betrachtungsfall Umweltzone über 60 µg/m³. An den betrachteten Messstellen zeigt das Szenario Umweltzone ein geringeres Minderungspotenzial als das Szenario Verkehrsreduzierung.

		Istzu-stand 2009	Null-fall 2011	Minde- rung zum Istzustand	Umwelt- zone 2011	Minde- rung zum Null- fall	Verkehrs- reduzie-rung 2011	Minde-rung zum Nullfall
		[µg/m ³]	[µg/m ³]		[µg/m ³]		[µg/m ³]	
NO ₂ -Jahres- mittelwert	Kieler Straße	61	60	2 %	60	0%	58	-3 %
	Max-Brauer-Allee II	60	59	2 %	58	-2%	56	-5 %
	Stresemannstraße	66	64	3 %	64	0%	62	-3 %
	Habichtstraße	66	65	2 %	63	-3%	61	-6 %
PM10-Jahres- mittelwert	Kieler Straße	29	28	4 %	27	-4%	27	-4 %
	Max-Brauer-Allee II	30	29	3 %	28	-3%	28	-3 %
	Stresemannstraße	34	34	0 %	33	-3%	32	-6 %
	Habichtstraße	32	32	0 %	30	-6%	30	-6 %

Tab. 6.2: Berechnete Jahresmittelwerte an den verkehrsbeeinflussten Messstellen des Hamburger Messnetzes für NO₂ und PM10 für alle Betrachtungsfälle

Der PM10-Jahresmittelwert reduziert sich an den Messstationen der Max-Brauer-Allee II, Stresemannstraße und Habichtstraße im Betrachtungsfall Umweltzone 2011 zum Nullfall 2011 um 3 - 6 %. Mit berechneten PM10-Jahresmittelwerten unter 31 µg/m³ werden im Szenario Umweltzone keine Überschreitungen des PM10-Jahresgrenzwertes und auch nicht des PM10-Tagesgrenzwertes erwartet. Dies gilt auch für das Szenario Verkehrsreduzierung. In der Stresemannstraße sind allerdings in beiden Szenarien in meteorologisch ungünstigen Jahren Überschreitungen des PM10-Tagesgrenzwertes möglich.

Im Ergebnis kann festgestellt werden, dass die Einführung einer Umweltzone zu Minderungen bei allen Luftschadstoffen führen kann. Die Minderungspotenziale im Szenario Verkehrsreduktion sind größer als im Szenario Umweltzone.

6.2 Zusammensetzung der NO₂-Konzentrationen an ausgewählten Straßenabschnitten

Die Beiträge der berechneten Gesamtbelastung teilen sich in die städtische Hintergrundbelastung und den Verkehrsanteil. Der Verkehrsanteil gliedert sich in Anteile der Beiträge von PKW, LKW und Linienbusse. In der **Abb. 6.1** sind die Beiträge der städtischen Hintergrundbelastung und der Verkehrsbeiträge dargestellt.

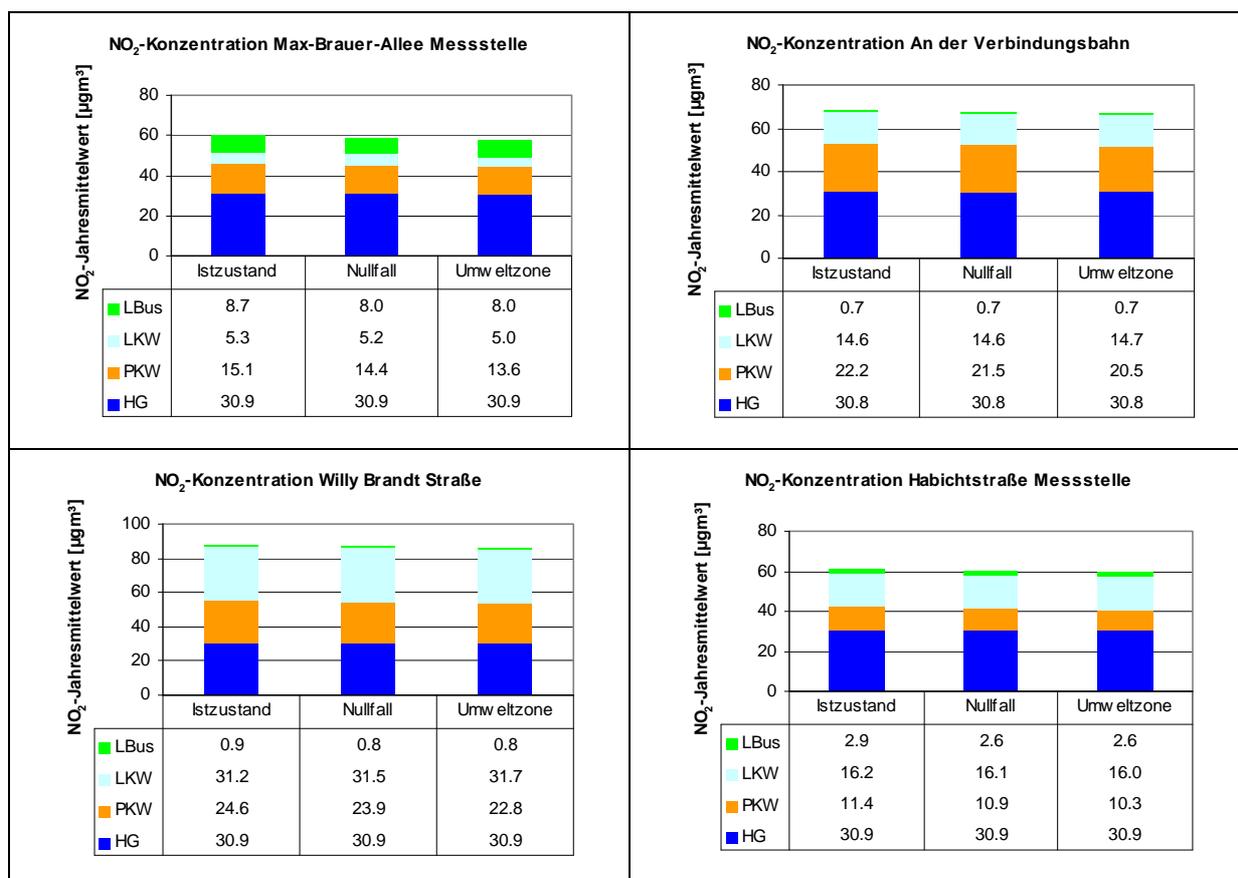


Abb. 6.1: Zusammensetzung der NO₂-Konzentrationen an ausgewählten Straßenabschnitten
 PKW = PKW, leichte Nutzfahrzeuge und Motorräder
 LKW = LKW, schwere Nutzfahrzeuge und Reisebusse
 LBus = Linienbusse
 HG = Hintergrundbelastung

Bei den hier betrachteten Abschnitten bildet die städtische Hintergrundbelastung mit ca. 35 - 55 % den größten Anteil. Bei hohen Gesamtbelastungen steigt der Verkehrsanteil, da die städtische Hintergrundbelastung im Innenstadtbereich gleich ist und die Zusatzbelastungen unter anderem durch das unterschiedliche Verkehrsaufkommen beeinflusst wird. Der Anteil der PKW variiert zwischen 17 % und 33 %, der Anteil der LKW zwischen 5 und 32 % und der

Anteil der Linienbusse zwischen 1 und 15 %. Die Anteile entsprechen den auf den jeweiligen Straßenabschnitten fahrenden Fahrzeugkategorien und können daher stark variieren. An den vier betrachteten Abschnitten dominieren außer an der Willy-Brandt-Straße, wo der LKW-Anteil am größten ist, der von den PKW (inkl. der LNF + Motorräder) verursachte Anteil der NO₂-Zusatzbelastung.

6.3 Konzentrationen am Hauptstraßennetz Hamburg

In **Tab. 6.3** und **Tab. 6.4** sind die jahresmittleren Gesamtbelastungen, statistisch für das gesamte und das sich in der Umweltzone befindliche Hamburger Hauptstraßennetz ausgewertet, aufgeführt.

Die berechneten Konzentrationen für die Schadstoffe NO₂, PM10, PM2.5 und Ruß sind graphisch im Anhang A4 in **Abb. A4.1** bis **Abb. A4.9** und **Abb. A4.27** dargestellt. Die durch die Einführung der Umweltzone im Vergleich zum Nullfall zu erwartenden Minderungen sind absolut und prozentual in **Abb. A4.17** bis **Abb. A4.26** streckenfein dargestellt.

		NO ₂	PM10	PM2.5	Ruß
Jahresmittlere Gesamtbelastung [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Istzustand 2009	Min	19	21	17	2
	Max	94	48	31	8
Nullfall 2011	Min	19	21	17	2
	Max	91	47	29	7
Umweltzone 2011	Min	18	21	17	2
	Max	90	45	27	6
Verkehrsreduzierung 2011	Min	19	21	-	-
	Max	91	47	-	-

	NO ₂	PM10	PM2.5	Ruß
Minderung der Umweltzone zum Nullfall 2011 absolut [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
Max	-1.9	-3.3	-3.0	-1.7
Min	0.1	-0.1	-0.1	0.0
Durchschnitt (abschnittsbezogen)	-0.6	-0.7	-0.6	-0.3
Minderung > 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abschnitte)	183	802	-	-
Minderung der Umweltzone zum Nullfall 2011 relativ [%]				
Max	-3.1	-9.0	-10.9	-23.9
Min	-0.1	-0.4	-0.6	0.0
Durchschnitt (abschnittsbezogen)	-1.3	-2.6	-3.1	-8.7
Minderung Verkehrsreduzierung zum Nullfall 2011 absolut [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
Max	-6.8	-2.7	-2.0	-
Min	0.0	0.0	0.0	-
Durchschnitt (abschnittsbezogen)	-1.6	-0.7	-0.4	-
Minderung > 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abschnitte)	2653	512	-	-
Minderung Verkehrsreduzierung zum Nullfall 2011 relativ [%]				
Max	-8.3	-7.3	-7.3	-
Min	0.0	-0.4	0.0	-
Durchschnitt (abschnittsbezogen)	-3.1	-2.4	-2.0	-

Tab. 6.3: Abschnittsbezogene statistische Auswertung der berechneten Jahresmittelwerte auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz

Zusätzlich wurden für 25 Straßenabschnitte die berechneten Konzentrationen für NO₂, PM10 und PM2.5 im Istzustand, Nullfall und Umweltzone sowie Minderungen durch die Einführung der Umweltzone im Vergleich zum Nullfall in **Tab. 6.5** aufgeführt.

Stickstoffdioxid NO₂

Der NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird in weiten Teilen der Innenstadt von Hamburg in allen betrachteten Szenarien überschritten (siehe **Abb. A4.1** bis **Abb. A4.5**). Dies gilt auch für den Kurzzeitgrenzwert für NO₂ bei dem der Stundenmittelwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 18 mal im Jahr überschritten werden darf.

		NO ₂	PM10	PM2.5	Ruß
Jahresmittlere Gesamtbelastung [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Istzustand 2009	Min	34	22	17	3
	Max	88	42	29	8
Nullfall 2011	Min	33	22	17	3
	Max	87	41	28	7
Umweltzone 2011	Min	33	22	17	2
	Max	86	39	25	5
Verkehrsreduzierung 2011	Min	33	22	17	-
	Max	82	38	26	-
Minderung der Umweltzone zum Nullfall 2011 absolut [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Max		-1.9	-3.3	-3.0	-1.7
Min		-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
Durchschnitt		-0.8	-0.9	-0.8	-0.4
Minderung > 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abschnitte)		179	767	-	-
Minderung der Umweltzone zum Nullfall 2011 relativ [%]					
Max		-3.1	-9.0	-10.9	-23.9
Min		-0.7	-0.9	-1.1	-3.6
Durchschnitt		-1.5	-3.3	-4.0	-11.1
Minderung Verkehrsreduzierung zum Nullfall 2011 absolut [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]					
Max		-6.8	-2.7	-0.5	-
Min		-0.1	-0.1	-0.1	-
Durchschnitt		-2.1	-0.9	-0.5	-
Minderung > 1.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abschnitte)		2644	509	-	-
Minderung Verkehrsreduzierung zum Nullfall 2011 relativ [%]					
Max		-8.3	-7.3	-7.3	-
Min		-0.2	-0.4	-0.4	-
Durchschnitt		-4.0	-3.2	-2.7	-

Tab. 6.4: Abschnittsbezogene statistische Auswertung der berechneten Jahresmittelwerte auf dem sich in der Umweltzone befindlichen Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz

Die berechneten Konzentrationen für den NO₂-Jahresmittelwert liegen im Nullfall zwischen 19 und 91 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 18 und 90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz (siehe **Tab. 6.3**). Bezogen auf den Bereich der Umweltzone liegen die berechneten NO₂-Jahresmittelwerte im Nullfall zwischen 33 und 87 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 33 und 86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone (siehe **Tab. 6.4**). Die Minderungen, die durch die Einführung der Umweltzone zu erwarten sind, liegen für die jahresmittlere NO₂-Gesamtbelastung maximal bei 3 %.

PM10

Der PM10-Jahresmittelgrenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird in wenigen Straßenabschnitten in der Innenstadt von Hamburg in allen betrachteten Szenarien überschritten (siehe **Abb. A4.6** bis **Abb. A4.10**). Der Kurzzeitgrenzwert für PM10, bei dem der Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht öfter als 35 mal im Jahr überschritten werden darf, wird an stark befahrenen Straßenabschnitten der Innenstadt in allen Szenarien überschritten. Die Wahrscheinlichkeit, dass dieser Tageskurzzeitgrenzwert überschritten wird liegt bei ca. 50 %, wenn ein PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht ist.

Die berechneten Konzentrationen für den PM10-Jahresmittelwert liegen im Nullfall zwischen 21 und $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 21 und $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz (siehe **Tab. 6.3**). Bezogen auf den Bereich der Umweltzone liegen die berechneten PM10-Jahresmittelwerte im Nullfall zwischen 22 und $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 22 und $39 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone (siehe **Tab. 6.4**). Die Minderungen, die durch die Einführung der Umweltzone zu erwarten sind, liegen für die jahresmittlere PM10-Gesamtbelastung maximal bei 9 %.

PM2.5

Der ab 2015 einzuhaltende PM2.5-Jahresmittelgrenzwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ kann durch die Einführung der Umweltzone zwar nicht in allen Bereichen des betrachteten Hamburger Straßennetzes jedoch aber im Bereich der Umweltzone eingehalten werden (siehe **Abb. A4.11** bis **Abb. A4.13** und **Abb. A4.27**). Ein Jahresmittelwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= zukünftiger Zielwert) wird in allen Betrachtungsfällen in weiten Teilen des Innenstadtbereiches überschritten.

Die berechneten Konzentrationen für den PM2.5-Jahresmittelwert liegen im Nullfall zwischen 17 und $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 17 und $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz (siehe **Tab. 6.3**). Bezogen auf den Bereich der Umweltzone liegen die berechneten PM2.5-Jahresmittelwerte im Nullfall zwischen 17 und $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 17 und $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone (siehe **Tab. 6.4**). Die Minderungen, die durch die Einführung der Umweltzone zu erwarten sind, liegen für die jahresmittlere PM2.5-Gesamtbelastung maximal bei 11 %.

	Istzustand 2009					Nullfall 2011					Umweltzone 2011					Minderung Null zu Umweltzone					
	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂		PM10		PM2.5	
Straßenname	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW		JMW		JMW	
Julius-Vosseler-Straße	47.7	152.6	26.4	21	19.8	46.7	149.4	26.0	20	19.4	45.7	146.2	25.2	17	18.7	-1.0	-2%	-0.8	-3%	-0.7	-4%
Braamkamp	66.9	214.1	32.6	44	24.5	66.1	211.5	31.7	40	23.7	64.9	207.7	29.6	31	21.8	-1.2	-2%	-2.1	-7%	-1.9	-8%
B 5 Gärtnerstraße	65.7	210.2	30.2	34	22.8	64.3	205.8	29.5	31	22.1	63.3	202.6	27.9	25	20.7	-1.0	-2%	-1.6	-5%	-1.4	-6%
Max-Brauer-Allee, Messst.	60.1	192.3	29.9	33	20.9	58.5	187.2	29.3	30	20.4	57.5	184.0	28.3	27	19.5	-1.0	-2%	-1.0	-3%	-0.9	-4%
Stresemannstraße, Messst.	65.6	209.9	34.3	52	21.2	64.3	205.8	33.8	49	20.7	63.6	203.5	32.8	45	19.9	-0.7	-1%	-1.0	-3%	-0.8	-4%
Kieler Straße, Messst.	61.4	196.5	28.8	29	21.2	60.4	193.3	28.1	26	20.6	59.7	191.0	26.8	22	19.4	-0.7	-1%	-1.3	-5%	-1.2	-6%
Habichtstraße, Messst.	66.0	211.2	32.4	43	23.8	64.8	207.4	31.6	39	23.1	63.2	202.2	29.8	32	21.6	-1.6	-2%	-1.8	-6%	-1.5	-6%
Schröderstiftstraße, Nähe Spielplatz	68.4	218.9	32.5	43	24.0	67.6	216.3	31.6	39	23.2	66.6	213.1	29.7	32	21.4	-1.0	-1%	-1.9	-6%	-1.8	-8%
An der Verbindungsbahn	82.8	265.0	38.4	73	28.2	82.0	262.4	37.0	65	26.9	80.9	258.9	33.9	50	24.2	-1.1	-1%	-3.1	-8%	-2.7	-10%
Simon-von-Utrecht-Straße, neue Messst.	63.4	202.9	30.2	34	22.4	62.6	200.3	29.4	31	21.7	61.8	197.8	27.8	25	20.3	-0.8	-1%	-1.6	-5%	-1.4	-6%

	Istzustand 2009					Nullfall 2011					Umweltzone 2011					Minderung Null zu Umweltzone					
	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂		PM10		PM2.5	
Straßenname	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW		JMW		JMW	
Bahrenfelder Stein- damm	58.1	185.9	27.4	24	20.4	56.7	181.4	26.8	22	19.9	55.9	178.9	25.8	19	19.0	-0.8	-1%	-1.0	-4%	-0.9	-5%
Hofweg	45.6	145.9	23.5	13	18.2	44.5	142.4	23.3	13	17.9	44.0	140.8	22.8	12	17.5	-0.5	-1%	-0.5	-2%	-0.4	-2%
B 75	68.2	218.2	31.6	39	23.9	67.1	214.7	30.7	36	23.1	66.1	211.5	28.8	29	21.4	-1.0	-1%	-1.9	-6%	-1.7	-7%
B 4 Willy-Brandt- Straße	87.6	280.3	40.4	84	29.1	87.0	278.4	38.8	75	27.6	86.1	275.5	35.5	57	24.6	-0.9	-1%	-3.3	-9%	-3.0	-11%
Holstenstraße	74.0	236.8	32.4	43	23.9	72.3	231.4	31.4	39	23.0	71.3	228.2	29.5	31	21.3	-1.0	-1%	-1.9	-6%	-1.7	-7%
An der Alster	82.5	264.0	38.2	72	28.6	81.8	261.8	36.8	64	27.4	80.4	257.3	33.7	49	24.6	-1.4	-2%	-3.1	-8%	-2.8	-10%
Spaldingstraße	73.9	236.5	36.4	62	25.8	73.0	233.6	35.3	56	24.7	71.9	230.1	32.9	45	22.6	-1.1	-2%	-2.4	-7%	-2.1	-9%
Weidendamm	43.5	139.2	23.3	13	18.0	42.7	136.6	23.1	13	17.8	42.2	135.0	22.7	12	17.4	-0.5	-1%	-0.4	-2%	-0.4	-2%
Doormannsweg	74.1	237.1	33.6	48	24.5	72.7	232.6	32.6	44	23.6	71.7	229.4	30.6	35	21.8	-1.0	-1%	-2.0	-6%	-1.8	-8%
Lange Reihe	70.2	224.6	31.4	39	22.5	68.0	217.6	30.6	35	21.8	67.0	214.4	29.2	30	20.5	-1.0	-1%	-1.4	-5%	-1.3	-6%
Sievekingsallee	51.0	163.2	29.9	33	20.5	50.1	160.3	29.4	31	20.1	49.1	157.1	28.4	27	19.2	-1.0	-2%	-1.0	-3%	-0.9	-4%
B 75 Wandsbeker Chaussee	65.3	209.0	30.8	36	23.3	64.1	205.1	30.0	33	22.5	63.0	201.6	28.3	27	21.0	-1.1	-2%	-1.7	-6%	-1.5	-7%
B 75 Winterhuder Weg	65.1	208.3	29.9	33	22.7	63.8	204.2	29.1	30	22.0	62.9	201.3	27.5	24	20.6	-0.9	-1%	-1.6	-5%	-1.4	-6%

	Istzustand 2009					Nullfall 2011					Umweltzone 2011					Minderung Null zu Umweltzone					
	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂	NO ₂	PM10	PM10	PM2.5	NO ₂		PM10		PM2.5	
Straßenname	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW	KW	JMW	KW	JMW	JMW		JMW		JMW	
Maria-Louisen-Straße	52.9	169.3	25.9	19	19.9	51.7	165.4	25.4	18	19.5	50.9	162.9	24.5	16	18.7	-0.8	-2%	-0.9	-4%	-0.8	-4%
Rothenbaum-chaussee	44.9	143.7	23.9	14	18.5	44.3	141.8	23.6	14	18.3	43.6	139.5	23.1	13	17.8	-0.7	-2%	-0.5	-2%	-0.5	-3%

Tab. 6.5: Berechnete jahresmittlere Konzentrationen für NO₂, PM10 und PM2.5 im Istzustand, Nullfall und Umweltzone sowie Minderungen durch die Einführung der Umweltzone im Vergleich zum Nullfall

JMW = Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

KW = Kurzzeitwert (NO₂: der 18. höchste berechnete Wert im Jahr, PM10 jährliche Überschreitungen von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tagesmittel)

Ruß

Die berechneten Konzentrationen für den Ruß-Jahresmittelwert liegen im Nullfall zwischen 2 und 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 2 und 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone auf dem gesamten Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz (siehe **Tab. 6.3**). Bezogen auf den Bereich der Umweltzone liegen die berechneten Ruß-Jahresmittelwerte im Nullfall zwischen 3 und 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie 2 und 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Betrachtungsfall Umweltzone (siehe **Tab. 6.4**). Die Minderungen, die durch die Einführung der Umweltzone zu erwarten sind, liegen für die jahresmittlere Ruß-Gesamtbelastung maximal bei 24 %. Siehe auch **Abb. A4.14** bis **Abb. A4.16**

Ultrafeine Partikel

Während bei PM10 und PM2.5 die Massekonzentrationen (Einheit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$) relevant sind, tragen ultrafeine Partikel (UFP) nur gering zur Masse bei. Gesundheitliche Effekte werden derzeit insbesondere in Bezug auf die Anzahlkonzentration (Einheit: Anzahl Partikel/ m^3) diskutiert. Grenz- oder Orientierungswerte dazu existieren jedoch nicht.

Die Berechnung und Bewertung von ultrafeinen Partikelemissionen ist derzeit noch nicht Stand der Technik. Das neue Handbuch für Emissionsfaktoren HBEFA 3.1 ermöglicht aber die Emissionsabschätzung der Anzahl der UFP (Einheit: Anzahl Partikel/pro Fahrzeugkilometer). Es wurden streckenabschnittsbezogene Emissionen für den Istzustand 2009, Nullfall 2011 und die Umweltzone 2011 berechnet. Die daraus abgeleiteten Emissionsbilanzen sind in Abschnitt 5.3 aufgeführt.

Auf dem Ausbreitungspfad spielen Umwandlungsprozesse eine Rolle, die zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht in den Screeningmodellen abgebildet werden können. Es werden daher lediglich qualitative Aussagen zur Änderung der Immissionsbelastung von UFP durch die Umweltzone anhand der Emissionsänderungen gemacht.

Die Änderungen der berechneten Emissionen der ultrafeinen Partikel lassen vermuten, dass die durch die Umweltzone zu erwartende Minderung der Zusatzbelastung der Immissionen der ultrafeinen Partikel für das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz bei ca. 30 % (siehe **Tab. 5.14**) und für den Bereich der Umweltzone bei ca. 45 % (siehe **Tab. 5.15**) liegt.

6.4 Betroffenheiten

Es wurde eine Betroffenheitsanalyse durchgeführt, bei der die von Überschreitungen von Grenzwerten und ausgewählten Schwellenwerten betroffenen Straßenabschnitte, Einwohnerzahlen sowie Gebäudenutzung ausgewertet wurden. Grundlage für die Auswertungen sind die streckenbezogen berechneten Konzentrationen für die einzelnen Betrachtungsfälle und die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Gebäudeinformationen über Lage, Einwohner pro Gebäude und die jeweilige Nutzung. Die Gebäudeinformationen und die streckenbezogenen Konzentrationen wurden geographisch zugeordnet und einer statistischen Auswertung unterzogen. Diese Auswertemethode birgt Unschärfen in sich, da in den Gebäudeinformationen nicht enthalten ist, ob die Bewohner zur belasteten Straße hin oder in den weniger belasteten oberen Etagen bzw. der Straße abgewandten Seite wohnen.

6.4.1 Betroffenheiten nach Einwohnerzahlen und Straßenlänge

In **Tab. 6.6** sind für das gesamte betrachtete Hamburger Hauptverkehrsstraßenetz die von Überschreitungen von Grenzwerten und ausgewählten Schwellenwerten betroffenen Längen der Straßenabschnitte und die an diesen Straßenabschnitten betroffenen Einwohnerzahlen gegenübergestellt.

Abfrage	Istzustand 2009		Nullfall 2011		Umweltzone 2011		Verkehrs- reduzierung 2011	
	An- wohner	Länge [km]	An- wohner	Länge [km]	An- wohner	Länge [km]	An- wohner	Länge [km]
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	221 780	242.9	214 404	234.5	210 181	228.3	207 156	226.1
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	33 821	37.6	27 995	30.9	22 912	25.8	15 356	18.3
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	23 496	26.1	17 650	20.6	15 440	17.6	9 161	11.4
PM10 JMW > 31 µg/m ³	20 780	24.4	17 931	21.0	9 883	12.9	10 513	14.6
PM10 JMW > 40 µg/m ³	1 264	1.4	566	0.8	375	0.6	375	0.6
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	78 130	89.2	57 267	63.8	27 683	29.3	40 351	45.1
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	2 038	2.6	1 012	1.6	331	0.5	715	1.1
Gesamtlänge des betrachteten Hauptverkehrsstraßenetz Hamburg: 1 277 km								

Tab. 6.6: Von Grenzwertüberschreitungen und Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerten betroffene Einwohner und Summe der Straßenabschnittslängen bezogen auf das gesamte Hamburger Hauptverkehrsstraßennetz. JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert

Im Nullfall liegen die Betroffenen leicht niedriger als im Istzustand 2009. Für die Bewertung der Umweltzone ist der Vergleich der Betrachtungsfälle Umweltzone 2011 zu Nullfall 2011 von Bedeutung. Die Reduzierungen der betroffenen Anwohnerzahlen und Streckenlängen sind in **Tab. 6.7** aufgeführt.

Im Vergleich zum Nullfall 2011 reduzieren sich die Betroffenen von Überschreitungen des NO₂-Jahresmittelgrenzwertes von 40 µg/m³ mit Einführung der Umweltzone um 4 223 Anwohner (-2 %) bzw. ca. 6 200 m Streckenlänge (-3 %). Die Betroffenen von Grenzwertüberschreitungen des PM10-Jahresmittelgrenzwertes sinken im Vergleich zum Nullfall 2011 im Betrachtungsfall Umweltzone 2011 um 191 Anwohner (-34 %) und 100 m (-17 %). Die Betroffenen von Grenzwertüberschreitungen des PM10-Kurzzeitgrenzwertes sinken im Vergleich zum Nullfall 2011 im Betrachtungsfall Umweltzone 2011 um 8 048 Anwohner (-45 %) und 8 100 m (-39 %). Der zukünftige PM2.5-Grenzwert von 25 µg/m³ wird mit Einfüh-

zung der Umweltzone auf 1 000 m weniger Straßennetz überschritten. Davon sind 681 Anwohner (-67 %) weniger betroffen.

	Reduzierung durch die Umweltzone im Vergleich zum Nullfall 2011			
	Anwohner		Länge	
	-	Reduzierung	[km]	Reduzierung
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	-4 223	-2%	-6.2 km	-3%
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	-5 083	-18%	-5.1 km	-16%
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	-2 210	-13%	-2.9 km	-14%
PM10 JMW > 31 µg/m ³	-8 048	-45%	-8.1 km	-39%
PM10 JMW > 40 µg/m ³	-191	-34%	-0.1 km	-17%
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	-29 584	-52%	-34.6 km	-54%
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	-681	-67%	-1.0 km	-66%

Tab. 6.7: Reduzierung der von Grenzwertüberschreitungen bzw. Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerten betroffenen Anwohnerzahlen durch die Einführung einer Umweltzone

Für das Szenario Verkehrsreduzierung ergeben sich im Vergleich zum Nullfall 2011 die in **Tab. 6.8** aufgeführten Veränderungen.

Im Vergleich zum Nullfall 2011 reduzieren sich die Betroffenenheiten von Überschreitungen des NO₂-Jahresmittelgrenzwertes hier um 7 248 Anwohner (-3 %) bzw. 8 400 m Streckenlänge (-4 %). Die Betroffenenheiten von Grenzwertüberschreitungen des PM10-Jahresmittelgrenzwertes sinken im Vergleich zum Nullfall 2011 um 191 Anwohner (-34 %) und 100 m (-17 %). Die Betroffenenheiten von Grenzwertüberschreitungen des PM10-Kurzzeitgrenzwertes sinken im Vergleich zum Nullfall 2011 um 7 418 Anwohner (-41 %) und 6 400 m (-30 %). Der zukünftige PM2.5-Grenzwert von 25 µg/m³ wird im Szenario Verkehrsreduzierung auf 500 m weniger Straßennetz (-30 %) überschritten. Davon sind 297 Anwohner (-29 %) weniger betroffen.

	Reduzierung durch das Szenario Verkehrsreduzierung im Vergleich zum Nullfall 2011			
	Anwohner		Länge	
	-	Reduzierung	[km]	Reduzierung
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	-7 248	-3%	-8.4 km	-4%
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	-12 639	-45%	-12.6 km	-41%
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	-8 489	-48%	-9.2 km	-45%
PM10 JMW > 31 µg/m ³	-7 418	-41%	-6.4 km	-30%
PM10 JMW > 40 µg/m ³	-191	-34%	-0.1 km	-17%
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	-16 916	-30%	-18.8 km	-29%
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	-297	-29%	-0.5 km	-30%

Tab. 6.8: Reduzierung der von Grenzwertüberschreitungen bzw. Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerten betroffenen Anwohnerzahlen im Szenario Verkehrsreduzierung

6.4.2 Betroffenheiten nach Gebäudenutzung

Bei der Auswertung der von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Gebäuden wurden speziell empfindliche Nutzungen wie Wohngebäude, sozialen Einrichtungen (z. B. Krankenhäuser), Kindergärten, Schulen und Sportstätten (Sportplätze und Sporthallen) betrachtet. In **Tab. 6.9** ist die Anzahl der von Überschreitungen von Grenz- bzw. Schwellenwerten betroffenen Gebäuden getrennt nach Nutzungsart aufgeführt. Im Nullfall 2011 sind 10 613 Wohnhäuser, 100 Soziale Einrichtungen, 45 Kindergärten, 125 Schulen und 48 Sportstätten von Grenzwertüberschreitungen des NO₂-Jahresmittelwertes von 40 µg/m³ betroffen. Die Betroffenheiten im Istzustand liegen leicht über denen des Nullfalls.

Die durch die Einführung der Umweltzone berechneten Minderungen der betroffenen Gebäudezahlen getrennt nach Nutzung sind in **Tab. 6.10** aufgeführt.

Während die von Grenzwertüberschreitungen des NO₂-Jahresmittelwertes betroffenen Gebäudezahlen durch die Einführung der Umweltzone nur um ca. 4 bis 15 % abnehmen, liegt die Abnahme bei Gebäuden mit -22 bis -40% höher, die von einer Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes (Überschreitung des Jahresmittelwertes von 31 µg/m³) betroffen sind.

Durch die Einführung der Umweltzone kann eine leichte Minderung der von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Gebäudezahlen erreicht werden.

	Wohnen	Soziale Einrichtungen	Kindergärten	Schulen	Sport
Istzustand 2009					
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	11056	102	45	128	48
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	1409	16	5	11	10
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	949	8	4	8	6
PM10 JMW > 31 µg/m ³	795	8	1	6	5
PM10 JMW > 40 µg/m ³	39	0	0	0	0
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	3567	36	12	29	16
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	73	0	0	0	0
Nullfall 2011					
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	10613	100	45	125	48
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	1098	12	4	10	9
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	685	6	4	6	4
PM10 JMW > 31 µg/m ³	683	7	1	6	5
PM10 JMW > 40 µg/m ³	18	0	0	0	0
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	2497	29	9	25	11
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	41	0	0	0	0
Umweltzone 2011					
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	10227	92	44	123	44
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	930	9	4	8	8
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	587	6	4	6	4
PM10 JMW > 31 µg/m ³	408	3	1	4	5
PM10 JMW > 40 µg/m ³	14	0	0	0	0
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	1107	7	4	6	9
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	5	0	0	0	0

Tab. 6.9: Anzahl der von Grenzwertüberschreitungen und Überschreitungen ausgewählter Schwellenwerte betroffenen Gebäude getrennt nach Nutzung
JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert. Unschärfe der Auswertung siehe Text.

Hinweis: Die hier aufgeführten Ergebnisse basieren auf Screeningberechnungen, was konservative Ergebnisse liefert. Für eine Verfeinerung der Ergebnisse mit besserer räumlicher Differenzierung könnten mikroskalige Detailuntersuchungen (z. B. mit MISKAM) durchgeführt werden.

	Wohnen	Soziale Einrichtungen	Kindergärten	Schulen	Sport
Minderung durch die Umweltzone im Vergleich zum Nullfall					
NO ₂ JMW > 40 µg/m ³	-386	-8	-1	-2	-4
NO ₂ JMW > 60 µg/m ³	-168	-3	0	-2	-1
NO ₂ KGW > 200 µg/m ³	-98	0	0	0	0
PM10 JMW > 31 µg/m ³	-275	-4	0	-2	0
PM10 JMW > 40 µg/m ³	-4	0	0	0	0
PM2.5 JMW > 20 µg/m ³	-1 390	-22	-5	-19	-2
PM2.5 JMW > 25 µg/m ³	-36	0	0	0	0

Tab. 6.10: Berechnete Reduktion der Anzahl von betroffenen Gebäuden getrennt nach Nutzung. JMW = Jahresmittelwert; KGW = Kurzzeitgrenzwert. Unschärfe der Auswertung siehe Text

7 LITERATUR

23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
35. BImSchV (2006): Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung - 35. BImSchV). Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 46, ausgegeben zu Bonn am 16. Oktober 2006 sowie Änderungsverordnungen.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- 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.
- Berkowicz, R. (2000): OSPM - A parameterised street pollution model. Environmental Monitoring and Assessment, Volume 65, Issue 1/2, pp. 323-331.
- BWPLUS (2003): Ermittlung der Feinstaubemissionen in Baden-Württemberg und Betrachtung möglicher Minderungsmaßnahmen. Schlussbericht BWE 20005 von Thomas Pregger und Rainer Friedrich vom Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) Universität Stuttgart, April 2003.
- CORINAIR (2007): EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook - 2007. EEA (European Environment Agency). Publish date: 5 Dec 2007. In: Technical report No 16/2007.
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11.11.2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33. (Siehe auch www.lohmeyer.de/aktuelles).

EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152.

FIGE (1995): Emissionsfaktoren für verschiedenen Fahrzeugschichten, Straßenkategorien, Verkehrszustände und Bezugsjahre (II), Forschungsvorhaben Umweltbundesamt Berlin 105 06 044 „Erarbeitung von Grundlagen für die Umsetzung von § 40.2 BImSchG“. 3. Zwischenbericht, Von Steven, H. (FIGE GmbH, Herzogenrath). Oktober 1995.

Herpertz, St., Tegethof, U. (2005): Untersuchungen zu Fremdstoffbelastungen im Straßenraum. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Verkehrstechnik Heft V 122, Mai 2005. ISBN 3-86509-280-2. Band 4: Verkehrsbedingte Quellen und Eintrag von PAK auf Nutz- und Seitenflächen an Bundesfernstraßen.

KBA (2010):

http://www.kba.de/cln_007/nn_523876/DE/Statistik/Fahrzeuge/fz_methodische_erlaueterungen_201003_pdf.templateId=raw.property=publicationFile.pdf/fz_methodische_erlaueterungen_201003_pdf.pdf

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

LfU Bayern (2003): Erkenntnisse des Projektes WIME - Wirksamkeit von verkehrsbezogenen Maßnahmen auf die Emissionen von Partikeln, Benzol und Stickstoffdioxid, Luftreinhaltepläne in Bayern (Vollzug § 47 BImSchG). Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Juli 2003.

Lohmeyer (2002): Prognose der Vorbelastung und Berücksichtigung der RL 96/62/EG im MLuS-2002 - FE 02.207/2000/LRB. Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer, Radebeul. Projekt 2367, Januar 2002. Zusatzuntersuchung im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

Lohmeyer (2007): Aktualisierung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 60976-04-01, Dezember 2007. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.

- Lükewille, A., Bertok, I., Amann, M., Cofala, J., Gyarmas, F., Heyes, C., Karvosenoja, N., Klimont, Z., Schöpp, W. (2002): A Framework to Estimate the Potential and Costs for the Control of Fine Particulate Emissions in Europe. IIASA – International Institute for Applied Systems Analysis, Interim Report IR-01-023.
- Rabl, P., Dirr, R., Reif, D. und Kottermair, W. (1989): Immissionsmessungen innerhalb und außerhalb von Wohngebäuden an einer stark befahrenen Autobahn. Schriftenreihe Heft 90, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, München.
- Palmgren, F., Wahlin, P., Berkowicz, R., Ketzel, M., Illerup, J. B., Nielsen, M., Winther, M., Glasius, M., Jensen, B. (2003): Aerosols in Danish Air (AIDA). Mid-term report 2000-2002. NERI Technical Report No. 460.
www.dmu.dk/1_Viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR460.PDF
- Palmgren, F., Berkowicz, R., Ketzel, M. and Winther, M. (2007): Elevated NO₂ Pollution in Copenhagen due to Direct Emission of NO₂ from Road Traffic. 2nd ACCENT Symposium, Urbino, Italy, July, 23 - 27, 2007.
- Rauterberg-Wulff, A. (1999a): Determination of Emission Factors for Tire Wear Particles up to 10 µm by Tunnel Measurements. Paper presented at 8th International Symposium Transport and Air Pollution, Graz, Österreich 31. Mai - 2. Juni 1999.
- Rauterberg-Wulff, A. (1999b): Beitrag des Reifen- und Bremsenabriebs zur Rußemission an Straßen. Fortschrittsberichte des VDI, Reihe 15: Umwelttechnik Nr. 202.
- Romberg, E., Böisinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R. und Röth R. (1996): NO-NO₂-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. In: Staub-Reinhaltung der Luft, Vol. 56, Nr. 6, p. 215-218.
- SVU (2009): Verkehrliche Bewertung der Auswirkungen der Einrichtung einer Umweltzone in Hamburg. Planungsbüro Dr.-Ing. Ditmar Hunger, Dresden / Berlin, Auftraggeber: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt. Oktober 2009.
- TA Luft (1986): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 27. Februar 1986 (GMBI., 37. J., Nr. 7, S. 95-143).

- TNO (1997): Particulate Matter Emissions (PM10, PM2,5, PM0,1) in Europe in 1990 and 1993. TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation, Apeldoorn, the Netherlands.
- UBA (1995) (Hassel, D., Jost, P., Weber, F.J., Dursbeck, F.): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990. Abschlussbericht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Luftreinhaltung. UBA-FB 95-049. UBA-Berichte 5/1995.
- UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Januar 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <http://www.hbefa.net/d/start.html>.
- 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.
- VDI 3782 Blatt 1 (1992): Ausbreitung von Luftverunreinigungen in der Atmosphäre. Gaußsches Ausbreitungsmodell für Luftreinhaltepläne. Düsseldorf, Verein Deutscher Ingenieure, 10/92.
- Wiedmann, T., Kersten, J., Ballschmiter, K. (2000): Art und Menge von stofflichen Emissionen aus dem Verkehrsbereich, Literaturstudie. Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart, Arbeitsbericht Nr. 146/Mai 2000. ISBN 3-932013-84-0, ISSN 0945-9553.
- Wunderlin, D., Klaus, T., Schneider, A., Schläpfer, K. (1999): Emissionsfaktoren ausgewählter Nichtlimitierter Schadstoffe im Straßenverkehr. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) Arbeitsunterlage 12, März 1999.

A N H A N G A1:
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN
AN KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z. B. Stickoxide [NO_x als Summe von Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2)], Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO_2), Benzol, Partikel, etc. Im vorliegenden Gutachten werden Konzentrationen bzw. Immissionen von Luftschadstoffen ermittelt. Deren Angabe allein vermittelt jedoch weder Informationen darüber, welche Schadstoffe die wichtigsten sind, noch einen Eindruck vom Ausmaß der Luftverunreinigung im Einflussbereich einer Straße. Erst ein Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenz- oder Vorsorgewerten lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Darauf wird im Folgenden eingegangen.

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 , PM10 und PM2.5 von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM10 und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 39. BImSchV Toleranzmargen; das sind in jährlichen Stufen abnehmende Werte, um die der jeweilige Grenzwert innerhalb festgesetzter Fristen überschritten werden darf, ohne die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Diese Werte werden als Übergangsbeurteilungswerte bezeichnet, sofern sie aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge in den Betrachtungen der Planungen Berücksichtigung finden.

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden neben einem Grenzwert für Blei auch Zielwerte für PM2.5, Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM10-Fraktion über ein Kalenderjahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in

einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um schädliche Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	ab 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	seit 2005

Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte nach 39. BImSchV (2010) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit der 39. BImSchV in nationales Recht umgesetzt. Die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV werden u. a. in der 39. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben werden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist. Für davor liegende Jahre werden Toleranzmargen genannt, die hier im Kap. A1.2 beschrieben werden.

A1.2 Vorsorgewerte

Da der Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen mit Grenzwerten allein noch nicht ausreichend ist, um eine Luftschadstoffkonzentration zu charakterisieren, gibt es zusätzlich zu den Grenzwerten so genannte Vorsorgewerte bzw. Zielwerte zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität.

Die 39. BImSchV weist als Zielwert einen PM2.5-Jahresmittelwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus, der bereits heute eingehalten werden sollte.

Um die Einhaltung des Immissionsgrenzwertes für PM2.5 von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab dem Jahr 2015 einzuhalten, wird eine die Toleranzmarge von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erlassen, die sich ab dem 1. Januar 2009 jährlich um ein Siebentel (ca. $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vermindert.

In der 39. BImSchV wird als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM2.5-Exposition von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM2.5-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM2.5-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht werden.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

Die EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit ihrer Veröffentlichung im Amtsblatt der Europäischen Union am 11. Juni 2008 in Kraft getreten. Mit der 39. BImSchV hat die Bundesregierung die EU-Richtlinie weitgehend in nationales Recht umgesetzt.

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM2.5-Richtgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 wird dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft.

A N H A N G A2:
BERECHNUNGSVERFAHREN PROKAS

A2 BERECHNUNGSVERFAHREN PROKAS

A2.1 PROKAS - Berechnungsverfahren zur Bestimmung verkehrserzeugter Schadstoffbelastungen

Für die Berechnung der Immission an einem Untersuchungspunkt wird das mathematische Modell PROKAS verwendet, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Damit werden zum Beispiel die NO₂-Konzentrationen als Folge des Betriebs des Netzes errechnet. Schadstoffbelastungen durch Ferntransport und andere Quellen (zum Beispiel Industrie) werden in der Vorbelastung berücksichtigt.

Das Straßennetz besteht aus einer Vielzahl von "Emissionsbändern", so genannten "Linienquellen", welche die Schadstoffe emittieren. Die Ausbreitung wird mit einem Gaußfahnenmodell oder dem Lagrange'schen Partikelmodell LASAT simuliert. Für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung wird ein integriertes Bebauungsmodul eingesetzt (siehe Abschnitt A4.3), in das Ergebnisse einfließen, die auf Berechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM sowie Ergebnissen aus Windkanalversuchen und Feldexperimenten basieren.

Der Gaußansatz entspricht dem "Ausbreitungsmodell für Luftreinhaltepläne", Richtlinie VDI 3782 Blatt 1 (1992). Die Luftschadstoffe in der Abgasfahne werden mit einer repräsentativen Geschwindigkeit u_t transportiert, die sich durch die gewichtete Mittelung des Windprofils $u(z)$ über die Konzentrationsverteilung in der Abgasfahne ergibt. Da sich das vertikale Konzentrationsprofil mit der Entfernung zur Quelle ändert, wird auch u_t eine Funktion des Quellabstandes. Dadurch ist gewährleistet, dass die Kontinuitätsgleichung für die Schadstoffmasse in jeder betrachteten Entfernung von der Straße eingehalten wird.

Für die Rechnung wird das gesamte Straßennetz in kurze Linienquellen zerlegt und die Emission jeder der Linienquellen auf mehrere Punktquellen verteilt. Der Abstand zwischen den zu einer Linienquelle gehörenden Punktquellen beträgt maximal 1/5 der Entfernung der Punktquelle zum Untersuchungspunkt. Insgesamt wird somit ein Straßennetz je nach seiner Dichte durch einige 1 000 Punktquellen angenähert. Sensitivitätsuntersuchungen haben gezeigt, dass das Rechenergebnis bei einer weiteren Verkürzung der Abstände zwischen den Punktquellen unbeeinflusst bleibt. Mit diesem Aufteilen in Einzelquellen ist zum Beispiel auch der Fall berücksichtigbar, wenn sich die Emissionen im Verlauf einer Straße ändern, zum Beispiel bei Geschwindigkeitsbeschränkung auf einem Teil einer Straße. Dann emittieren die

Punktquellen, die dieses Straßenstück repräsentieren, mit einer anderen Quellstärke als die Quellen auf dem Straßenstück ohne Geschwindigkeitsbegrenzung.

Mit Hilfe der oben aufgeführten Vorgehensweise ist gewährleistet, dass jeder der Straßenzüge gleichzeitig emittieren kann, das heißt, dass jeweils das gesamte Straßennetz emittiert. Damit können auch die Verhältnisse im Nahbereich von Kreuzungen realistisch nachgebildet werden, wo es Aufpunkte gibt, die bei einigen Windrichtungen gleichzeitig von Schadstoffen von mehreren Straßen beaufschlagt werden. Bei der Bestimmung der 98-Perzentilwerte (= Konzentrationen, die in 98 % der Zeit erreicht oder unterschritten werden) ist es in solchen Fällen nicht korrekt, den Einfluss jedes Straßenzuges einzeln zu berechnen und dann später zusammenzufassen.

Auch der Einfluss von Lärmschutzmaßnahmen endlicher Länge kann so berücksichtigt werden. Der Einfluss von Lärmschutzmaßnahmen wird den Arbeiten von Romberg et al. (1986) für die Bundesanstalt für Straßenwesen entnommen. Die Wirkung der Lärmschutzwand wird als Anfangsverdünnung interpretiert, indem dem vertikalen Ausbreitungsparameter σ_z ein Wert σ_{z0} als additiver Term zugeschlagen wird. Das Ausbreitungsmodell ist in der Lage, für jede der Linienquellen einen eigenen Wert für σ_{z0} zu berücksichtigen.

Die Ausbreitungsparameter σ_y und σ_z der Richtlinie VDI 3782 Blatt 1 entsprechen denen der TA Luft 86.

Für eine korrekte Bestimmung des 98-Perzentilwertes ist es wichtig, die mit der Tageszeit veränderliche Verkehrsstärke zu berücksichtigen. Dabei kommt es auch auf die korrekte Erfassung der Verkehrs- und damit Emissionsspitzen an. Das Modell berücksichtigt deshalb die Eingabe von 5 verschiedenen Emissionsniveaus und deren Auftretenshäufigkeit.

Bezüglich der Meteorologie wird mit 36 verschiedenen Windrichtungsklassen, 9 verschiedenen Windgeschwindigkeitsklassen und 6 verschiedenen Ausbreitungsklassen gerechnet. Die Ausbreitungsklassen berücksichtigen, dass die Verdünnung der Abgase für eine gegebene Windrichtung und Windgeschwindigkeit auch noch von der Stabilität der Atmosphäre abhängt. So ist z. B. die Verdünnung bei "Inversionswetterlagen" schlechter als bei sonnigen "Normalwetterlagen". Insgesamt werden also $36 \times 9 \times 6 = 1\,944$ Wetterlagen mit den jeweiligen Häufigkeiten berücksichtigt.

Wie oben erwähnt, werden bei der Berechnung der Konzentrationen am Aufpunkt 1 944 Wetterlagen und 5 Emissionsklassen berücksichtigt. Als Rechenergebnis erhält man somit

für jeden betrachteten Punkt $1\,944 \times 5 = 9\,720$ unterschiedliche Konzentrationswerte mit der zugehörigen Häufigkeit, also der Angabe darüber, wie häufig die jeweiligen Konzentrationen pro Jahr auftreten. Aus diesen Ergebnissen wird dann eine Häufigkeitsverteilung hergestellt und es wird derjenige Wert bestimmt, der in 98 % der Zeit unterschritten wird. Dies ist der gesuchte 98-Perzentilwert der Zusatzbelastung.

Die Ermittlung der Immissionskenngrößen für die Gesamtbelastung aus den Kenngrößen für die Vorbelastung (Grundbelastung) und die Zusatzbelastung (infolge Verkehrsemissionen auf der betrachteten Straße) erfolgt nach dem in der TA Luft 86 in Anhang D angegebenen Verfahren.

Das Straßennetz und die zu betrachtenden Aufpunkte werden über ein geografisches Informationssystem in den Rechner eingelesen oder aus Verkehrsflussmodellen oder Schallberechnungsprogrammen übertragen. Zur Kontrolle der korrekten Eingabe gibt das Programm anschließend eine maßstabsgetreue Grafik mit dem Straßennetz und der Lage der Untersuchungspunkte aus sowie zur genaueren Kontrolle eine Liste mit den (vom Programm errechneten) Abständen der Aufpunkte zu jeder Linienquelle und zusätzlich die Quellstärke, Anzahl der Punktquellen und Länge jeder Linienquelle.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen (Jahresmittelwerte und 98-Perzentilwerte für NO_2 und Jahresmittelwerte für zwei inerte Schadstoffe, zum Beispiel Benzol und PM_{10}) werden als Datei tabellarisch für jeden Untersuchungspunkt abgespeichert. Die grafische Darstellung ist sowohl in Form von Zahlenwerten an den jeweiligen Untersuchungspunkten möglich als auch mit farbigen Symbolen, wobei die Farbe entsprechend den Konzentrationen gesetzt wird.

Zur Überprüfung der Plausibilität der Ergebnisse wurden die Abgaskonzentrationen an Dauermessstellen in Karlsruhe sowie Messungen in Dresden, an den Autobahnen A 8 (Stuttgart, Fasanenhof), A 4 [bei der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt)] und A 9 bei Garching (Rabl et al., 1989) mit den jeweiligen Berechnungen nach PROKAS verglichen. Die Übereinstimmung kann als gut bezeichnet werden (siehe z. B. **Abb. A2.1**).

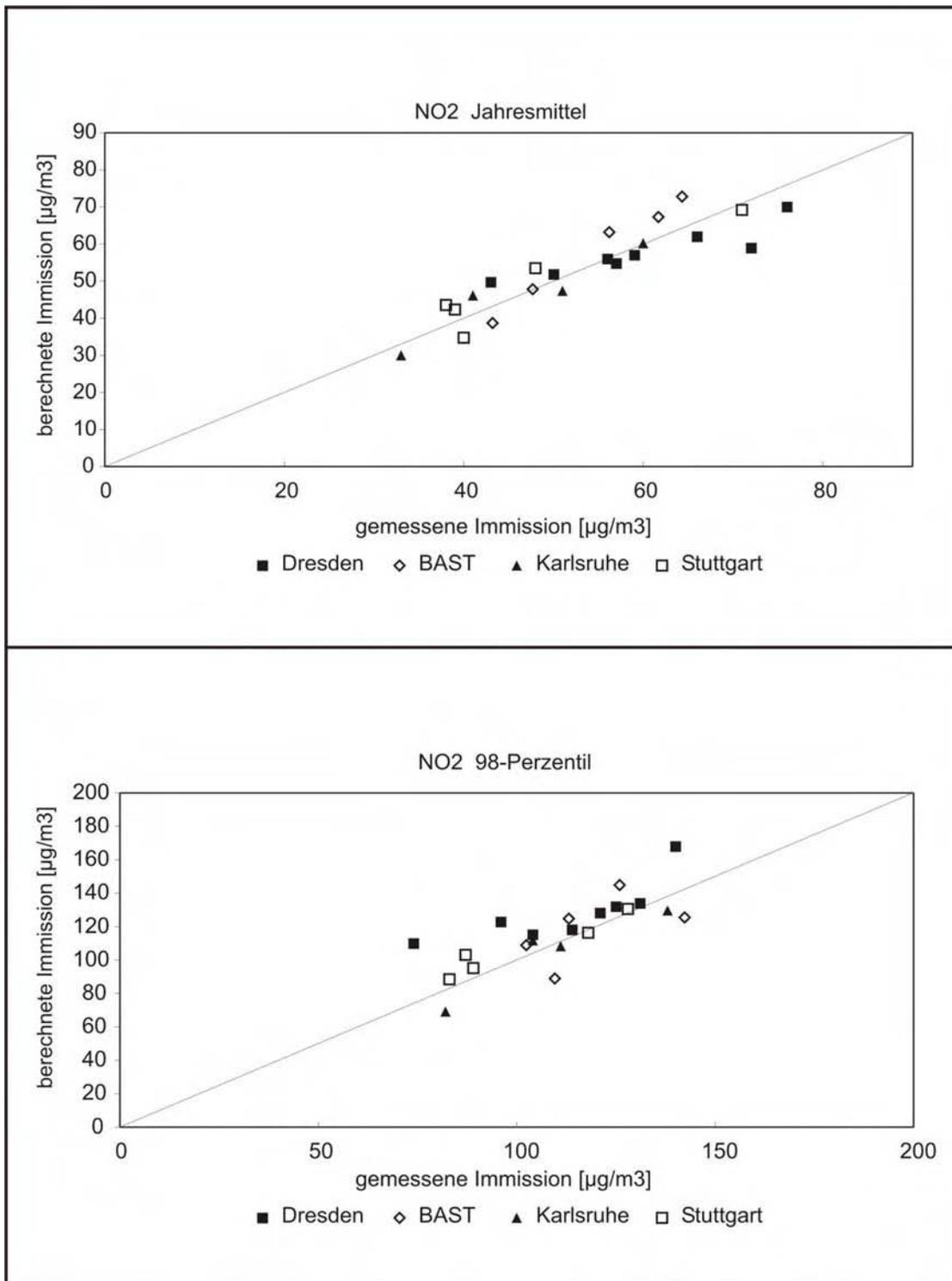


Abb. A2.1: Vergleich der mit PROKAS (und bei Bebauung anhand typisierter Bebauungsstrukturen mit MISKAM) berechneten NO_2 -Immissionen mit den Messungen in Karlsruhe, Stuttgart, Dresden und an der A4

A2.2 Stickoxid-Konversion

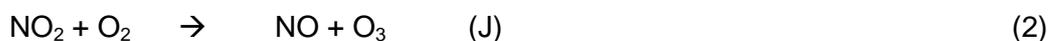
Von den Fahrzeugen werden die Stickoxide meistens hauptsächlich als NO und zu geringeren Teilen als NO₂ abgegeben. Auf dem Ausbreitungspfad wandelt sich das NO zu NO₂ um. Die Umwandlungsrate ist zeitabhängig und von verschiedenen Einflüssen abhängig.

Für die Berechnung dieser Konversion werden derzeit im Allgemeinen einfache statistische Modelle, z. B. nach Romberg et. al (1996) oder deren Aktualisierung nach Bächlin et. al (2008), angewendet. Realistischere Konversionsraten können mittels nachgeschalteter Chemiemodelle gewonnen werden. Häufig wird dazu eine vereinfachte Beziehung für die Beschreibung der chemischen Umwandlung im Gleichgewicht der Stoffe NO₂, NO und Ozon verwendet.

Die Annahmen, die zu den Vereinfachungen führen sind:

- ein Gleichgewicht im System NO₂-NO-O₃ stellt sich schnell ein
- Umsetzung mit OGD (organische Gase und Dämpfe) werden nicht betrachtet
- Mischungsprozesse und Senken (also Advektion, turbulente Diffusion, Einfluss der Randbedingungen, Deposition) werden über eine Mischungszeit τ parametrisiert
- Der Beitrag der Verkehrsemissionen wird aus der Differenz des gemessenen NO_x-Konzentrationen zweier Luftmessstationen geschätzt
- Der Windrichtungseinfluss wird nicht betrachtet

Die betrachteten Reaktionen sind



J ist die Photolysefrequenz des NO₂, k ist die Reaktionsgeschwindigkeit. In der Atmosphäre findet rasch eine Gleichgewichtseinstellung zwischen den drei Stoffen statt. Das photochemische Gleichgewicht bezeichnet den Zustand, bei dem die drei Differentialquotienten (s. u.) identisch Null ergeben, das heißt Aufbau und Abbau eines Stoffes sind gleich groß und die Summe ist Null. Die Differentialausdrücke, die den Abbau von NO₂, NO und O₃ bei alleiniger Betrachtung dieser Reaktion beschreiben sind:

$$\frac{d[NO_2]}{dt} = k \cdot [NO] \cdot [O_3] - J \cdot [NO_2] + \frac{[NO_2]_{VV}}{\tau} + \frac{[NO_2]_B - [NO_2]}{\tau} \quad (3)$$

$$\frac{d[NO]}{dt} = k \cdot [NO] \cdot [O_3] + J \cdot [NO_2] + \frac{[NO]_{VV}}{\tau} + \frac{[NO]_B - [NO]}{\tau} \quad (4)$$

$$\frac{d[O_3]}{dt} = -k \cdot [NO] \cdot [O_3] + J \cdot [NO_2] + \frac{[O_3]_B - [O_3]}{\tau} \quad (5)$$

Die ersten beiden Terme auf der rechten Seite beschreiben die chemische Umwandlung durch thermische und photochemische Reaktion. Der nächste Term in den Gl. 1, 2 beschreibt die Wirkung der Emission (Index VV). Der letzte Term beschreibt die Mischung in Abhängigkeit des Konzentrationsunterschiedes zwischen Hintergrundstation (Index B) und dem Aufpunkt, an dem die Konzentration berechnet werden soll, hier die Verkehrsstation (im weiteren Index V): ist die Konzentration am Aufpunkt höher als die des Hintergrundes, ist dieser Term negativ und die Konzentration vermindert sich durch Einmischung von Luft mit geringerer Konzentration in das gedachte Volumen.

Die Konzentrationen $[NO]_{VV}$ und $[NO_2]_{VV}$ sind der Beitrag, der durch Verkehrsemissionen als Erhöhung der Konzentration über die Hintergrundkonzentration erzeugt worden ist. $[NO_x]$ ist die gemessene Konzentration der Verkehrsstation, $[NO]_B$ und $[NO_2]_B$ sind die gemessenen Hintergrundkonzentrationen. $[NO_2]_{VV}$ wird berechnet aus der NO_x -Differenz zwischen den Messungen der Verkehrsstation und der Hintergrundstation als

$$[NO_2]_{VV} = p([NO_x]_V - [NO_x]_B) \quad (6)$$

Mit $p = NO_2/NO_x$ (vorgegeben) und $[NO_x]_V$ als der Konzentration, die an der Verkehrsstation gemessen wird. Die unbekannten Größe sind $[NO]$, $[NO_2]$, $[O_3]$. Mit der Annahme, dass sich das Gleichgewicht rasch einstellt, werden aus den drei Differentialgleichungen (Gl. 3 bis 5) drei algebraische Bestimmungsgleichungen. Ihre Lösung ergibt die analytische Formel für die Konzentration:

$$[NO_2] = 0.5 \left(B - \sqrt{B^2 - 4([NO_x]_V [NO_2]_O + [NO_2]_n / k\tau)} \right) \quad (7)$$

Mit den Größen

$$[NO_2]_n = [NO_2]_{VV} + [NO_2]_B$$

$$[NO_2]_O = [NO_2]_n + [O_3]_B$$

$$B = [NO_x]_v + [NO_2]_o + \frac{1}{k} \left(J + \frac{1}{\tau} \right)$$

Diese Gleichung wird im Ausbreitungsmodell OSPM zur Berechnung der NO₂-Bildung verwendet (Palmgren et al., 2007; Berkowicz, 2000), wobei dort der Parameter τ aus meteorologischen Werten (z. B. Windgeschwindigkeit und Turbulenz) sowie der Straßengeometrie berechnet wird.

Diese Gleichungen sind streng genommen nur anwendbar in Zeitreihenrechnungen, da z. B. die Parameter J und k von meteorologischen Parametern abhängig sind. Auf Grundlage von Anpassungen in verschiedenen Forschungsprojekten für die BAST sowie das Landesumweltamt Brandenburg werden diese unter Verwendung von Jahresmittelwerten angewendet (vereinfachtes Chemiemodell).

Die Parameter wurden einheitlich wie folgt festgelegt:

$$J = 0.0045 \text{ pro Sekunde}$$

$$k = 0.00039 \text{ (ppb s)}^{-1}$$

$$\tau = 100 \text{ Sekunden}$$

Die Eingabegrößen sind:

NO_x-JM an Verkehrsstation (im Modell = Rechenwert)

NO_x-JM an Hintergrundstation

NO₂-JM an Hintergrundstation sowie

Ozon-JM an Hintergrundstation

p = Anteil primärer NO₂-Emissionen an NO_x-Emission.

Entsprechend der Ergebnisse eines Forschungsprojektes für das Ministerium für Ländliche Entwicklung, Umwelt und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg¹ sowie der derzeitigen Diskussion in der VDI-Arbeitsgruppe 3783 Blatt 19 wurde in der vorliegenden Untersuchung das oben vorgestellte vereinfachte Chemiemodell angewendet.

Die Ursache für die bessere Reproduktion des Trends der Umwandlungsraten mit dem vereinfachten Chemiemodell gegenüber den statistischen Modellen liegt insbesondere an der

¹ http://www.mugv.brandenburg.de/cms/media.php/lbm1.a.2328.de/lang_no2.pdf

expliziten Einbeziehung des Anteils primärer NO_2 -Emissionen am NO_x im Abgas. Dies veranschaulicht die **Abb. A2.2**. Dort sind die NO_2 -Jahresmittelwerte in Abhängigkeit von den NO_x -Jahresmittelwerten dargestellt und zwar für das vereinfachte Chemiemodell bei 6 %, 16 % und 25 % primärem NO_2 -Anteil an NO_x sowie im Vergleich dazu die Parametrisierungen nach Romberg et al. (1996) und Lohmeyer (2007). Es zeigt sich, dass bei $p = 6\%$ die Romberg-Parametrisierung wiedergegeben werden kann. Das war zu erwarten, da diese an Messdaten vor 1996 angepasst war und damals p bei ca. 5 % bis 10 % lag. Mit einem p von 16 % kann die Parametrisierung nach Lohmeyer (2007) reproduziert werden. Diese wurde an Messdaten zwischen 2003 und 2006 angepasst. Der mittlere NO_2 -Emissionsanteil liegt hier zwischen 12 % und 17 %. In den nächsten Jahren ist mit weiter steigenden NO_2 -Anteilen zu rechnen. Dies führt zu einer weiteren Erhöhung der Umwandlungsrate (siehe Beispiel $p = 25\%$ in **Abb. A2.2**). Im Umkehrschluss bedeutet dies folgendes: Je höher der Anteil primärer NO_2 -Emissionen ist umso stärker muss die NO_x -Emission gesenkt werden, um den NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einzuhalten.

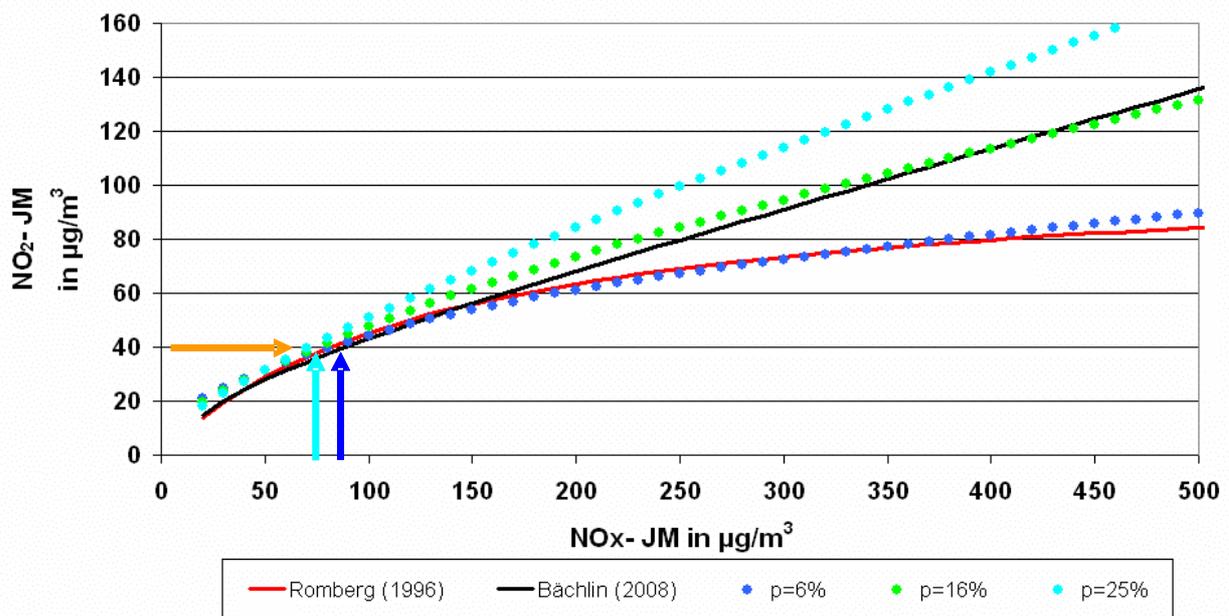


Abb. A2.2: Abhängigkeit der mit verschiedenen Ansätzen modellierten NO_2 - von den NO_x -Jahresmittelwerten. Erläuterung siehe Text.

A2.3 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung (PROKAS_B)

Im Falle von teilweise oder ganz geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit Hilfe der oben beschriebenen Methode durchführbar. Hier wird ein ergänzendes Bebauungsmodul verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen maximale dimensionslose Abgaskonzentrationen c^* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt. Für die Bewertung der Qualität der mit dem Modell MISKAM erzielten Ergebnisse wurden diese für ausgewählte Situationen mit Ergebnissen aus Windkanalversuchen und Feldexperimenten verglichen.

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 überbauter 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. A2.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden aufgrund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10 % bis 30 % geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

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

wobei:	c	=	Abgaskonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
	c^*	=	dimensionslose Abgaskonzentration [-]
	Q	=	emittierter Schadstoffmassenstrom [$\mu\text{g}/\text{m s}$]
	B	=	Straßenschluchtbreite [m]
	u'	=	Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz [m/s]

Die verwendeten c^* -Werte wurden mit Ergebnissen von Windkanaluntersuchungen der Ausbreitungsvorgänge in idealisierten Straßenschluchten verglichen. Weiterhin wurden zur Veri-

fikation Naturmessungen in Hannover herangezogen. Die Übereinstimmung der im Bebauungsmodul verwendeten c^* -Werte mit den oben genannten Daten kann als gut bezeichnet werden.

Entsprechend dem anfangs beschriebenen Verfahren werden für jede Meteorologie/Emissions-Konstellation (max. 9 720) die Beiträge der anderen Straßen hinzuaddiert. Vorbelastung und NO-Konversion werden ebenfalls wie oben beschrieben berücksichtigt.

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. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

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

A N H A N G A3:
EMISSIONSFAKTOREN

Tab. A3.1:
Emissionsfaktoren Istzustand 2009

Straßen- kategorie	Verkehrssituation	Längs- neigung	NOx			NO2			PM10_Mot			PM10_AufAb			BAP			PM25			Ruß			Benzol			CO2			PN					
			PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	Anzahl/km	Anzahl/km	Anzahl/km
			g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	µg/km	µg/km	µg/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km						
AB	Agglo/FernStr-City/60/dicht	0%	0,328	5,102	7,114	0,085	0,419	1,493	0,015	0,090	0,079	0,030	0,300	0,300	0,537	1,800	1,800	0,035	0,175	0,164	0,012	0,100	0,091	0,003	0,004	0,004	175	695	789	1,764E+13	9,559E+13	5,882E+13			
AB	Land/AB/100/fluessig	+/-2%	0,399	3,769	4,778	0,099	0,315	0,964	0,018	0,065	0,058	0,022	0,200	0,200	0,537	1,800	1,800	0,029	0,115	0,108	0,009	0,058	0,053	0,002	0,002	0,002	164	679	735	1,566E+13	5,833E+13	3,778E+13			
AB	Land/AB/100/fluessig	0%	0,349	3,435	4,548	0,091	0,289	0,906	0,016	0,064	0,055	0,022	0,200	0,200	0,537	1,800	1,800	0,027	0,114	0,105	0,008	0,057	0,050	0,002	0,002	0,002	156	580	704	1,533E+13	7,260E+13	5,030E+13			
AB	Land/AB/120/fluessig	0%	0,517	3,437	4,548	0,130	0,289	0,906	0,022	0,065	0,055	0,022	0,200	0,200	0,537	1,800	1,800	0,033	0,115	0,105	0,010	0,057	0,050	0,002	0,002	0,002	194	581	704	1,658E+13	7,248E+13	5,030E+13			
AB	Land/AB/80/fluessig	+/-2%	0,307	3,739	4,763	0,082	0,315	0,967	0,015	0,068	0,059	0,022	0,200	0,200	0,537	1,800	1,800	0,026	0,118	0,109	0,008	0,060	0,053	0,002	0,002	0,002	149	663	719	1,555E+13	6,111E+13	3,577E+13			
AB	Land/AB/80/fluessig	+/-6%	0,512	6,554	8,412	0,132	0,555	1,733	0,020	0,097	0,099	0,022	0,200	0,200	0,537	1,800	1,800	0,031	0,147	0,149	0,010	0,082	0,083	0,003	0,003	0,002	183	1261	1266	1,665E+13	6,063E+13	3,864E+13			
AB	Land/AB/80/fluessig	0%	0,277	3,495	4,455	0,071	0,295	0,895	0,014	0,071	0,061	0,022	0,200	0,200	0,537	1,800	1,800	0,025	0,121	0,111	0,007	0,062	0,055	0,002	0,002	0,002	153	558	676	1,574E+13	7,347E+13	4,905E+13			
io	Agglo/Erschliessung/30/gesaettigt	0%	0,501	8,711	17,510	0,112	0,685	3,838	0,024	0,215	0,255	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,041	0,280	0,316	0,014	0,198	0,227	0,023	0,009	0,011	274	914	1811	2,470E+13	1,932E+14	1,757E+14			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-2%	0,457	6,840	11,893	0,100	0,549	2,577	0,021	0,166	0,145	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,038	0,241	0,221	0,013	0,159	0,144	0,022	0,006	0,005	267	849	1395	2,259E+13	1,403E+14	9,943E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-4%	0,497	7,014	12,378	0,115	0,571	2,685	0,023	0,172	0,156	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,040	0,246	0,231	0,014	0,164	0,152	0,022	0,006	0,005	267	983	1524	2,306E+13	1,368E+14	9,875E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-6%	0,534	7,803	13,921	0,124	0,641	3,028	0,024	0,183	0,187	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,041	0,257	0,260	0,014	0,172	0,175	0,023	0,005	0,005	279	1172	1750	2,354E+13	1,358E+14	1,072E+14			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	0%	0,459	7,184	11,862	0,100	0,569	2,570	0,022	0,165	0,141	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,039	0,240	0,218	0,013	0,158	0,141	0,022	0,006	0,005	267	808	1364	2,338E+13	1,440E+14	1,017E+14			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-2%	0,416	6,205	10,789	0,089	0,498	2,338	0,012	0,086	0,076	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,029	0,165	0,155	0,010	0,101	0,093	0,023	0,007	0,006	357	1156	1898	1,130E+13	7,319E+13	5,186E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-4%	0,452	6,363	11,229	0,103	0,518	2,435	0,013	0,090	0,081	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,030	0,168	0,160	0,010	0,104	0,097	0,023	0,006	0,006	358	1338	2074	1,153E+13	7,138E+13	5,151E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-6%	0,484	7,078	12,629	0,111	0,581	2,747	0,014	0,096	0,097	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,030	0,173	0,175	0,010	0,108	0,109	0,024	0,006	0,006	374	1595	2381	1,177E+13	7,085E+13	5,591E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	0%	0,417	6,517	10,760	0,090	0,517	2,331	0,012	0,086	0,074	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,029	0,164	0,153	0,010	0,101	0,092	0,023	0,007	0,006	357	1099	1856	1,169E+13	7,512E+13	5,303E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-2%	0,381	5,507	7,467	0,081	0,447	1,598	0,018	0,128	0,097	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,035	0,206	0,177	0,012	0,131	0,108	0,021	0,004	0,004	197	751	930	1,726E+13	1,051E+14	7,495E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-4%	0,421	5,908	8,556	0,092	0,485	1,831	0,019	0,135	0,098	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,036	0,212	0,178	0,013	0,136	0,109	0,021	0,004	0,003	205	888	1139	1,767E+13	1,019E+14	7,101E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-6%	0,476	6,849	10,789	0,107	0,565	2,327	0,021	0,148	0,130	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,038	0,224	0,207	0,013	0,146	0,132	0,022	0,004	0,003	226	1082	1462	1,799E+13	1,013E+14	8,203E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	0%	0,375	5,513	7,761	0,079	0,444	1,661	0,018	0,125	0,094	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,035	0,202	0,174	0,012	0,128	0,106	0,021	0,004	0,004	192	707	891	1,696E+13	1,078E+14	8,027E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-2%	0,416	5,908	10,787	0,090	0,476	2,331	0,019	0,161	0,136	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,036	0,232	0,210	0,012	0,157	0,139	0,022	0,005	0,005	222	766	1299	1,794E+13	1,236E+14	9,463E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-4%	0,458	6,319	11,373	0,103	0,517	2,461	0,020	0,164	0,147	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,037	0,235	0,219	0,013	0,160	0,147	0,022	0,005	0,004	230	921	1436	1,830E+13	1,207E+14	9,363E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-6%	0,516	7,293	12,980	0,119	0,599	2,817	0,022	0,177	0,178	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,039	0,246	0,248	0,014	0,169	0,170	0,023	0,005	0,005	246	1125	1677	1,898E+13	1,206E+14	1,019E+14			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	0%	0,407	6,181	10,725	0,088	0,492	2,317	0,019	0,159	0,133	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,036	0,230	0,207	0,012	0,155	0,136	0,021	0,005	0,005	222	717	1266	1,812E+13	1,270E+14	9,739E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/dicht	+/-2%	0,374	4,683	7,157	0,078	0,382	1,543	0,017	0,104	0,084	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,034	0,184	0,164	0,012	0,113	0,098	0,020	0,004	0,003	181	647	872	1,573E+13	8,899E+13	6,214E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/dicht	0%	0,353	4,738	7,175	0,073	0,382	1,549	0,017	0,101	0,078	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,033	0,180	0,159	0,011	0,110	0,094	0,020	0,004	0,004	176	592	802	1,536E+13	9,353E+13	6,393E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/fluessig	+/-2%	0,384	4,743	6,937	0,083	0,388	1,488	0,018	0,096	0,080	0,021	0,200	0,200	1,194	1,800	1,800	0,034	0,177	0,161	0,012	0,107	0,094	0,021	0,003	0,003	168	674	896	1,470E+13	8,071E+13	5,929E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/fluessig	0%	0,368	4,482	6,783	0,078	0,366	1,459	0,017	0,092	0,076	0,021	0,200	0,200	1,194	1,800	1,800	0,034	0,173	0,158	0,012	0,104	0,091	0,021	0,003	0,003	164	620	827	1,461E+13	8,488E+13	6,200E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/gesaettigt	+/-2%	0,419	5,637	8,230	0,092	0,456	1,769	0,020	0,138	0,109	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,037	0,211	0,185	0,013	0,140	0,118	0,022	0,004	0,004	202	768	997	1,777E+13	1,063E+14	8,289E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/gesaettigt	0%	0,400	5,706	8,453	0,086	0,458	1,817	0,019	0,132	0,105	0,058	0,600	0,600	1,194	1,800	1,800	0,036	0,206	0,182	0,013	0,136	0,115	0,022	0,005	0,005	201	725	948	1,755E+13	1,118E+14	8,604E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	+/-2%	0,357	4,294	7,384	0,073	0,351	1,580	0,016	0,098	0,081	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,033	0,178	0,162	0,011	0,109	0,096	0,020	0,003	0,003	175	601	977	1,514E+13	8,425E+13	5,485E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	+/-4%	0,410	5,097	8,302	0,087	0,420	1,778	0,018	0,104	0,091	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,035	0,183	0,171	0,012	0,113	0,103	0,021	0,003	0,003	183	789	1158	1,539E+13	7,735E+13	5,177E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	0%	0,329	4,442	6,913	0,067	0,358	1,479	0,015	0,094	0,079	0,029	0,300	0,300	1,194	1,800	1,800	0,032	0,174	0,159	0,011	0,105	0,094	0,020	0,004	0,003	167	546	917	1,432E+13	9,030E+13	5,723E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/fluessig	+/-2%	0,366	4,506	6,205	0,077	0,369	1,322	0,017	0,090	0,068	0,021	0,200	0,200	1,194	1,800	1,800	0,034	0,171	0,150	0,012	0,102	0,086												

Tab. A3.2:
Emissionsfaktoren Nullfall 2011

Straßen- kategorie	Verkehrssituation	Längs- neigung	NOx			NO2			PM10_Mot			PM10_AufAb			BAP			PM25			Ruß			Benzol			CO2			PN					
			PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	Anzahl/km	Anzahl/km	Anzahl/km
			g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	µg/km	µg/km	µg/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km						
AB	Agglo/FernStr-City/60/dicht	0%	0,308	4,512	6,245	0,090	0,392	1,355	0,012	0,065	0,051	0,030	0,300	0,300	0,572	1,800	1,800	0,032	0,150	0,136	0,011	0,080	0,070	0,002	0,002	0,002	169	699	804	1,467E+13	7,476E+13	4,316E+13			
AB	Land/AB/100/fluessig	+/-2%	0,367	2,932	3,696	0,104	0,268	0,782	0,014	0,043	0,037	0,022	0,200	0,200	0,572	1,800	1,800	0,025	0,093	0,087	0,007	0,041	0,036	0,001	0,001	0,002	159	687	761	1,304E+13	4,544E+13	2,685E+13			
AB	Land/AB/100/fluessig	0%	0,329	2,701	3,700	0,097	0,248	0,775	0,013	0,045	0,035	0,022	0,200	0,200	0,572	1,800	1,800	0,024	0,095	0,085	0,007	0,043	0,035	0,002	0,001	0,002	151	580	726	1,281E+13	5,659E+13	3,655E+13			
AB	Land/AB/120/fluessig	0%	0,473	2,703	3,700	0,134	0,248	0,775	0,018	0,045	0,035	0,022	0,200	0,200	0,572	1,800	1,800	0,029	0,095	0,085	0,009	0,043	0,035	0,002	0,001	0,002	188	582	726	1,371E+13	5,648E+13	3,655E+13			
AB	Land/AB/80/fluessig	+/-2%	0,291	2,907	3,711	0,087	0,268	0,789	0,012	0,047	0,037	0,022	0,200	0,200	0,572	1,800	1,800	0,023	0,097	0,087	0,006	0,044	0,037	0,001	0,001	0,001	145	670	745	1,297E+13	4,764E+13	2,559E+13			
AB	Land/AB/80/fluessig	+/-6%	0,476	5,025	6,477	0,137	0,470	1,394	0,016	0,062	0,061	0,022	0,200	0,200	0,572	1,800	1,800	0,027	0,112	0,111	0,008	0,056	0,055	0,002	0,002	0,001	177	1287	1339	1,382E+13	4,773E+13	2,773E+13			
AB	Land/AB/80/fluessig	0%	0,256	2,793	3,621	0,074	0,257	0,764	0,012	0,051	0,040	0,022	0,200	0,200	0,572	1,800	1,800	0,023	0,101	0,090	0,006	0,047	0,039	0,001	0,001	0,001	148	558	695	1,322E+13	5,734E+13	3,563E+13			
io	Agglo/Erschliessung/30/gesaettigt	0%	0,466	8,527	16,016	0,116	0,691	3,575	0,019	0,163	0,161	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,037	0,234	0,232	0,013	0,159	0,157	0,020	0,006	0,007	266	923	1781	2,077E+13	1,596E+14	1,240E+14			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-2%	0,419	6,222	10,044	0,102	0,523	2,239	0,018	0,126	0,092	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,035	0,203	0,172	0,012	0,129	0,104	0,019	0,004	0,003	258	863	1423	1,897E+13	1,156E+14	7,063E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-4%	0,466	5,971	9,987	0,120	0,518	2,236	0,019	0,130	0,099	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,036	0,207	0,178	0,012	0,132	0,109	0,019	0,004	0,003	259	1005	1567	1,936E+13	1,122E+14	7,043E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-6%	0,499	6,396	11,259	0,129	0,566	2,532	0,020	0,137	0,122	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,037	0,214	0,200	0,013	0,138	0,126	0,020	0,004	0,003	270	1205	1826	1,977E+13	1,122E+14	7,066E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	0%	0,420	6,870	10,237	0,102	0,564	2,279	0,018	0,125	0,090	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,035	0,203	0,170	0,012	0,129	0,102	0,019	0,004	0,003	258	819	1388	1,958E+13	1,190E+14	7,236E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-2%	0,380	5,644	9,111	0,091	0,474	2,031	0,010	0,066	0,048	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,027	0,146	0,130	0,009	0,086	0,072	0,020	0,005	0,004	345	1174	1936	9,485E+12	6,029E+13	3,684E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-4%	0,423	5,417	9,060	0,107	0,470	2,028	0,011	0,068	0,051	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,028	0,148	0,133	0,009	0,087	0,075	0,020	0,004	0,004	346	1368	2132	9,680E+12	5,884E+13	3,674E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-6%	0,452	5,803	10,214	0,115	0,513	2,297	0,011	0,072	0,064	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,028	0,151	0,144	0,009	0,090	0,084	0,021	0,004	0,004	362	1639	2485	9,884E+12	5,834E+13	4,155E+13			
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	0%	0,381	6,232	9,286	0,091	0,512	2,067	0,010	0,065	0,047	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,028	0,146	0,129	0,009	0,085	0,072	0,020	0,005	0,004	346	1115	1889	9,790E+12	6,206E+13	3,774E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-2%	0,349	4,822	6,124	0,082	0,414	1,356	0,015	0,097	0,061	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,032	0,177	0,143	0,011	0,108	0,080	0,018	0,003	0,002	190	769	950	1,450E+13	8,669E+13	5,307E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-4%	0,386	4,898	6,600	0,094	0,432	1,468	0,016	0,101	0,061	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,033	0,180	0,143	0,011	0,111	0,081	0,019	0,003	0,002	199	914	1186	1,485E+13	8,435E+13	5,067E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-6%	0,439	5,526	8,549	0,109	0,493	1,917	0,017	0,109	0,087	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,034	0,187	0,167	0,012	0,116	0,100	0,019	0,003	0,002	219	1119	1560	1,599E+13	8,405E+13	6,240E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	0%	0,342	4,990	7,085	0,080	0,422	1,560	0,015	0,095	0,059	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,032	0,175	0,141	0,011	0,106	0,079	0,018	0,003	0,003	186	721	907	1,425E+13	8,892E+13	5,740E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-2%	0,381	5,286	9,060	0,091	0,448	2,017	0,016	0,122	0,086	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,033	0,197	0,165	0,011	0,128	0,101	0,019	0,003	0,003	215	778	1332	1,511E+13	1,017E+14	6,721E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-4%	0,425	5,300	9,116	0,106	0,464	2,038	0,016	0,124	0,093	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,034	0,198	0,171	0,011	0,129	0,106	0,019	0,003	0,003	222	943	1485	1,541E+13	9,974E+13	6,675E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-6%	0,479	5,929	10,428	0,122	0,526	2,344	0,018	0,131	0,117	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,035	0,205	0,192	0,012	0,135	0,124	0,020	0,003	0,003	238	1159	1762	1,599E+13	9,974E+13	7,615E+13			
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	0%	0,373	5,870	9,203	0,089	0,484	2,046	0,015	0,121	0,084	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,033	0,196	0,163	0,011	0,127	0,100	0,018	0,003	0,003	215	725	1295	1,523E+13	1,047E+14	6,927E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/dicht	+/-2%	0,340	4,001	5,754	0,079	0,347	1,283	0,014	0,077	0,052	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,031	0,158	0,135	0,011	0,093	0,074	0,018	0,003	0,002	176	662	897	1,331E+13	7,344E+13	4,426E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/dicht	0%	0,320	4,267	6,232	0,073	0,361	1,384	0,014	0,075	0,049	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,031	0,156	0,132	0,010	0,091	0,072	0,018	0,003	0,002	171	603	818	1,293E+13	7,727E+13	4,558E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/fluessig	+/-2%	0,351	4,019	5,610	0,084	0,350	1,246	0,015	0,072	0,050	0,021	0,200	0,200	1,234	1,800	1,800	0,032	0,154	0,133	0,011	0,088	0,072	0,018	0,002	0,002	163	691	929	1,242E+13	6,589E+13	4,218E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/fluessig	0%	0,336	3,820	5,686	0,079	0,333	1,262	0,014	0,070	0,048	0,021	0,200	0,200	1,234	1,800	1,800	0,031	0,152	0,131	0,011	0,087	0,070	0,018	0,002	0,002	159	633	851	1,235E+13	7,010E+13	4,421E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/gesaettigt	+/-2%	0,386	4,903	6,813	0,094	0,420	1,513	0,016	0,103	0,068	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,034	0,179	0,149	0,011	0,113	0,088	0,019	0,003	0,003	196	784	1016	1,499E+13	8,749E+13	5,885E+13			
io	Agglo/FernStr-City/60/gesaettigt	0%	0,365	5,175	7,691	0,087	0,435	1,698	0,016	0,099	0,066	0,058	0,600	0,600	1,234	1,800	1,800	0,033	0,176	0,147	0,011	0,111	0,086	0,019	0,003	0,003	195	738	961	1,479E+13	9,238E+13	6,144E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	+/-2%	0,321	3,603	5,979	0,073	0,315	1,326	0,013	0,072	0,051	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,031	0,153	0,134	0,010	0,089	0,073	0,018	0,002	0,002	169	614	1019	1,276E+13	6,940E+13	4,210E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	+/-4%	0,372	4,102	6,465	0,088	0,366	1,438	0,015	0,075	0,056	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,032	0,156	0,138	0,011	0,091	0,077	0,018	0,002	0,002	177	814	1216	1,298E+13	6,436E+13	3,701E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	0%	0,297	4,002	5,487	0,067	0,338	1,218	0,013	0,069	0,049	0,029	0,300	0,300	1,234	1,800	1,800	0,030	0,151	0,132	0,010	0,087	0,072	0,018	0,003	0,002	162	554	951	1,212E+13	7,459E+13	4,082E+13			
io	Agglo/FernStr-City/70/fluessig	+/-2%	0,333	3,785	4,978	0,078	0,331	1,101	0,014	0,067	0,042	0,021	0,200	0,200</																					

Tab. A3.3:
Emissionsfaktoren Umweltzone 2011 Autobahn

Straßen- kategorie	Verkehrssituation	Längs- neigung	NOx			NO2			PM10_Mot			PM10_AufAb			BAP			PM25			Ruß			Benzol			CO2			PN		
			PKW g/km	LKW g/km	LBus g/km	PKW µg/km	LKW µg/km	LBus µg/km	PKW µg/km	LKW µg/km	LBus µg/km	PKW g/km	LKW g/km	LBus g/km																		
AB	Agglo/FernStr-City/60/dicht	0%	0,298	4,356	6,245	0,091	0,388	1,355	0,010	0,053	0,051	0,030	0,300	0,300	0,578	1,800	1,800	0,030	0,138	0,136	0,010	0,072	0,070	0,002	0,002	0,002	168	704	804	1,268E+13	6,718E+13	4,316E+13
AB	Land/AB/100/fluessig	+/-2%	0,352	2,656	3,696	0,106	0,254	0,782	0,012	0,033	0,037	0,022	0,200	0,200	0,578	1,800	1,800	0,023	0,083	0,087	0,006	0,034	0,036	0,001	0,001	0,002	158	693	761	1,143E+13	4,049E+13	2,685E+13
AB	Land/AB/100/fluessig	0%	0,317	2,425	3,700	0,100	0,234	0,775	0,011	0,037	0,035	0,022	0,200	0,200	0,578	1,800	1,800	0,022	0,087	0,085	0,006	0,036	0,035	0,001	0,001	0,002	150	582	726	1,130E+13	5,090E+13	3,655E+13
AB	Land/AB/120/fluessig	0%	0,451	2,427	3,700	0,137	0,234	0,775	0,015	0,037	0,035	0,022	0,200	0,200	0,578	1,800	1,800	0,026	0,087	0,085	0,008	0,036	0,035	0,002	0,001	0,002	186	584	726	1,199E+13	5,080E+13	3,655E+13
AB	Land/AB/80/fluessig	+/-2%	0,282	2,641	3,711	0,089	0,255	0,789	0,010	0,037	0,037	0,022	0,200	0,200	0,578	1,800	1,800	0,021	0,087	0,087	0,006	0,037	0,037	0,001	0,001	0,001	144	675	745	1,138E+13	4,244E+13	2,559E+13
AB	Land/AB/80/fluessig	+/-6%	0,458	4,595	6,477	0,140	0,448	1,394	0,013	0,048	0,061	0,022	0,200	0,200	0,578	1,800	1,800	0,024	0,098	0,111	0,007	0,045	0,055	0,002	0,001	0,001	176	1305	1339	1,216E+13	4,344E+13	2,773E+13
AB	Land/AB/80/fluessig	0%	0,247	2,543	3,621	0,076	0,244	0,764	0,010	0,043	0,040	0,022	0,200	0,200	0,578	1,800	1,800	0,021	0,093	0,090	0,006	0,041	0,039	0,001	0,001	0,001	148	560	695	1,163E+13	5,157E+13	3,563E+13

Tab. A3.4:
Emissionsfaktoren innerhalb der Umweltzone 2011

Straßen- kategorie	Verkehrssituation	Längs- neigung	NOx			NO2			PM10_Mot			PM10_AufAb			BAP			PM25			Ruß			Benzol			CO2			PN		
			PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus
			g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
io	Agglo/Erschliessung/30/gesaettigt	0%	0,434	8,490	15,758	0,120	0,738	3,654	0,010	0,070	0,116	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,028	0,150	0,192	0,009	0,089	0,124	0,018	0,001	0,005	261	941	1784	1,131E+13	9,192E+13	1,164E+14
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-2%	0,379	5,414	9,675	0,100	0,506	2,263	0,009	0,052	0,067	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,027	0,135	0,148	0,009	0,074	0,085	0,018	0,001	0,002	253	891	1432	1,015E+13	6,550E+13	6,612E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-4%	0,433	4,465	9,558	0,123	0,454	2,255	0,009	0,052	0,071	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,028	0,135	0,153	0,009	0,074	0,088	0,018	0,001	0,002	254	1049	1579	1,076E+13	6,409E+13	6,602E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	0%	0,381	6,591	9,891	0,101	0,586	2,306	0,009	0,052	0,065	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,027	0,135	0,147	0,009	0,074	0,084	0,018	0,001	0,002	253	843	1396	1,032E+13	6,820E+13	6,779E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-2%	0,343	4,912	8,777	0,089	0,459	2,053	0,005	0,027	0,035	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,024	0,111	0,118	0,007	0,057	0,062	0,019	0,001	0,003	338	1212	1949	5,073E+12	3,417E+13	3,449E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-4%	0,392	4,051	8,670	0,110	0,412	2,045	0,005	0,027	0,037	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,024	0,111	0,120	0,008	0,057	0,064	0,019	0,001	0,003	340	1428	2149	5,382E+12	3,343E+13	3,444E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	0%	0,345	5,979	8,973	0,090	0,532	2,092	0,005	0,027	0,034	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,024	0,111	0,118	0,007	0,057	0,062	0,018	0,001	0,003	339	1147	1900	5,158E+12	3,557E+13	3,536E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-2%	0,313	3,870	5,815	0,080	0,381	1,359	0,008	0,039	0,046	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,026	0,123	0,129	0,008	0,064	0,070	0,017	0,001	0,002	187	804	957	8,036E+12	4,894E+13	4,970E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-4%	0,345	3,440	6,185	0,092	0,365	1,462	0,008	0,038	0,045	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,026	0,122	0,129	0,009	0,064	0,069	0,018	0,001	0,002	195	966	1198	8,306E+12	4,824E+13	4,746E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	0%	0,308	4,332	6,853	0,078	0,409	1,577	0,007	0,039	0,044	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,026	0,123	0,127	0,008	0,064	0,068	0,017	0,001	0,002	182	751	912	7,941E+12	5,023E+13	5,392E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-2%	0,341	4,440	8,701	0,090	0,424	2,036	0,008	0,051	0,063	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,026	0,133	0,144	0,008	0,074	0,084	0,018	0,001	0,002	211	801	1342	8,379E+12	5,756E+13	6,290E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-4%	0,382	3,822	8,690	0,106	0,398	2,051	0,008	0,049	0,067	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,027	0,131	0,147	0,009	0,073	0,087	0,018	0,001	0,002	218	987	1498	8,778E+12	5,704E+13	6,260E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	0%	0,333	5,572	8,862	0,087	0,500	2,066	0,008	0,052	0,061	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,026	0,134	0,142	0,008	0,075	0,082	0,018	0,001	0,002	211	742	1303	8,374E+12	5,977E+13	6,485E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/dicht	0%	0,283	3,639	6,011	0,070	0,345	1,398	0,007	0,026	0,035	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,025	0,111	0,119	0,008	0,055	0,061	0,017	0,001	0,002	167	623	822	7,118E+12	4,396E+13	4,263E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/fluessig	0%	0,299	2,865	5,430	0,077	0,293	1,268	0,008	0,027	0,035	0,021	0,200	0,200	1,222	1,800	1,800	0,026	0,112	0,119	0,008	0,055	0,061	0,017	0,001	0,001	156	660	857	7,154E+12	3,993E+13	4,141E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/gesaettigt	0%	0,325	4,508	7,457	0,085	0,422	1,719	0,008	0,038	0,049	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,026	0,121	0,131	0,008	0,065	0,073	0,018	0,001	0,002	191	764	966	8,137E+12	5,343E+13	5,762E+13
io	Agglo/FernStr-City/80/dicht	+/-2%	0,343	2,195	5,642	0,092	0,235	1,325	0,008	0,024	0,036	0,021	0,200	0,200	1,222	1,800	1,800	0,026	0,108	0,120	0,008	0,052	0,062	0,017	0,001	0,001	175	594	1066	7,263E+12	3,379E+13	3,394E+13
io	Agglo/FernStr-City/80/dicht	0%	0,329	2,694	5,046	0,087	0,264	1,192	0,007	0,026	0,035	0,021	0,200	0,200	1,222	1,800	1,800	0,026	0,111	0,119	0,008	0,054	0,061	0,017	0,000	0,001	172	509	1007	7,088E+12	3,617E+13	3,598E+13
io	Agglo/FernStr-City/80/fluessig	0%	0,243	2,148	4,240	0,059	0,227	1,000	0,007	0,026	0,033	0,021	0,200	0,200	1,222	1,800	1,800	0,025	0,111	0,117	0,008	0,054	0,059	0,016	0,000	0,001	146	496	915	6,821E+12	3,450E+13	3,366E+13
io	Agglo/HVS/50/dicht	+/-2%	0,397	4,317	8,622	0,111	0,413	2,015	0,009	0,046	0,063	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,027	0,130	0,145	0,009	0,070	0,082	0,018	0,001	0,002	219	771	1389	9,363E+12	5,746E+13	5,914E+13
io	Agglo/HVS/50/dicht	+/-4%	0,409	3,541	8,884	0,114	0,375	2,089	0,009	0,046	0,065	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,027	0,129	0,147	0,009	0,070	0,083	0,018	0,001	0,002	224	942	1560	9,256E+12	5,744E+13	5,786E+13
io	Agglo/HVS/50/dicht	0%	0,384	5,474	8,599	0,105	0,488	2,006	0,009	0,047	0,062	0,029	0,300	0,300	1,222	1,800	1,800	0,027	0,130	0,144	0,009	0,070	0,081	0,018	0,001	0,002	220	700	1351	9,294E+12	5,657E+13	6,160E+13
io	Agglo/HVS/50/gesaettigt	+/-2%	0,376	4,412	9,752	0,099	0,421	2,281	0,008	0,039	0,069	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,027	0,122	0,150	0,009	0,065	0,088	0,018	0,001	0,002	219	789	1444	8,682E+12	6,019E+13	6,898E+13
io	Agglo/HVS/50/gesaettigt	0%	0,361	5,661	9,970	0,094	0,505	2,324	0,008	0,038	0,068	0,058	0,600	0,600	1,222	1,800	1,800	0,026	0,121	0,148	0,009	0,065	0,087	0,018	0,001	0,003	215	736	1407	8,601E+12	6,288E+13	7,073E+13
io	Land/AB/80/fluessig	0%	0,235	1,814	3,197	0,055	0,198	0,742	0,007	0,020	0,028	0,021	0,200	0,200	1,222	1,800	1,800	0,016	0,070	0,078	0,004	0,024	0,030	0,016	0,000	0,001	148	513	702	6,700E+12	3,110E+13	3,265E+13

Tab. A3.5:
Emissionsfaktoren außerhalb der Umweltzone 2011

Straßen- kategorie	Verkehrssituation	Längs- neigung	NOx			NO2			PM10_Mot			PM10_AufAb			BAP			PM25			Ruß			Benzol			CO2			PN		
			PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus	PKW	LKW	LBus
			g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km	g/km
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-2%	0,398	5,808	9,675	0,102	0,514	2,263	0,012	0,088	0,067	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,030	0,168	0,148	0,010	0,101	0,085	0,018	0,002	0,002	255	876	1432	1,391E+13	8,985E+13	6,612E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-4%	0,450	5,202	9,558	0,123	0,486	2,255	0,013	0,090	0,071	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,031	0,170	0,153	0,010	0,102	0,088	0,019	0,002	0,002	256	1026	1579	1,446E+13	8,777E+13	6,602E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	+/-6%	0,478	5,347	10,779	0,132	0,516	2,553	0,014	0,094	0,089	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,032	0,174	0,169	0,011	0,105	0,101	0,019	0,002	0,002	268	1236	1843	1,474E+13	8,743E+13	7,515E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/gesaettigt	0%	0,399	6,725	9,891	0,103	0,575	2,306	0,012	0,088	0,065	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,030	0,168	0,147	0,010	0,101	0,084	0,018	0,003	0,002	256	830	1396	1,426E+13	9,288E+13	6,779E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-2%	0,361	5,269	8,777	0,091	0,467	2,053	0,007	0,046	0,035	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,025	0,128	0,118	0,008	0,071	0,062	0,019	0,003	0,003	342	1192	1949	6,955E+12	4,687E+13	3,449E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-4%	0,408	4,719	8,670	0,110	0,440	2,045	0,008	0,047	0,037	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,026	0,129	0,120	0,008	0,072	0,064	0,020	0,003	0,003	343	1396	2149	7,228E+12	4,579E+13	3,444E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	+/-6%	0,433	4,857	9,778	0,118	0,468	2,316	0,008	0,049	0,046	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,026	0,131	0,129	0,008	0,073	0,064	0,020	0,003	0,003	358	1682	2508	7,370E+12	4,561E+13	3,924E+13
io	Agglo/Erschliessung/50/Tempo30	0%	0,362	6,101	8,973	0,091	0,522	2,092	0,007	0,046	0,034	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,025	0,128	0,118	0,008	0,071	0,062	0,019	0,003	0,003	342	1129	1900	7,129E+12	4,845E+13	3,536E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-2%	0,330	4,335	5,815	0,082	0,397	1,359	0,011	0,067	0,046	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,028	0,149	0,129	0,009	0,085	0,070	0,018	0,002	0,002	188	786	957	1,079E+13	6,730E+13	4,970E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-4%	0,365	4,154	6,185	0,094	0,398	1,462	0,011	0,069	0,045	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,029	0,150	0,129	0,010	0,087	0,069	0,018	0,002	0,002	197	939	1198	1,109E+13	6,580E+13	4,746E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	+/-6%	0,413	4,527	8,081	0,109	0,447	1,920	0,012	0,072	0,066	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,030	0,153	0,147	0,010	0,089	0,084	0,018	0,002	0,002	216	1155	1580	1,146E+13	6,576E+13	5,934E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/dicht	0%	0,325	4,654	6,853	0,080	0,415	1,577	0,010	0,066	0,044	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,028	0,148	0,127	0,009	0,085	0,068	0,018	0,002	0,002	184	735	912	1,065E+13	6,904E+13	5,392E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-2%	0,360	4,853	8,701	0,092	0,436	2,036	0,011	0,086	0,063	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,029	0,164	0,144	0,010	0,101	0,084	0,018	0,002	0,002	213	789	1342	1,126E+13	7,903E+13	6,290E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-4%	0,403	4,546	8,690	0,107	0,430	2,051	0,012	0,085	0,067	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,030	0,164	0,147	0,010	0,100	0,087	0,019	0,002	0,002	220	964	1498	1,163E+13	7,780E+13	6,260E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	+/-6%	0,452	4,922	9,946	0,123	0,478	2,358	0,013	0,089	0,085	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,031	0,167	0,164	0,010	0,103	0,100	0,019	0,002	0,002	235	1191	1780	1,208E+13	7,376E+13	7,191E+13
io	Agglo/FernStr-City/50/gesaettigt	0%	0,352	5,717	8,862	0,089	0,492	2,066	0,011	0,086	0,061	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,029	0,164	0,142	0,009	0,101	0,082	0,018	0,002	0,002	213	733	1303	1,131E+13	8,162E+13	6,485E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/dicht	+/-2%	0,320	3,495	5,476	0,079	0,326	1,289	0,010	0,051	0,038	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,028	0,134	0,122	0,009	0,073	0,064	0,017	0,002	0,001	174	675	904	1,001E+13	5,705E+13	4,141E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/dicht	0%	0,300	3,946	6,011	0,072	0,353	1,398	0,009	0,050	0,035	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,027	0,133	0,119	0,009	0,072	0,061	0,017	0,002	0,002	169	613	822	9,560E+12	6,016E+13	4,263E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/fluessig	+/-2%	0,330	3,486	5,320	0,084	0,328	1,249	0,011	0,048	0,037	0,021	0,200	0,200	1,240	1,800	1,800	0,028	0,132	0,121	0,009	0,071	0,062	0,018	0,001	0,001	162	708	937	9,450E+12	5,213E+13	3,948E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/fluessig	0%	0,317	3,332	5,430	0,079	0,312	1,268	0,010	0,048	0,035	0,021	0,200	0,200	1,240	1,800	1,800	0,028	0,131	0,119	0,009	0,070	0,061	0,018	0,001	0,001	158	646	857	9,388E+12	5,460E+13	4,141E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/gesaettigt	+/-2%	0,367	4,371	6,504	0,096	0,400	1,521	0,011	0,069	0,051	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,029	0,149	0,133	0,010	0,088	0,075	0,018	0,002	0,002	194	798	1023	1,121E+13	6,795E+13	5,509E+13
io	Agglo/FernStr-City/60/gesaettigt	0%	0,345	4,834	7,457	0,087	0,429	1,719	0,011	0,068	0,049	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,029	0,148	0,131	0,010	0,087	0,073	0,018	0,002	0,002	193	750	966	1,097E+13	7,236E+13	5,762E+13
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	+/-2%	0,299	3,082	5,654	0,072	0,292	1,326	0,009	0,046	0,037	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,027	0,129	0,121	0,009	0,069	0,063	0,017	0,001	0,001	168	625	1028	9,446E+12	5,376E+13	3,658E+13
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	+/-4%	0,347	3,364	6,066	0,087	0,330	1,434	0,010	0,047	0,040	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,028	0,130	0,124	0,009	0,070	0,065	0,018	0,001	0,001	175	839	1229	9,758E+12	5,057E+13	3,453E+13
io	Agglo/FernStr-City/70/dicht	0%	0,279	3,696	5,168	0,066	0,330	1,216	0,009	0,045	0,036	0,029	0,300	0,300	1,240	1,800	1,800	0,027	0,128	0,120	0,009	0,069	0,062	0,017	0,002	0,001	160	562	959	9,060E+12	5,810E+13	3,822E+13
io	Agglo/FernStr-City/70/fluessig	+/-2%	0,313	3,252	4,683	0,078	0,308	1,098	0,010	0,044	0,031	0,021	0,200	0,200	1,240	1,800	1,800	0,028	0,128	0,115	0,009	0,068	0,057	0,018	0,001	0,001	154	679	891	9,083E+12	4,815E+13	3,006E+13
io	Agglo/FernStr-City/70/fluessig	0%	0,296	3,075	4,197	0,073	0,291	0,987	0,010	0,044	0,031	0,021	0,200	0,200	1,240	1,800	1,800	0,028	0,128	0,115	0,009	0,068	0,057	0,017	0,001	0,001	152	611	805	9,115E+12	5,135E+13	3,311E+13
io	Agglo/FernStr-City/70/gesaettigt	0%	0,317	4,510	5,685	0,079	0,400	1,330	0,010	0,059	0,039	0,058	0,600	0,600	1,240	1,800	1,800	0,028	0,140	0,122	0,009	0,081	0,066	0,018	0,002	0,001	174	676	932	9,897E+12	6,790E+13	4,367E+13
io	Agglo/FernStr-City/80/dicht	+/-2%	0,369	2,669	5,642	0,095	0,257	1,325	0,011	0,045	0,036	0,021	0,200	0,200	1,240	1,800	1,800	0,029	0,128	0,120	0,009	0,068	0,062	0,018	0,001	0,001	177	582	1066	9,505E+12	4,639E+13	3,394E+13
io	Agglo/FernStr-City/80/dicht	0%	0,353	2,999	5,046	0,090	0,274	1,192	0,010	0,047	0,035	0,021	0,200	0,200	1,240	1,800	1,800	0,028	0,130	0,119	0,009	0,070	0,061	0,018	0,001	0,001	174	502	1007	9,317E+12	4,954E+13	3,598E+13
io	Agglo/FernStr-City/80/fluessig	0%	0,260	2,562	4,240	0,061	0,245	1,000	0,009	0,046	0,033	0,021	0,200	0,200	1,240	1,800	1,800	0,027														

A N H A N G A4:
ERGEBNISABBILDUNGEN IMMISSIONEN

Immission

NO₂

Immissionen NO₂
Istzustand 2009

NO₂-Jahresmittelwert

[µg/m³]

≤ 25

≤ 30

≤ 35

≤ 40

≤ 50

≤ 60

≤ 70

> 70

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.1

Übersicht

 Umweltzone*

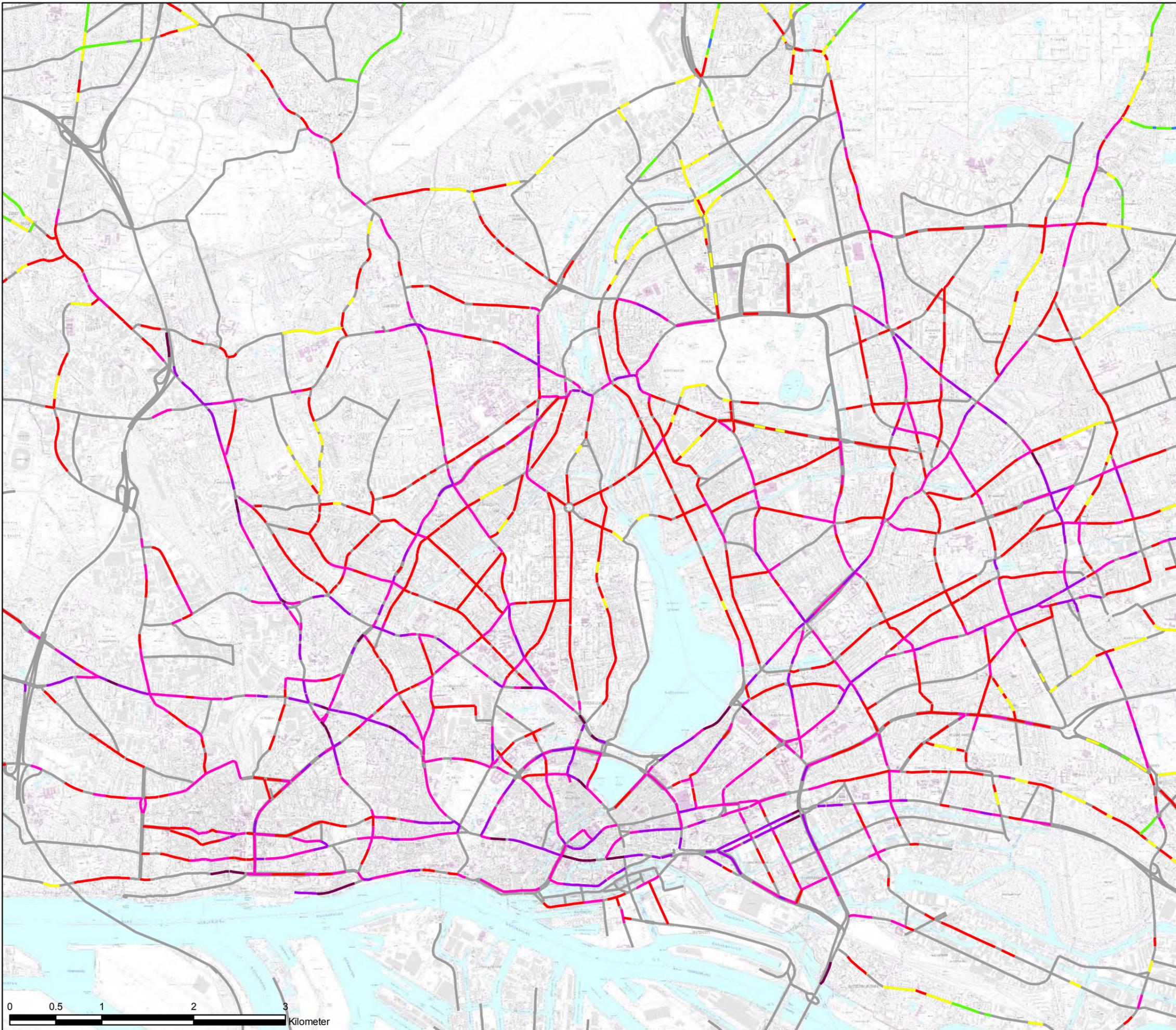
 Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer



Immission

NO₂

Immissionen NO₂
Nullfall 2011

NO₂-Jahresmittelwert

[µg/m³]

≤ 25

≤ 30

≤ 35

≤ 40

≤ 50

≤ 60

≤ 70

> 70

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N ↑	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.2

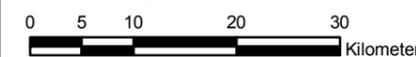
Übersicht

■ Umweltzone*

□ Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

NO₂

Immissionen NO₂
Umweltzone 2011

NO₂-Jahresmittelwert

[µg/m³]

≤ 25

≤ 30

≤ 35

≤ 40

≤ 50

≤ 60

≤ 70

> 70

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N ↑		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.3

Übersicht

■ Umweltzone*

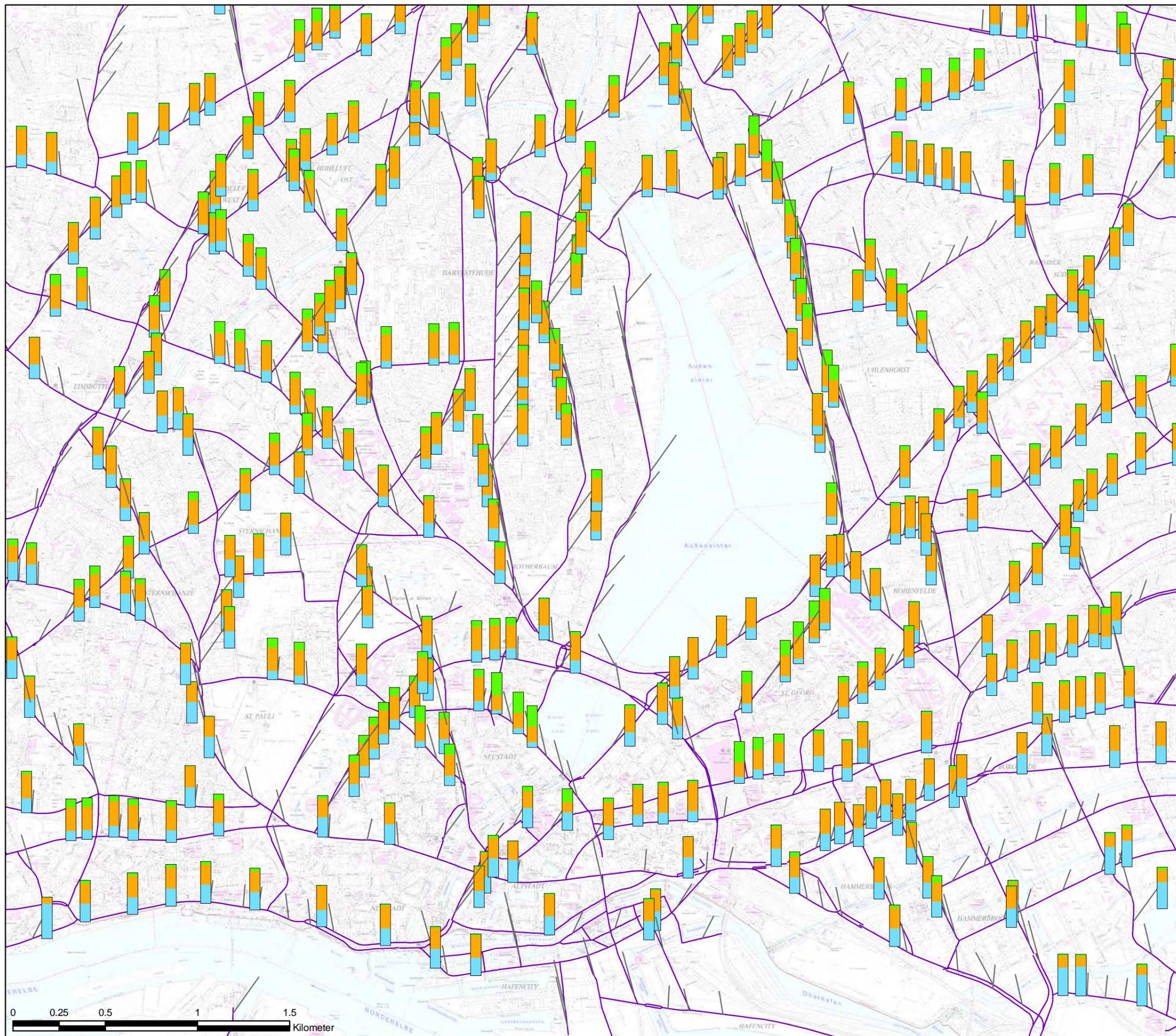
□ Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer



Immission

NO_x

Anteile der Zusatzbelastung der NO_x Immissionen getrennt nach PKW, LKW und Linienbusse Istzustand 2009

NO_x Immissionsanteile



- Linienbus
- PKW
- LKW

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N 	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

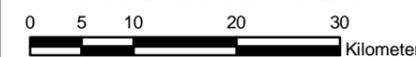
Abb. A4.4

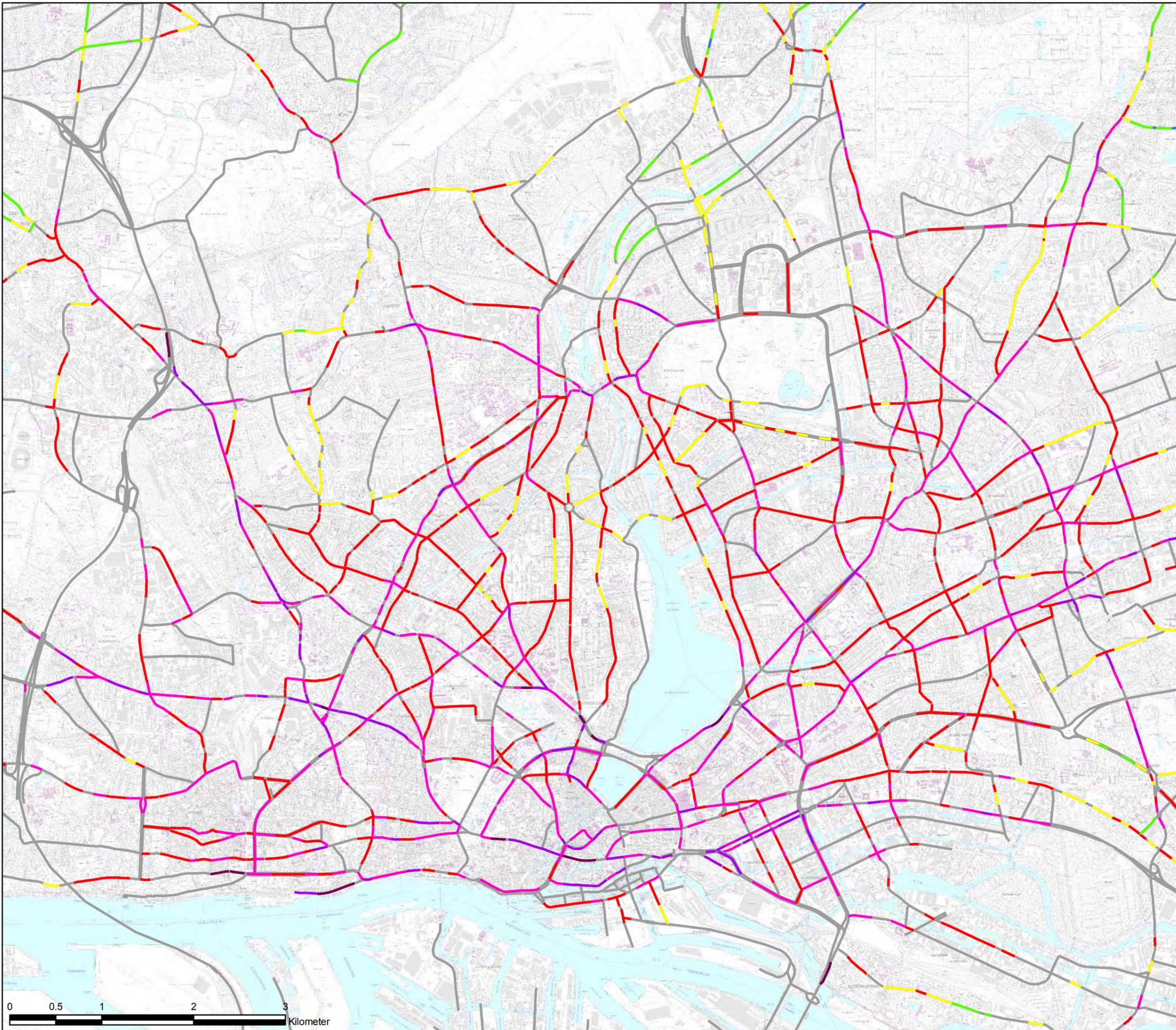
Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone





Immission

NO₂

Reduzierter Verkehr 2011

NO₂-Jahresmittelwert

[µg/m³]

- ≤ 25
- ≤ 30
- ≤ 35
- ≤ 40
- ≤ 50
- ≤ 60
- ≤ 70
- > 70

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N ↑	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

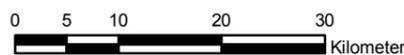
Abb. A4.5

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM10

Immissionen PM10
Istzustand 2009

PM10-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

≤ 22

≤ 25

≤ 28

≤ 31

≤ 35

≤ 40

> 40

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.6

Übersicht

Umweltzone*

Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

Immission

PM10

Immissionen PM10
Nullfall 2011

PM10-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 22
- ≤ 25
- ≤ 28
- ≤ 31
- ≤ 35
- ≤ 40
- > 40

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

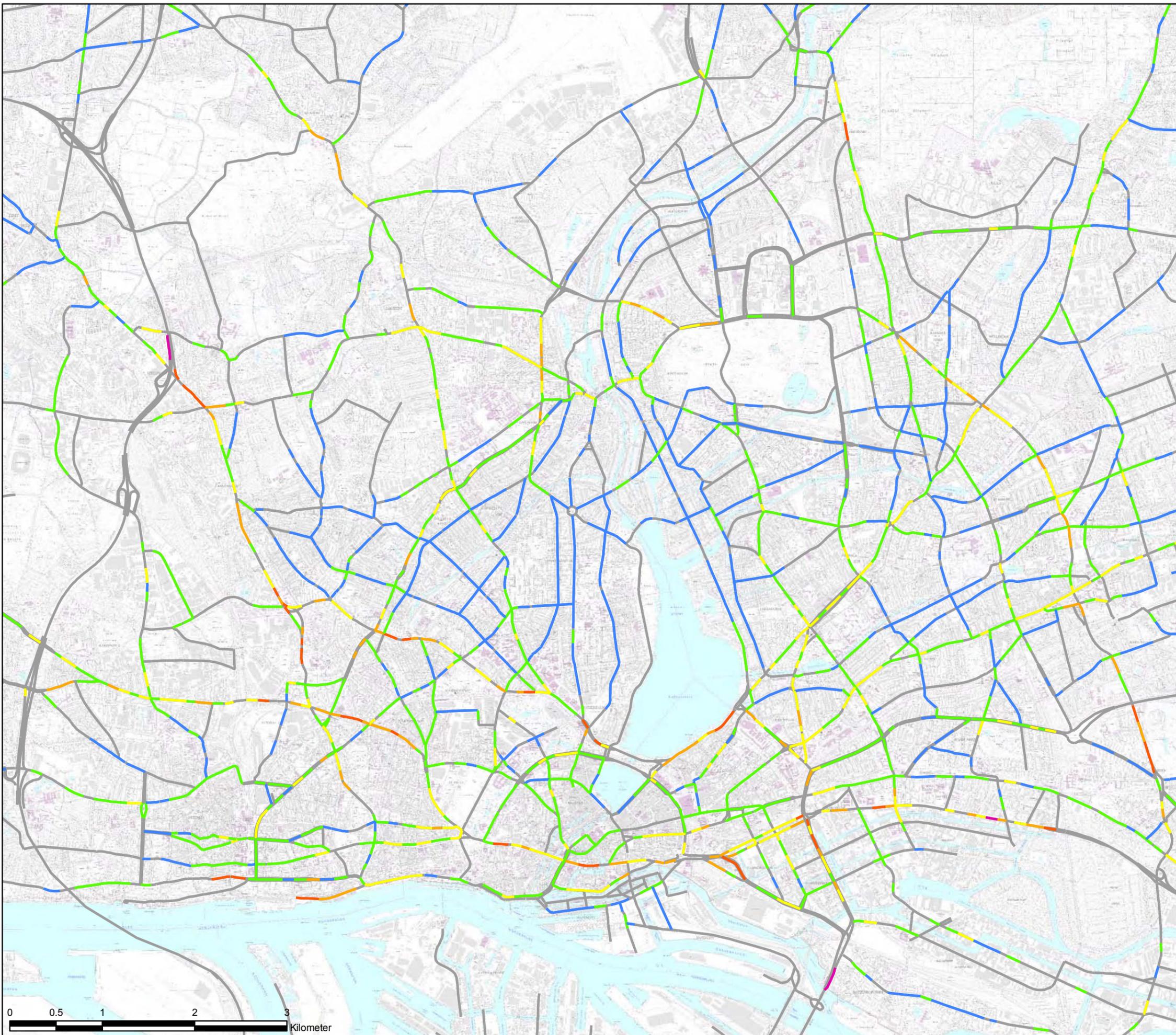
Abb. A4.7

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM10

Immissionen PM10
Umweltzone 2011

PM10-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 22
- ≤ 25
- ≤ 28
- ≤ 31
- ≤ 35
- ≤ 40
- > 40
- Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.8

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

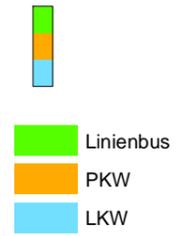
0 5 10 20 30
Kilometer

Immission

PM10

Anteile der Zusatzbelastung der PM10-Immissionen getrennt nach PKW, LKW und Linienbusse Iztzustand 2009

PM10-Immissionsanteile



Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

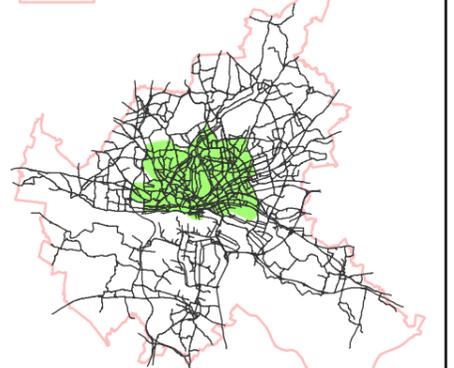
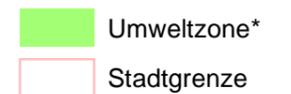
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

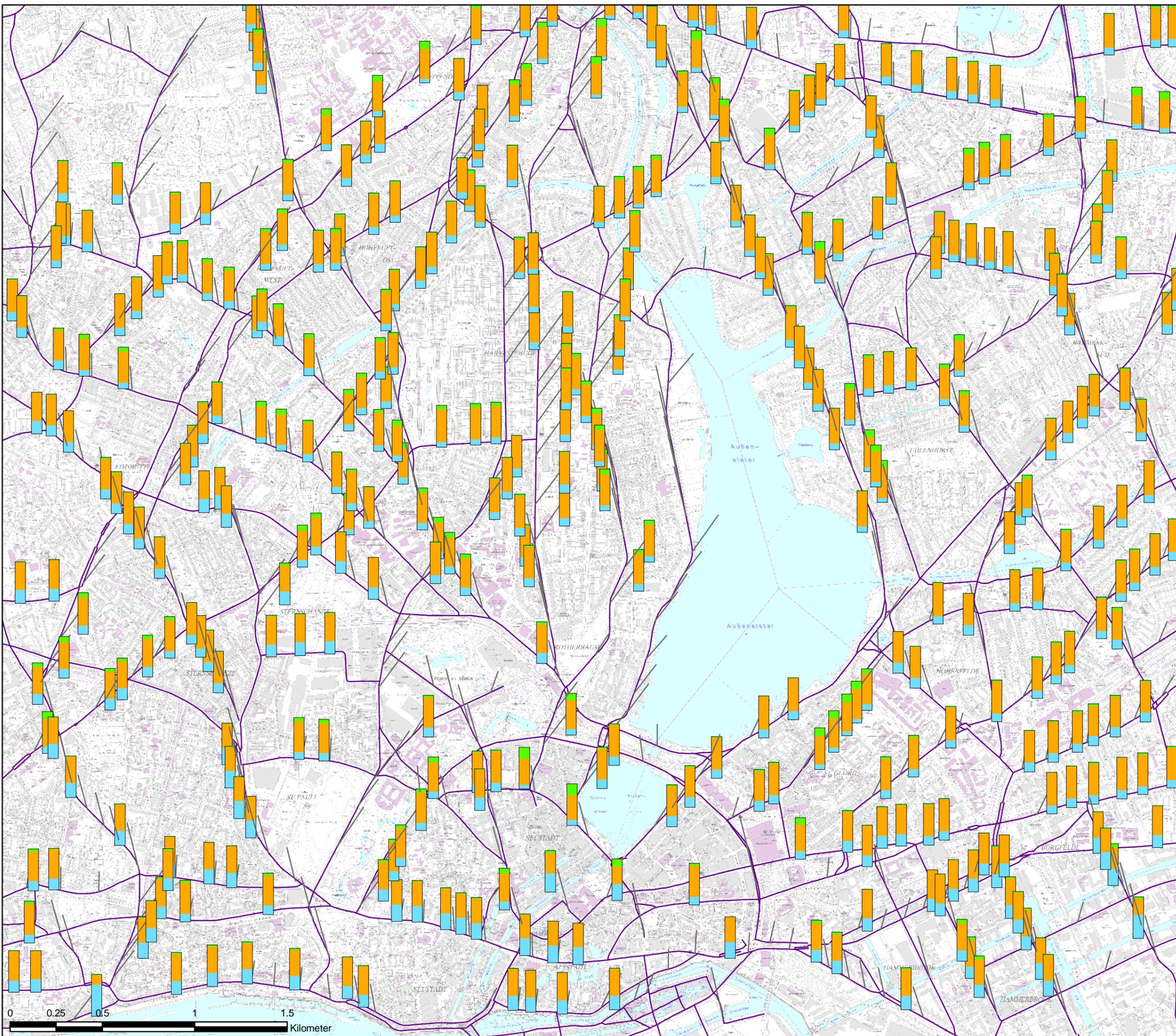
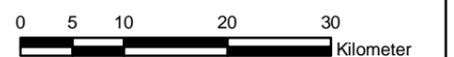
N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	11.03.11	HL
Projekt	70565-09-01		

Abb. A4.9

Übersicht



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM10

Reduzierter Verkehr 2011

PM10-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

-  ≤ 22
-  ≤ 25
-  ≤ 28
-  ≤ 31
-  ≤ 35
-  ≤ 40
-  > 40
-  Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

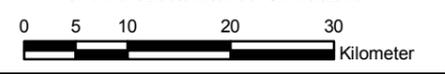
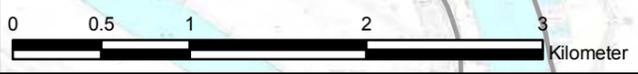
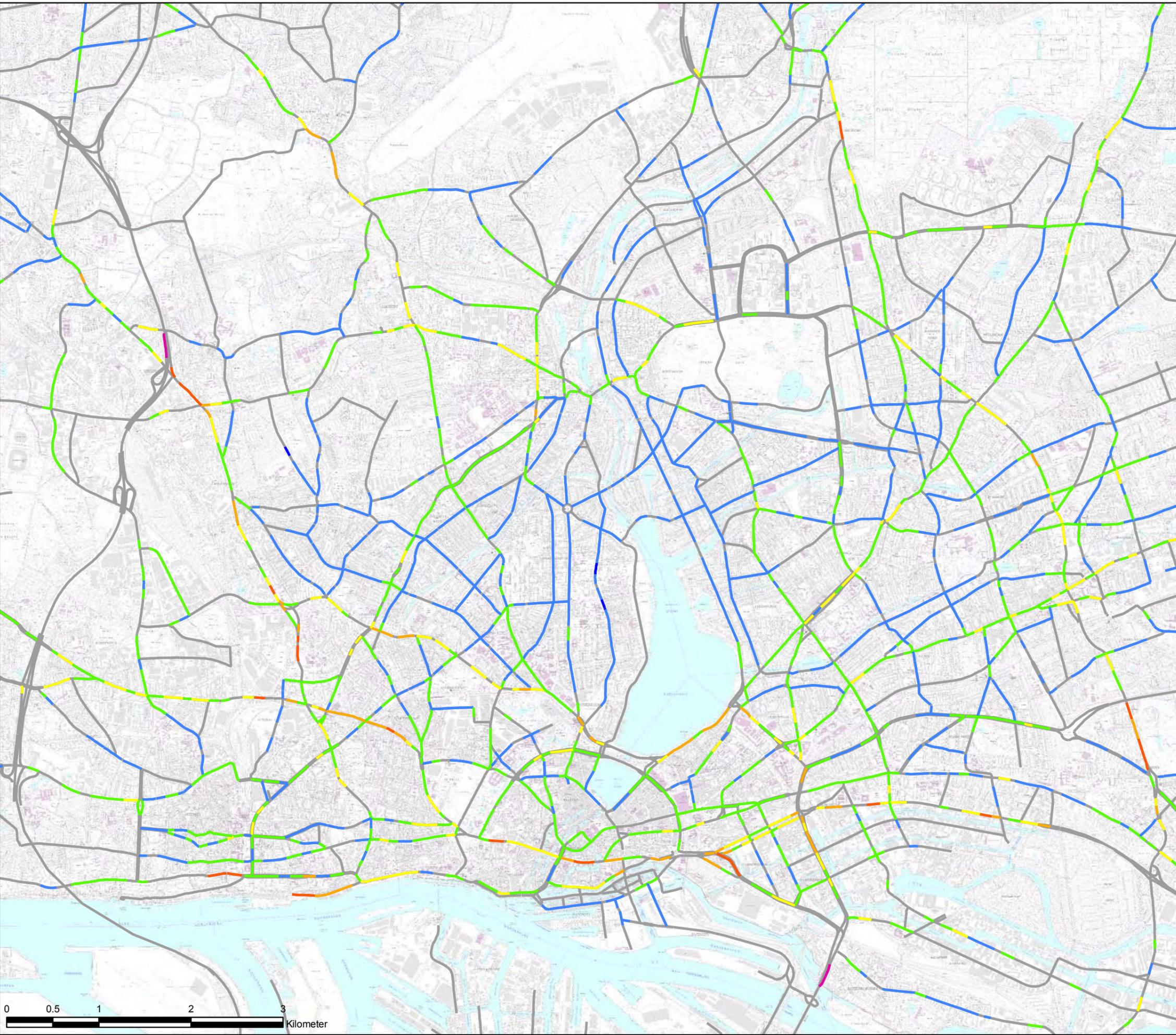
Abb. A4.10

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM2.5

Immissionen PM2.5
Istzustand 2009

PM2.5-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

-  ≤ 17.00
-  ≤ 18.00
-  ≤ 19.00
-  ≤ 20.00
-  ≤ 22.00
-  ≤ 25.00
-  > 25
-  Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

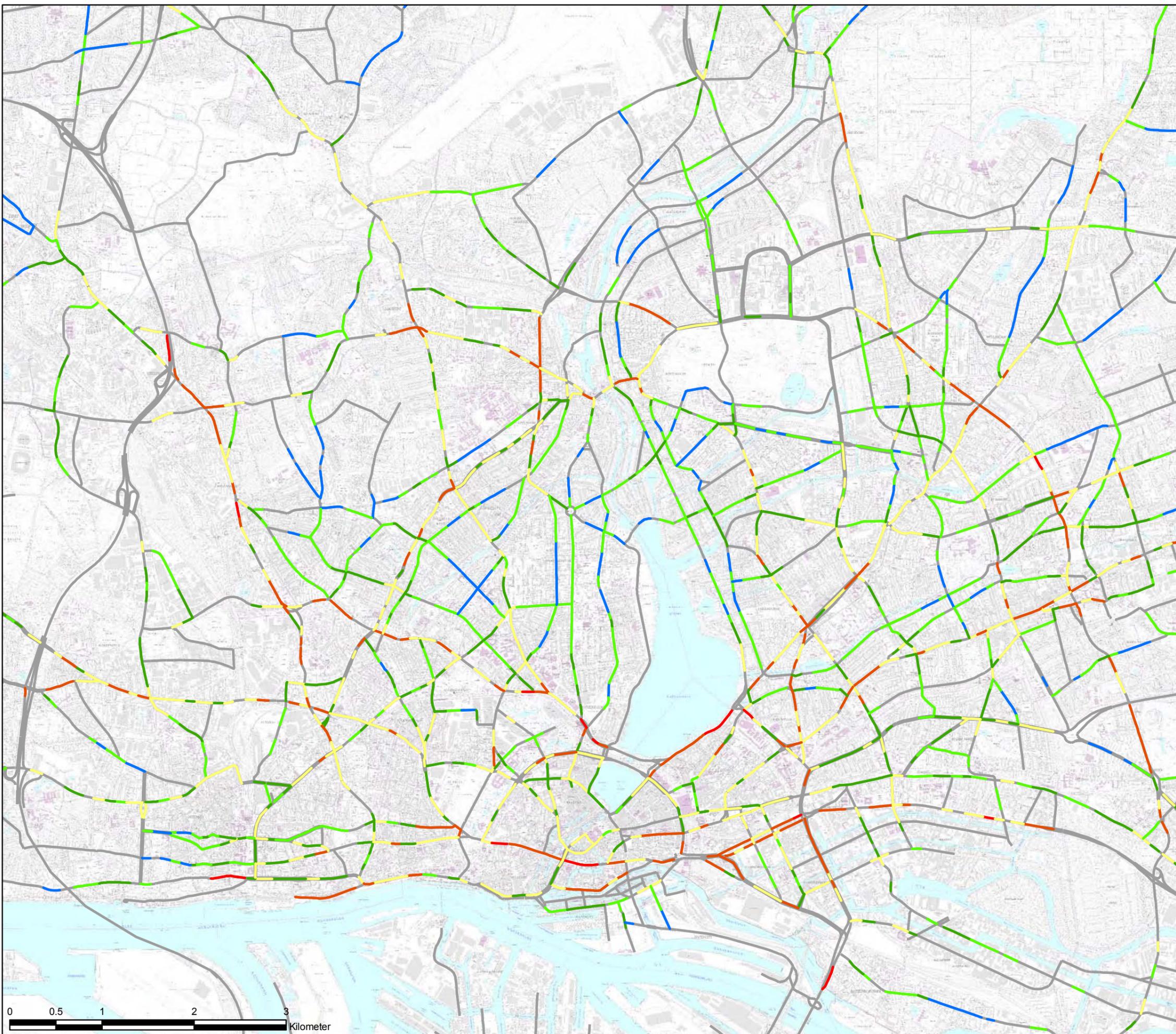
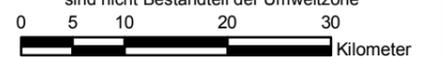
Abb. A4.11

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM2.5

Immissionen PM2.5
Nullfall 2011

PM2.5-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

-  ≤ 17.00
-  ≤ 18.00
-  ≤ 19.00
-  ≤ 20.00
-  ≤ 22.00
-  ≤ 25.00
-  > 25
-  Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

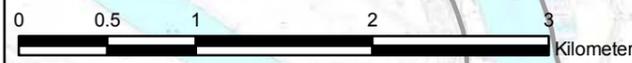
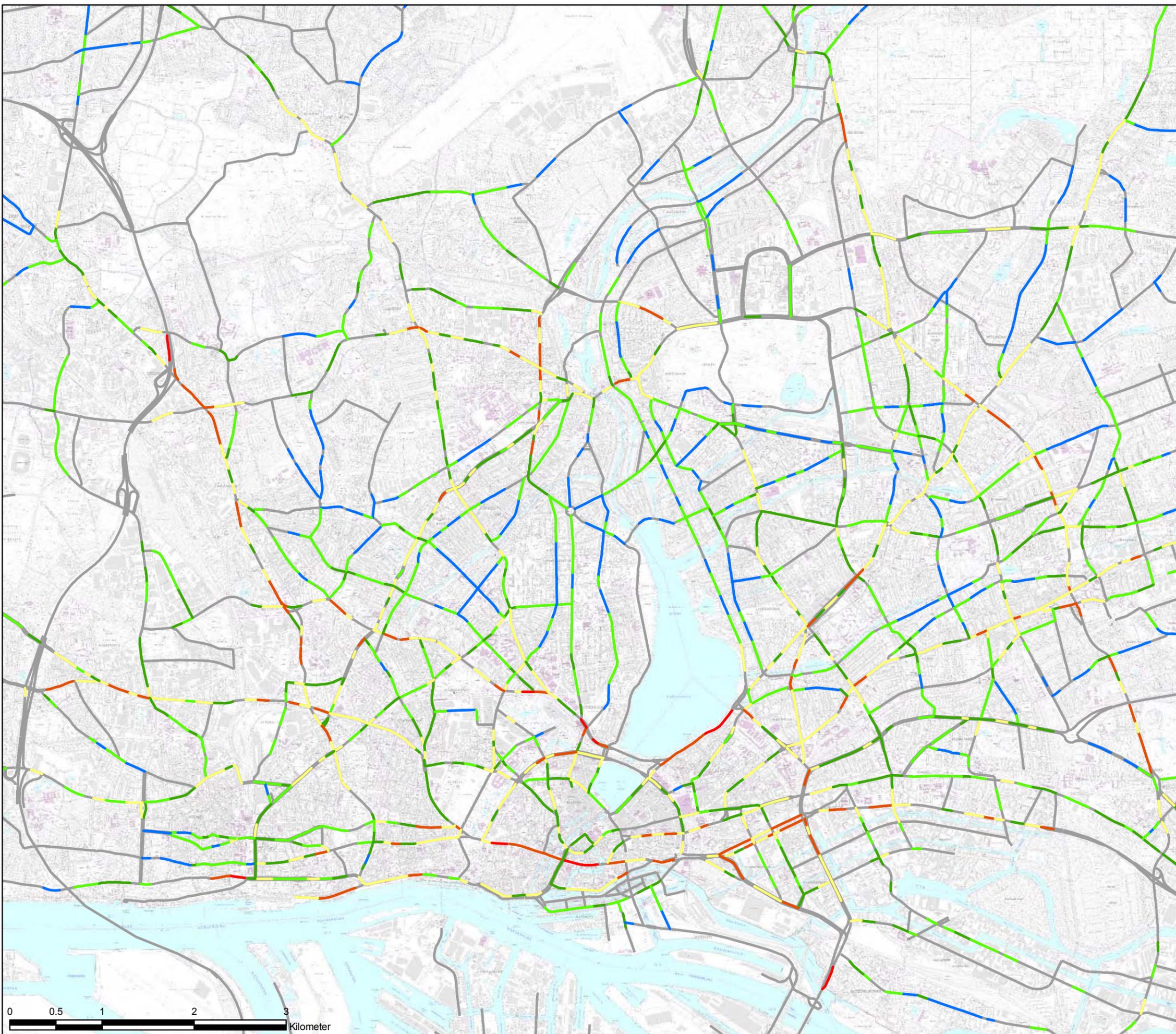
Abb. A4.12

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM2.5

Immissionen PM2.5
Umweltzone 2011

PM2.5-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

-  ≤ 17
-  ≤ 18
-  ≤ 19
-  ≤ 20
-  ≤ 22
-  ≤ 25
-  > 25
-  Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

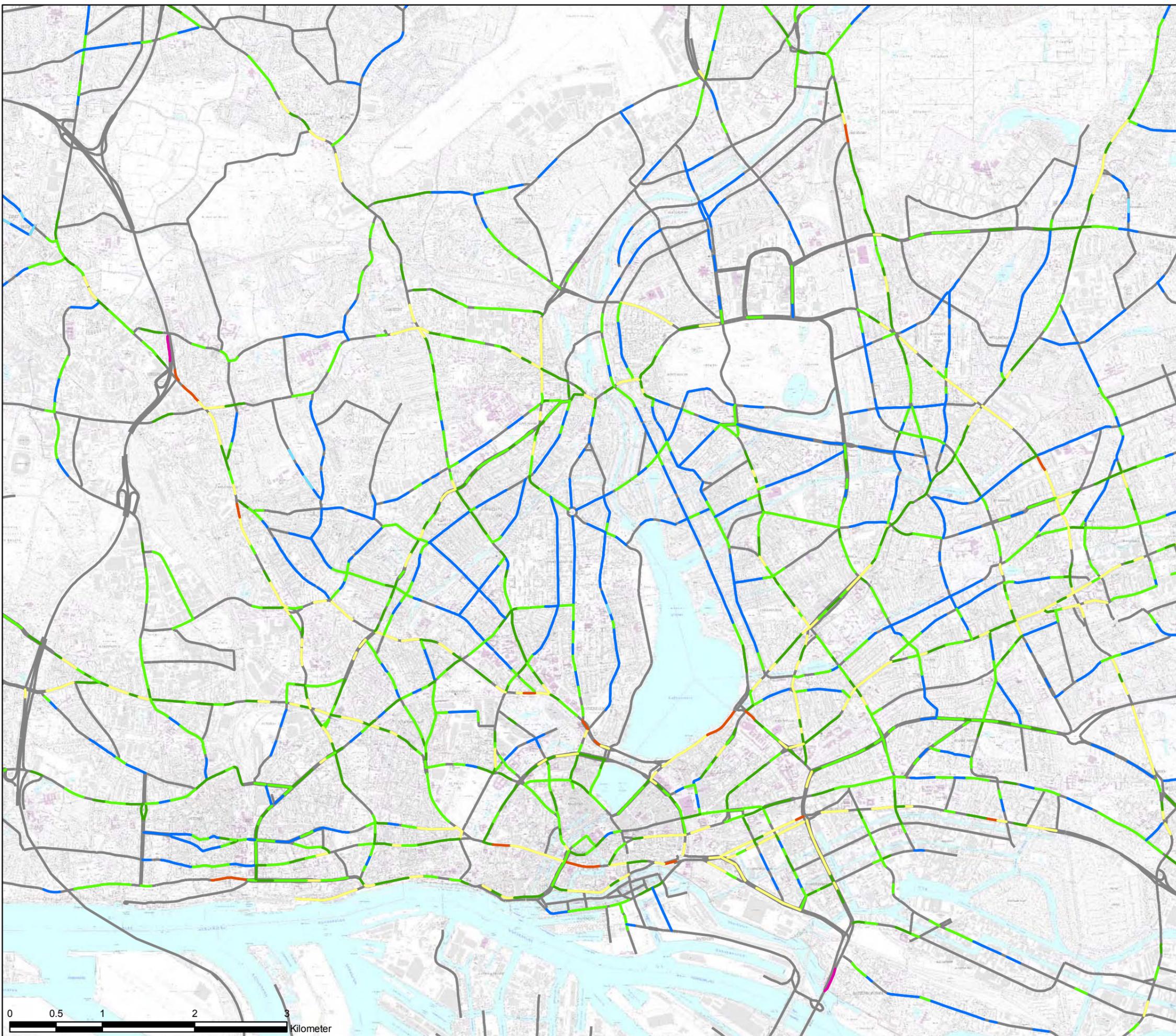
Abb. A4.13

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

Ruß

Immissionen Ruß
Istzustand 2009

Ruß-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

-  ≤ 2
-  ≤ 3
-  ≤ 4
-  ≤ 5
-  > 5
-  Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

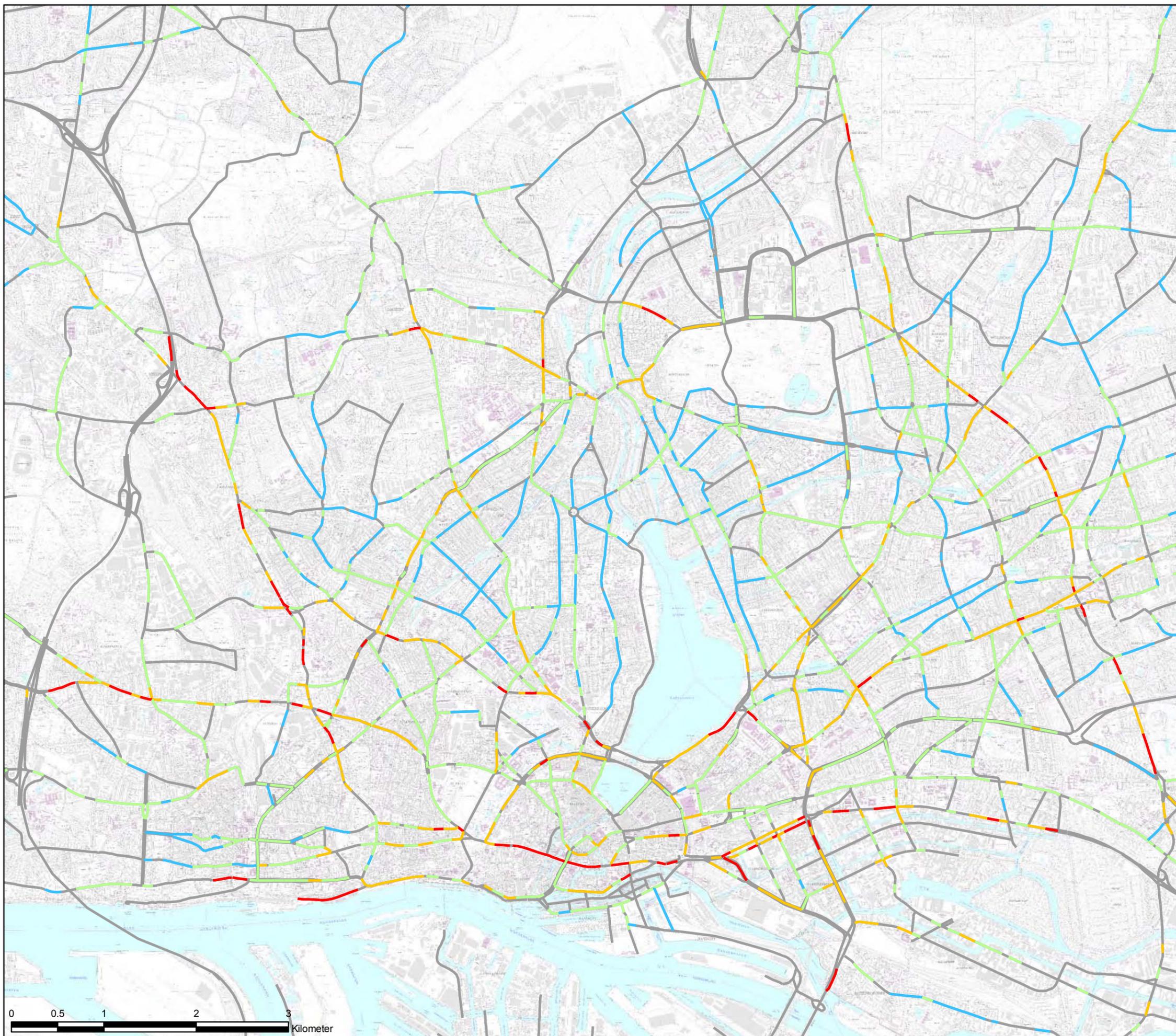
Abb. A4.14

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

Ruß

Immissionen Ruß
Nullfall 2011

Ruß-Jahresmittelwert [µg/m³]

- ≤ 2
- ≤ 3
- ≤ 4
- ≤ 5
- > 5
- Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
Projekt		70565-09-01	

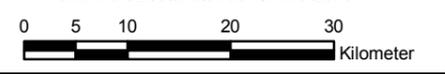
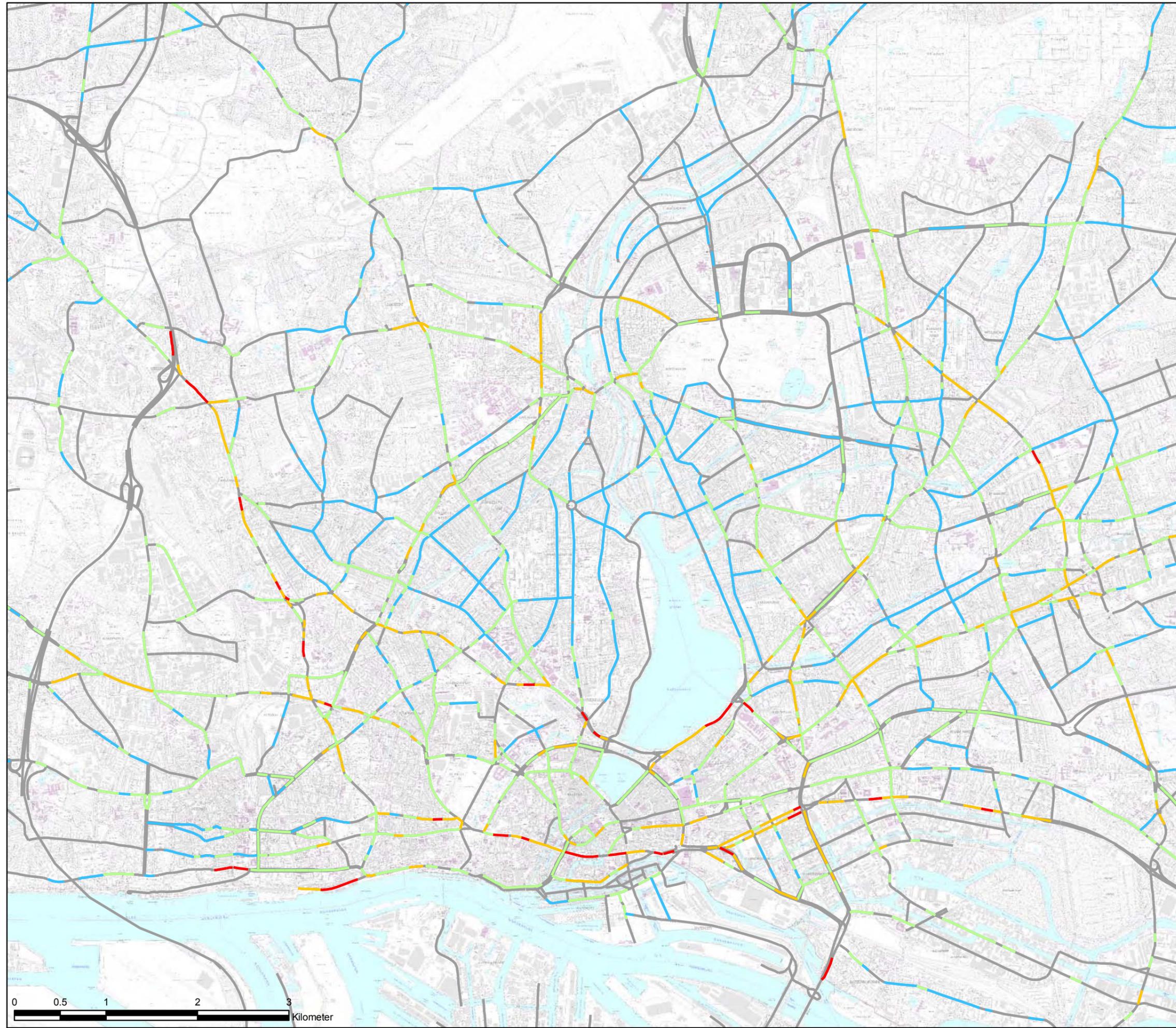
Abb. A4.15

Übersicht

-  Umweltzone*
-  Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

Ruß

Immissionen Ruß
Umweltzone 2011

Ruß-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

≤ 2

≤ 3

≤ 4

≤ 5

> 5

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.16

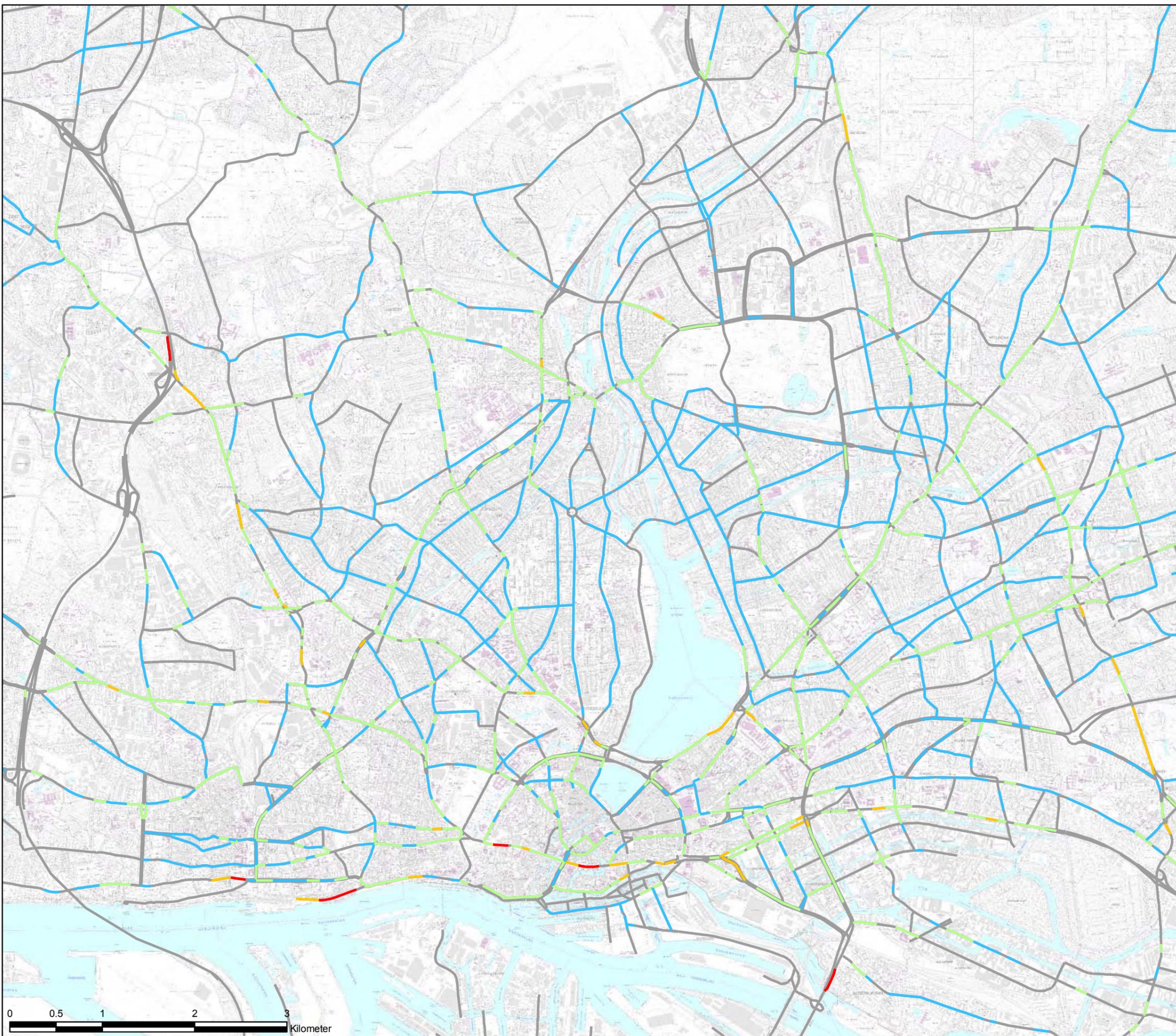
Übersicht

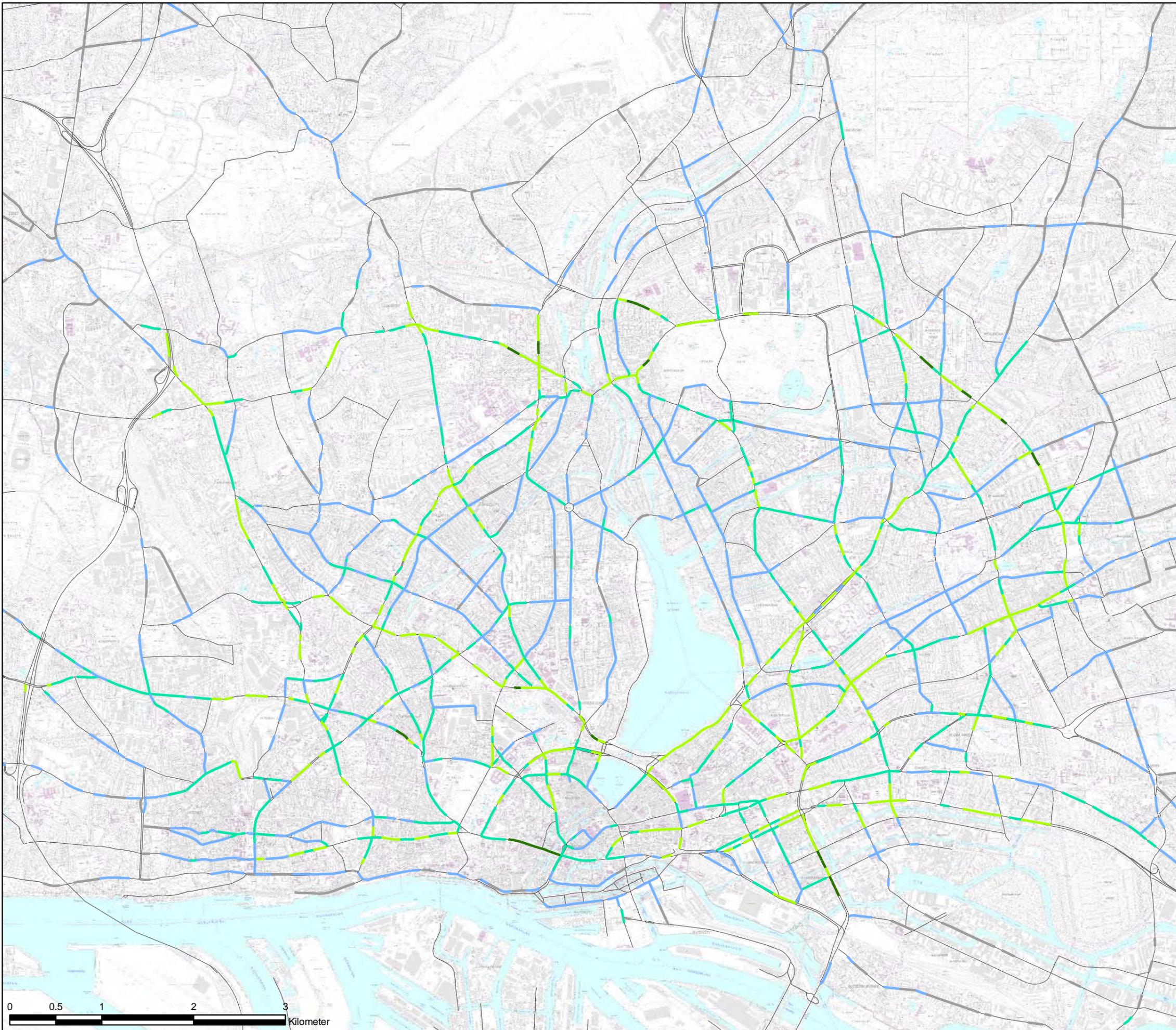
■ Umweltzone*

□ Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone





Immission

NO₂

Differenz der Zusatzbelastung
Immissionen
Umweltzone minus Nullfall 2011

- Reduzierung NO₂**
Jahresmittelwert [µg/m³]
- -1.90 - -1.50
 - -1.49 - -1.00
 - -0.99 - -0.75
 - -0.74 - -0.50
 - -0.49 - 0.00
 - Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N ↑	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.17

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

NO₂

Minderung der jahresmittleren Gesamtbelastung im Szenario Umweltzone im Vergleich zum Nullfall 2011

Relative Reduzierung NO₂

Jahresmittelwert [%]

— -3.00 - -2.00

— -1.99 - -1.00

— -0.99 - 0.00

— 1.00

— 2.00

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	LB
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.18

Übersicht

— Umweltzone*

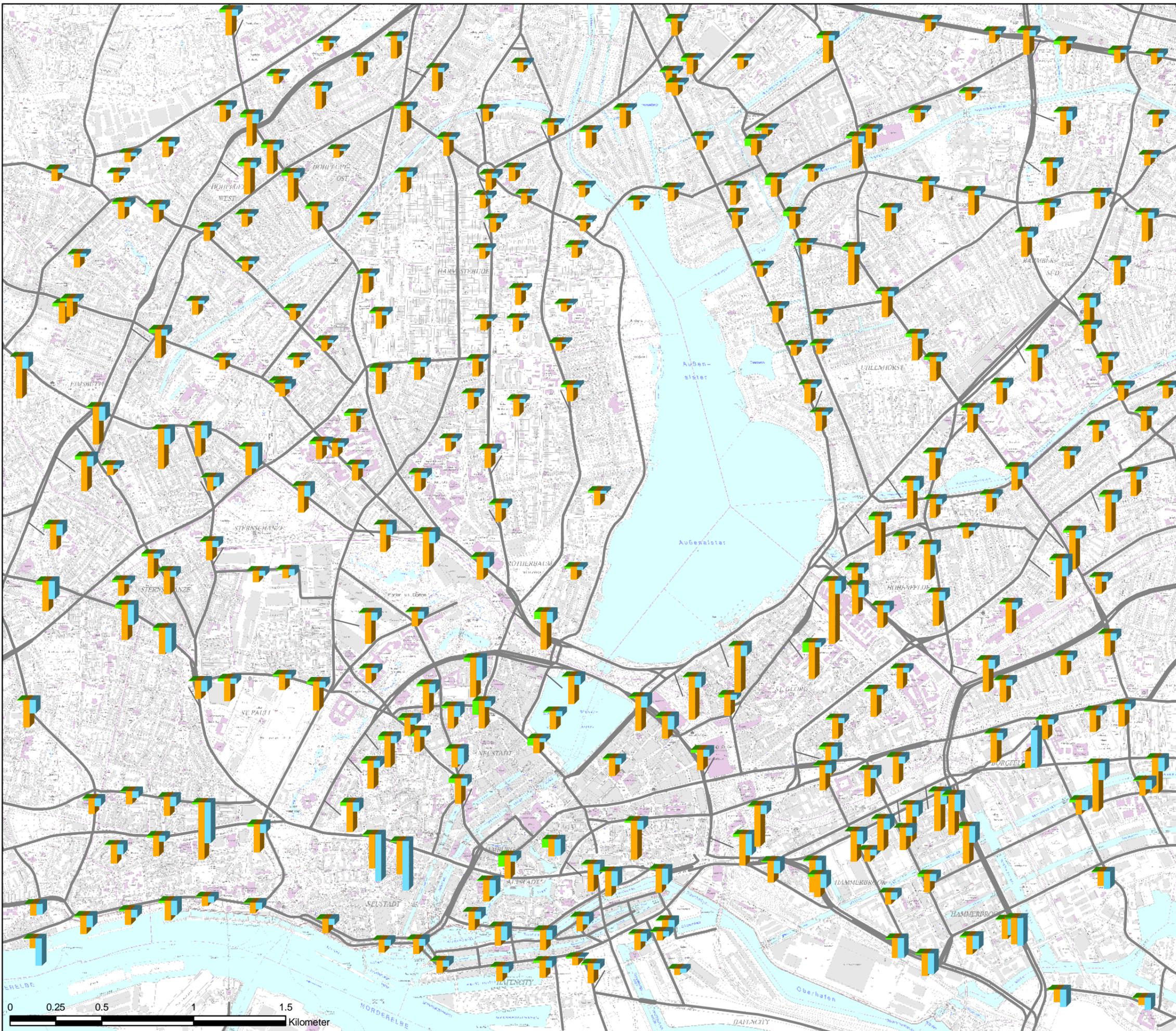
— Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer

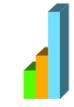


Immission

NO_x

Anteile von der Fahrzeugkategorien PKW, LKW und Linienbusse an der durch die Einführung der Umweltzone zu erwartenden Immissionsminderung NO_x

NO_x-Jahresmittelwert [µg/m³]



6.6

- Linienbus
- PKW
- LKW
- Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
 Schadstoffemissionen
 und -immissionen in Hamburg**



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	11.03.11	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.19

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission PM10

Differenz der Zusatzbelastung
Immissionen
Umweltzone minus Nullfall 2011

Differenz PM10
Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- -3.3 - -3.0
- -2.9 - -2.0
- -1.9 - -1.5
- -1.4 - -1.0
- -0.9 - -0.5
- -0.4 - 0.0

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg

N 		Datum	Zeichen
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.20

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone
sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM10

Minderung der jahresmittleren Gesamtbelastung im Szenario Umweltzone im Vergleich zum Nullfall 2011

Relative Differenz PM10

Jahresmittelwert [%]

-8.51 - -5.00

-4.99 - -3.00

-2.99 - -2.00

-1.99 - -1.00

-0.99 - -0.50

-0.49 - 0.00

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.21

Übersicht

Umweltzone*

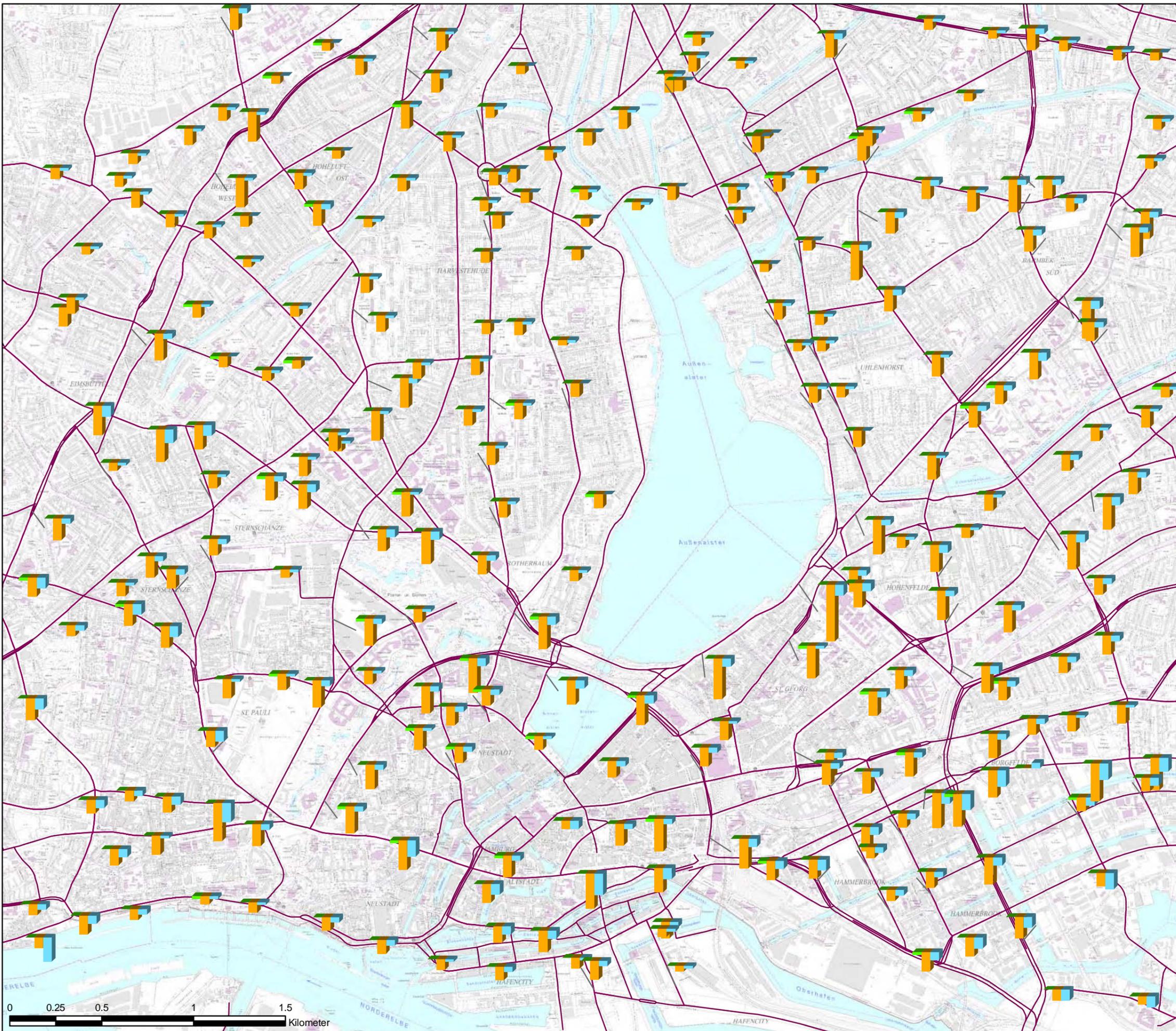
Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

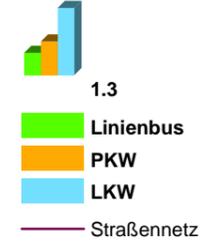
0 5 10 20 30
Kilometer



Immission PM10

Anteile von den Fahrzeugkategorien PKW, LKW und Linienbusse an der durch die Einführung der Umweltzone zu erwartenden Immissionsminderung PM10

Minderung PM10-Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
 Schadstoffemissionen
 und -immissionen in Hamburg**

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
Projekt		70565-09-01	

Abb. A4.22

Übersicht



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM2.5

Minderung der jahresmittleren Gesamtbelastung im Szenario Umweltzone im Vergleich zum Nullfall 2011

- Reduzierung PM25**
Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- 3.0 - -2.50
 - 2.49 - -2.0
 - 1.9 - -1.5
 - 1.49 - -1.0
 - 0.9 - -0.50
 - 0.49 - 0.0
- Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

**Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg**

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

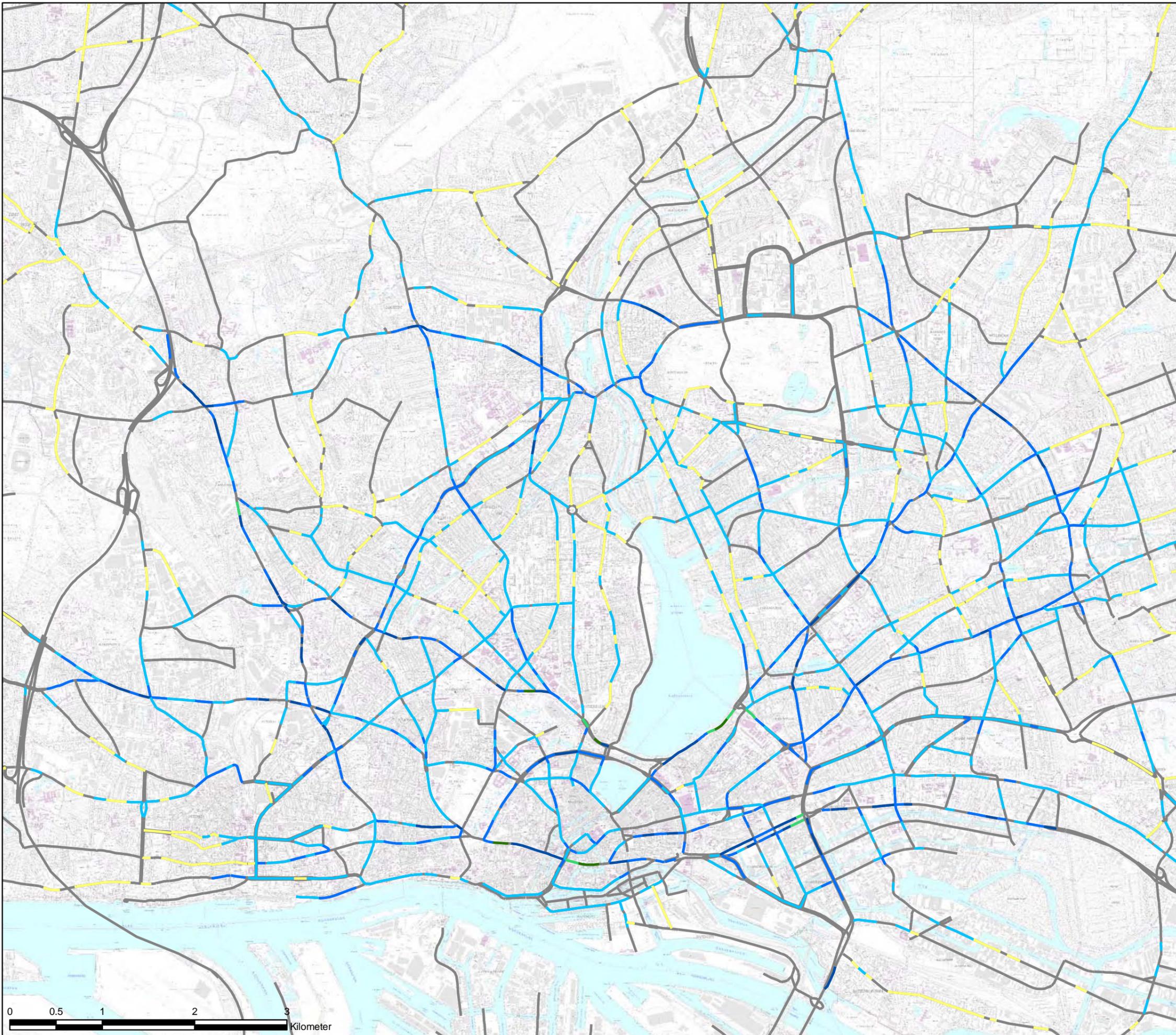
Abb. A4.23

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM2.5

Minderung der jahresmittleren Gesamtbelastung im Szenario Umweltzone im Vergleich zum Nullfall 2011

Relative Reduzierung PM2.5

Jahresmittelwert [%]

-10.87 - -7.00

-6.99 - -5.00

-4.99 - -3.00

-2.99 - 2.00

2.01 - 1.00

1.01 - 0.00

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter
Schadstoffemissionen
und -immissionen in Hamburg

N	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.24

Übersicht

Umweltzone*

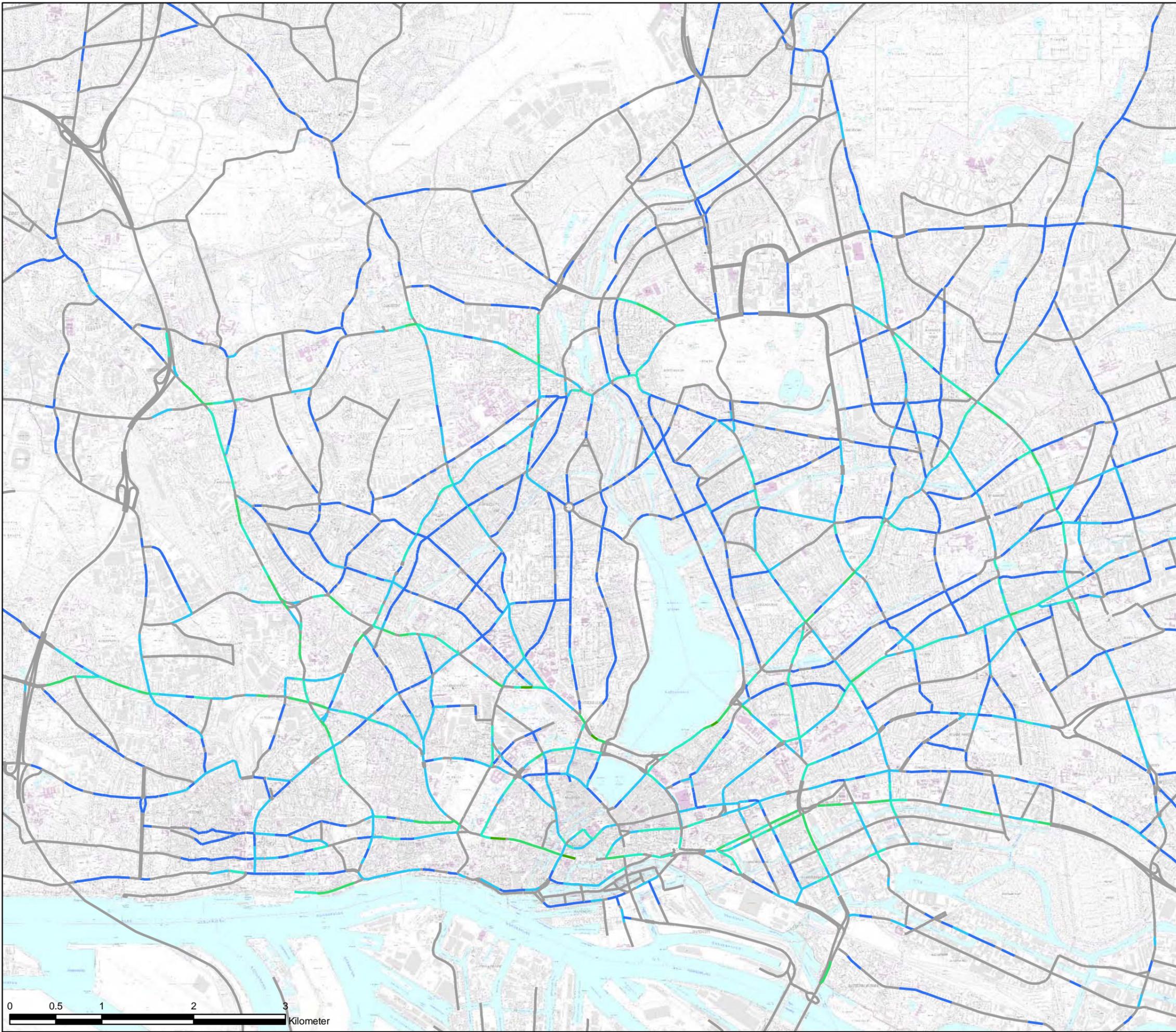
Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone

0 0.5 1 2 3
Kilometer

0 5 10 20 30
Kilometer



Immission

Ruß

Absolute Minderung der jahresmittleren Gesamtbelastung im Szenario Umweltzone im Vergleich zum Nullfall 2011

Reduzierung Ruß

Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- -1.60 - -1.30
- -1.29 - -0.80
- -0.79 - -0.60
- -0.59 - -0.40
- -0.39 - -0.20
- -0.19 - 0.0

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

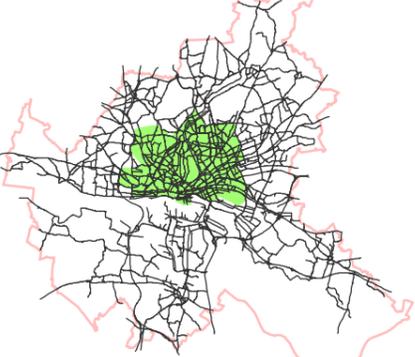
Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg

N ↑	Datum	Zeichen	
	gezeichnet	30.09.10	VS
	geprüft	30.09.10	HL
	Projekt	70565-09-01	

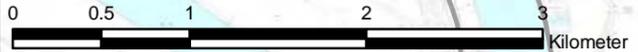
Abb. A4.25

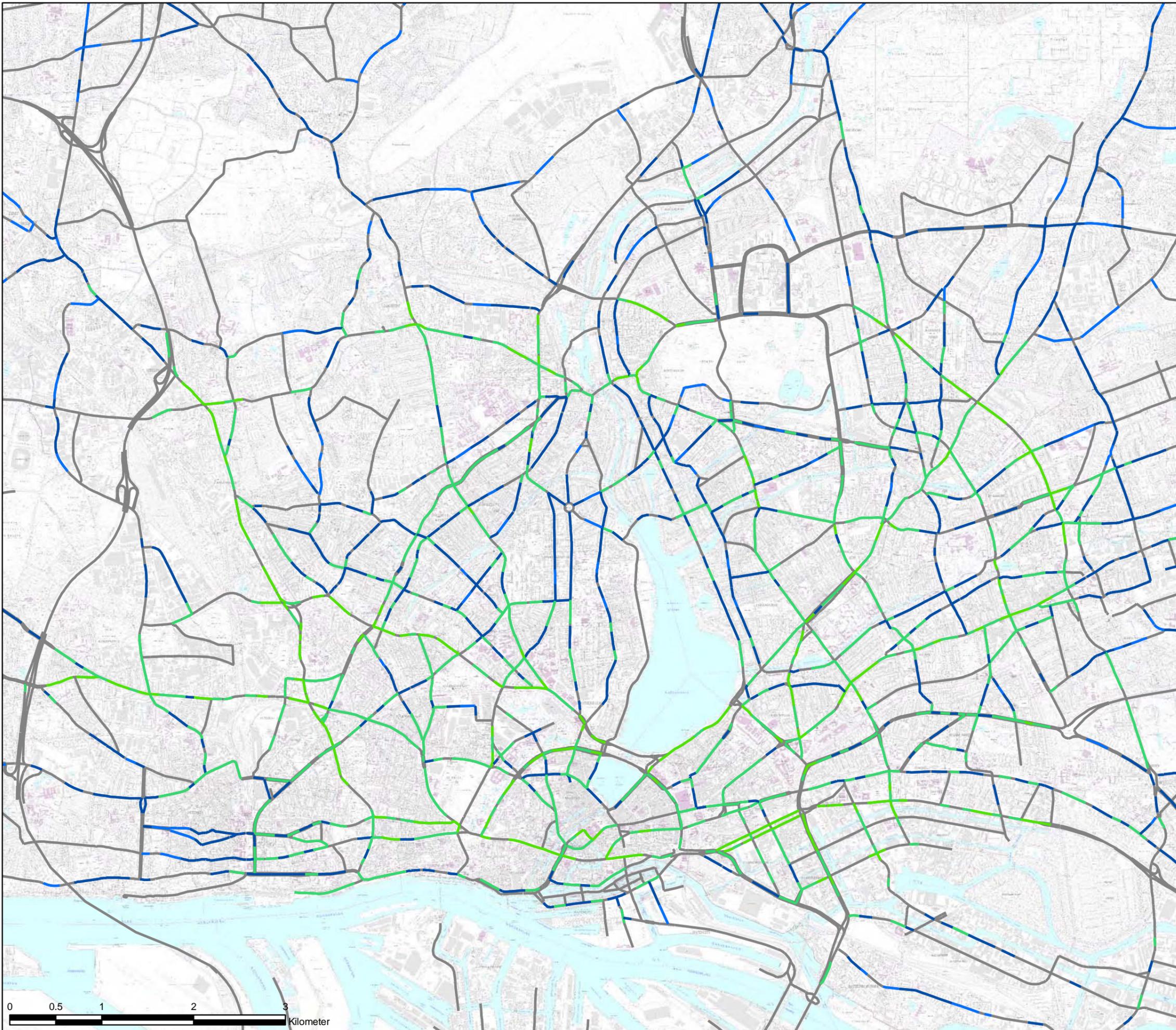
Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone





Immission

Ruß

Relative Minderung der jahresmittleren Gesamtbelastung im Szenario Umweltzone im Vergleich zum Nullfall 2011

Relative Reduzierung Ruß

Jahresmittelwert [%]

-22.86 - -15.00

-14.99 - -10.00

-9.99 - -5.00

-4.99 - -2.50

-2.49 - -1.00

-0.99 - 0.00

— Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
 Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
 Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
 Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
 Luftreinhaltung
 Stadthausbrücke 8
 20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter
 Schadstoffemissionen
 und -immissionen in Hamburg



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.26

Übersicht

Umweltzone*

Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone



Immission

PM2.5

Reduzierter Verkehr 2011

PM2.5-Jahresmittelwert

[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- ≤ 17
- ≤ 18
- ≤ 19
- ≤ 20
- ≤ 22
- ≤ 25
- > 25
- Straßennetz

Auftragnehmer: **Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG**
Mohrenstraße 14, 01445 Radebeul
Telefon 0351/ 83914-0

Freie und Hansestadt Hamburg

Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt,
Amt für Immissionsschutz und Betriebe,
Luftreinhaltung
Stadthausbrücke 8
20355 Hamburg

Berechnung KFZ-bedingter Schadstoffemissionen und -immissionen in Hamburg



	Datum	Zeichen
gezeichnet	30.09.10	VS
geprüft	30.09.10	HL
Projekt	70565-09-01	

Abb. A4.27

Übersicht

- Umweltzone*
- Stadtgrenze



* Straßen auf der Grenze der Umweltzone sind nicht Bestandteil der Umweltzone

