



Lohmeyer

PM_x-MODELLIERUNG FÜR DIE FREIE UND HANSESTADT HAMBURG

Auftraggeber:

Freie und Hansestadt Hamburg
Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft
- Immissionsschutz und Abfallwirtschaft -
Neuenfelder Straße 19
21109 Hamburg

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dresden



Mai 2026
Projekt 10451-24-10
Berichtsumfang 52 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	AUFGABENSTELLUNG	5
3	VORGEHENSWEISE	6
	3.1 Beurteilungsmaßstab	6
	3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte	6
	3.3 Hintergrundbelastung durch IMMIKART	8
	3.4 Berechnungsverfahren für die Kfz-Straßen mit PROKAS	8
	3.4.1 Emissionsberechnung	9
	3.4.2 Ausbreitungsberechnung	9
4	EINGANGSDATEN UND HINTERGRUNDBELASTUNG	11
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes	11
	4.2 Verkehrs- und Emissionsdaten	11
	4.2.1 Straßenverkehr	11
	4.2.2 Andere Verkehrsarten und Emissionsquellen	12
	4.3 Hintergrundbelastung der Luft	14
	4.4 Bebauungssituation und Anwohnerstatistik	16
	4.5 Meteorologische Daten	17
5	EMISSIONEN	19
	5.1 Straßenverkehr	19
	5.1.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren	19
	5.1.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren	19
	5.1.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	20
	5.1.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes	21
	5.2 Schiffsverkehr und Umschlagsequipment im Hafen	22
	5.3 Schienenverkehr	24
	5.4 Flugverkehr	26
	5.5 Industrie	28

5.6 Kleinfeuerungsanlagen	30
5.7 Zusammenfassung der Emissionsbeiträge	32
6 IMMISSIONEN.....	34
7 LITERATUR	37
A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS PROKAS.....	40
A2 IMMISSIONSABBILDUNGEN.....	43
A3 ZUSAMMENSETZUNG DER PM-GESAMTBELASTUNG	50

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Strecke oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Zeiteinheit. 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 an den betrachteten Straßenabschnitten 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

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.

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 weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jah-

resmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Tagesmittelwertes der PM₁₀-Konzentrationen von 50 µg/m³, der nicht mehr als 35 Tagen pro Jahr 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.

Feinstaub/PM₁₀/PM_{2.5}

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

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.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Freie und Hansestadt Hamburg ließ den Luftreinhalteplan in 3. Fortschreibung erstellen. Darin wurde die stadtweite Einhaltung des Jahresmittelgrenzwertes für Stickstoffdioxid von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sichergestellt.

Anknüpfend an den Luftreinhalteplan wurde die Feinstaubkonzentrationen im gesamten Stadtgebiet überprüft. Dazu wurden Berechnungen der einzelnen Sektoren für die Hintergrundbelastung und für den Kfz-Verkehr durchgeführt und die PM₁₀- sowie die PM_{2.5}- Gesamtbelastung ermittelt. Das Bezugsjahr für die Berechnungen war 2024.

Die Beurteilung erfolgte für die Luftschadstoffe der Feinstäube in den Größenklassen bis $10 \mu\text{m}$ bzw. bis $2.5 \mu\text{m}$ im Vergleich mit den zum Schutz der menschlichen Gesundheit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV, welche in Masseinheiten $\mu\text{g}/\text{m}^3$ angegeben wird.

Mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 4.2 (UBA, 2022) wurden mit PROKAS die verkehrsbedingten Emissionen ermittelt.

Die Ausbreitungsmodellierung für die straßenverkehrsbedingte Zusatzbelastung erfolgte mit dem Modell PROKAS/PROKAS_B. Die so berechnete Zusatzbelastung, verursacht vom Kfz-Verkehr auf den berücksichtigten Straßen, wurde mit der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wurde auf Grundlage von Emissionen von unterschiedlichen Quellgruppen sowie Messdaten mittels Ausbreitungs- und Interpolationsverfahren IMMIKART flächendeckend abgeleitet. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

Ergebnisse

PM₁₀-Konzentrationen

Die PM₁₀-Hintergrundbelastung im Stadtgebiet Hamburg umfasst eine große Spannweite von $11\text{--}63 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die hohen Konzentrationen über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entfallen dabei auf einen räumlich sehr begrenzten Bereich am Sandauhafen. Dort werden durch Umschlagsvorgänge lokal hohe PM₁₀-Konzentrationen berechnet. Die PM₁₀-Belastungen im städtischen Hintergrund liegen außerhalb des Hafennutzungsgebiets überwiegend zwischen $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In den insgesamt 3 300 beurteilungsrelevanten Straßenabschnitten werden maximale Jahresmittelwerte von $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Dieser Wert liegt in 4 Abschnitten vor. An allen

anderen Straßenabschnitten liegen die Werte darunter. Die PM10-Hintergrundbelastungen wurden an diesen 4 Straßenabschnitten mit 13–14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt. Die entsprechenden Kfz-bedingten Zusatzbelastungen entsprechen somit 7–8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Großteil der Zusatzbelastung wird durch die Abriebe- und Wiederaufwirbelung verursacht. Die berechneten Auspuff-Zusatzbelastungen betragen an diesen Orten ca. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV (2010) wird im Basisszenario 2024 stadtweit nicht erreicht und nicht überschritten.

Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein 24-Stundengrenzwert für Partikel (PM10) von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ definiert, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf. Bei Konzentrationen unterhalb eines Schwellenwertes von 29 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert) wird auch der PM10-24 h-Grenzwert sicher eingehalten. Der PM10-24 h-Grenzwert ist somit eine strengere Kenngröße als der Jahresmittelgrenzwert.

Der strengere PM10-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend der 39. BImSchV wird ebenfalls nicht überschritten.

PM2.5-Konzentrationen

Die Hintergrundbelastung zeigt ein ähnliches Muster wie bei PM10-Konzentrationen. Im Hafengebiet Sandauhafen, Dradenauhafen, Blumensandhafen u.a. in Altenwerder und Wilhelmsburg zeigen sich lokal hohe PM2.5-Konzentrationen bis 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Außerhalb des Hafengebiets werden überwiegend 7–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an PM2.5-Konzentrationen ermittelt.

Auf den beurteilungsrelevanten Straßenabschnitten werden maximale PM2.5-Jahresmittelwerte von 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an 11 Abschnitten berechnet. An 151 Abschnitten werden PM2.5-Konzentrationen über 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Der Großteil der 3 300 berechneten Straßenabschnitte liegt entsprechend darunter. Die straßenverkehrsbedingte Zusatzbelastung erreicht dabei einen Wert von höchstens 3,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, daran sind die Auspuff-Emissionen mit ca. 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ beteiligt. Der Großteil der PM2.5-Gesamtbelastung ist dementsprechend von der Hintergrundbelastung geprägt.

Der seit dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV wird nicht erreicht und nicht überschritten.

2 AUFGABENSTELLUNG

Die Freie und Hansestadt Hamburg ließ den Luftreinhalteplan in 3. Fortschreibung erstellen. Darin wurde die stadtweite Einhaltung des Jahresmittelgrenzwertes für Stickstoffdioxid von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sichergestellt.

Anknüpfend zum Luftreinhalteplan sollten nun die Feinstaub-Konzentrationen im gesamten Stadtgebiet geprüft werden. Dazu sollen Berechnungen der einzelnen Sektoren für die Hintergrundbelastung und für den Kfz-Verkehr durchgeführt und die PM10- sowie die PM2.5-Gesamtbelastung ermittelt werden. Das Bezugsjahr für die Berechnungen ist 2024.

Die Beurteilung soll für die Luftschadstoffe der Feinstäube in den Größenklassen $10 \mu\text{m}$ und $2.5 \mu\text{m}$ im Vergleich mit den zum Schutz der menschlichen Gesundheit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV (2010) erfolgen.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 Beurteilungsmaßstab

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 im Jahr 2010 weitgehend in nationales Recht umgesetzt.

Zu betrachten sind die Feinstäube PM₁₀ und PM_{2.5}. In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Beurteilungswerte zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in µg/m ³	
		Jahresmittel	Kurzzeit
PM ₁₀	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM _{2.5}	Grenzwert seit 2015	25	

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

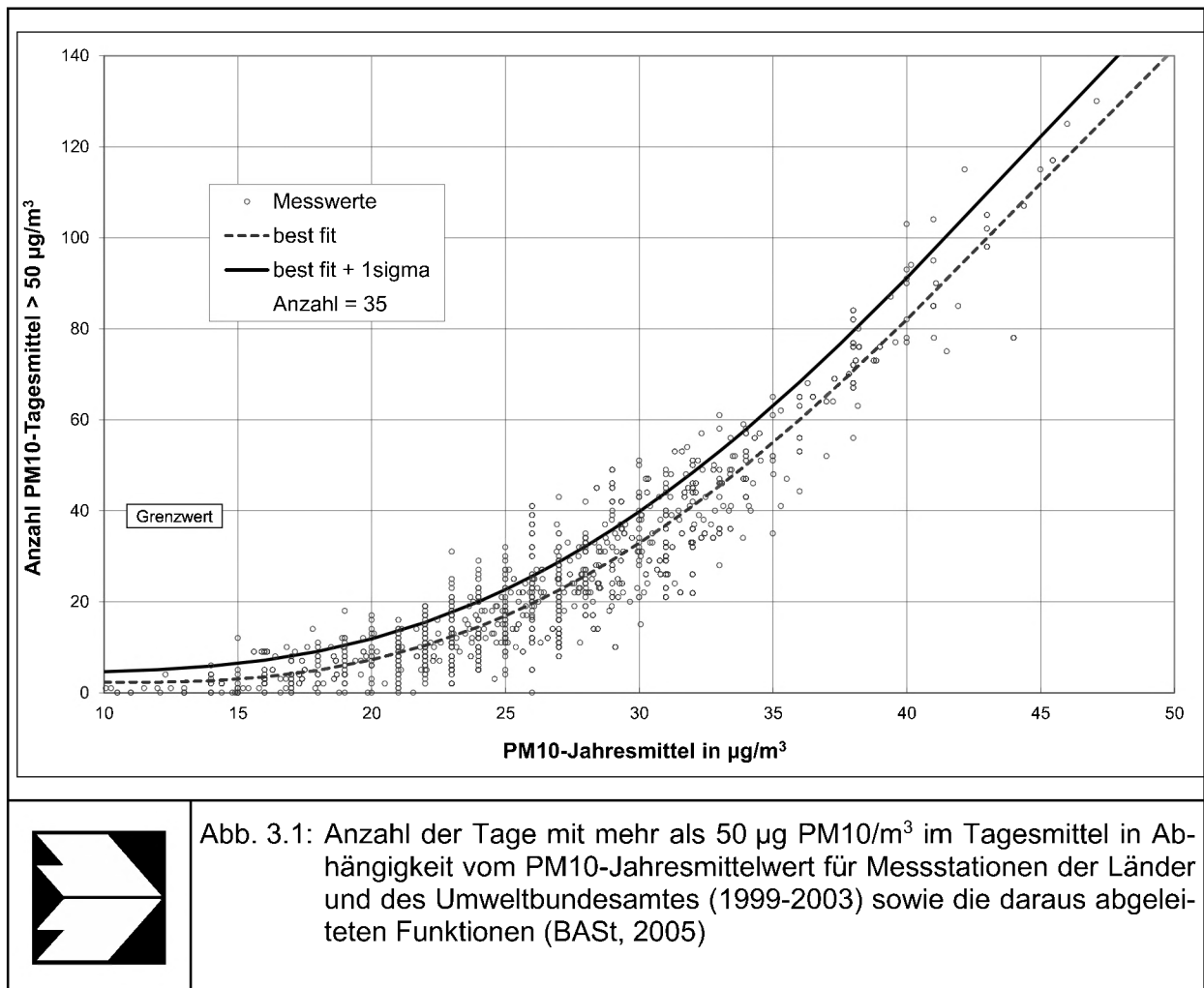
3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM₁₀-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein Verfahren eingesetzt, welches im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM₁₀-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM₁₀-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**) wurde. 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. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o. g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet.



Für die Bewertung des PM₁₀-24 h-Grenzwertes lässt sich die folgende differenzierte Bewertung in Hinblick auf das Eintreten von Überschreitungen ableiten:

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

keine Überschreitung

selten (Wahrscheinlichkeit <40 %)

öfter möglich (Wahrscheinlichkeit 40 bis 80 %)

wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit >80 %)

so gut wie sicher

3.3 Hintergrundbelastung durch IMMIKART

Mit dem Programmsystem WinIMMIKART wird die flächenhafte Hintergrundbelastung unter Einbeziehung einer Interpolation von Luftschadstoffmessdaten in Hamburg und Umgebung und der aus vorliegenden Emissionsdaten flächenhaft berechneten Luftschadstoffkonzentrationen als Jahresmittelwerte ermittelt. Dadurch wird für das Stadtgebiet von Hamburg eine räumlich differenzierte Darstellung des Istzustandes erreicht.

Mit AUSTAL2000 werden zunächst die Zusatzbelastungen aus Industrie, Schiffs- und Schienenverkehr, Flugverkehr und Güterumschlag des Hafens sowie Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand) und Kfz-Verkehr flächendeckend für ganz Hamburg mit einer horizontalen Auflösung von 500 m x 500 m berechnet. Dann wird über das Berechnungsmodul IMMIKART Teil 2 die großräumige Hintergrundbelastung aus den Messdaten der Landesmessnetze Hamburg, Schleswig-Holstein und Niedersachsens über ein Interpolationsverfahren flächenhaft ermittelt und zu den mit AUSTAL2000 berechneten Zusatzbelastungen hinzuaddiert. An den Hintergrund-Messstationen werden dabei die Konzentrationen an die Messdaten angeglichen.

Im Ergebnis liegt eine räumlich differenzierte Karte der PM₁₀- sowie der PM_{2.5}-Hintergrundkonzentration vor, die für die Berechnung der Gesamtbelastung verwendet wird. Zur Besonderheit des Anteils des Kfz-Verkehrsbeitrages in der Hintergrundkonzentration siehe Abschnitt 4.3.

3.4 Berechnungsverfahren für die Kfz-Straßen mit PROKAS

Für das gesamte Betrachtungsgebiet wird das Straßennetzmodell PROKAS (Beschreibung: www.lohmeyer.de/prokas sowie Anhang A2) unter Berücksichtigung der lokalen Windverhältnisse angewendet; mit diesem Verfahren werden Straßennetze, und in typisierter Form auch Randbebauung, berücksichtigt.

3.4.1 Emissionsberechnung

Die Behörde für Verkehr und Mobilität (BVM) hat die Verkehrsdaten zur Verfügung gestellt. Das sind durchschnittlicher täglicher Verkehr (DTV), Schwerverkehrsanteile und Verkehrszustände (LOS-Stufen). Zusätzlich wurden Linienbusflotten bereitgestellt. Auf dieser Grundlage werden die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) bestimmt. Lokale Besonderheiten, wie z. B. Linienbusflotten, werden durch die Änderung der angesetzten Fahrzeugflotte entsprechend des LRP 3 abgebildet. Bereiche mit Dieseldurchfahrtsbeschränkungen sind nicht enthalten.

Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020).

3.4.2 Ausbreitungsberechnung

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den berücksichtigten Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen sowie der typisiert berücksichtigten Gebäudestrukturen (Bebauungstypen) werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet.

Als meteorologische Station bei den Ausbreitungsrechnungen wird die DWD-Station Hamburg Fuhlsbüttel mit den Daten aus dem Jahr 2024 verwendet.

Die fahrzeugerzeugte Turbulenz wird durch eine vertikale Anfangsverdünnung der Schadstoffe berücksichtigt.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- bzw. Kurzzeitwerte des untersuchten Luftschadstoffes ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage der Ergebnisse aus IMMIKART festgelegt.

Die o.g. Berechnungsmethodik wird für die Prognose verwendet. Die Modellgüte der Berechnungen wurde anhand LRP 3. Fortschreibung überprüft. Der Vergleich der Modellergebnisse für 2024 (**Tab. 3.2**) zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messdaten. Die Abweichungen der Modellergebnisse von den PM10-Messwerten lagen bei +12 % an der Stresemannstraße, bei +6 % an der Max-Brauer-Allee und bei 0 % an der Habichtstraße sowie an der Kieler Straße.

Bei PM2.5 wurden die Messwerte an der Habichtstraße und der Kieler Straße getroffen.

Die Modellkette aus Verkehr, Emissionsberechnung und Ausbreitungsmodellierung führt an den vier Straßenabschnitten mit verkehrsnahen Messstationen somit zu einer sehr guten Übereinstimmung mit den Messwerten. Nach 39. BImSchV (dort Anlage 1) ist bei PM10/PM2.5-Jahresmittelwerten eine Abweichung von 50 % zulässig. Diese Zielvorgabe wird an den Messstellen mit +12 % (PM10) bzw. 0 % (PM2.5) deutlich eingehalten.

Station	HaLM-Messung 2022	HaLM-Messung 2023	HaLM-Messung 2024	Hinter- grund	Basisszenario 2024
	PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Stresemannstr.	18	17	17	14	19
Habichtstraße	21	16	19	13	19
Max-Brauer-Allee II	19	15	16	13	17
Kieler Straße	-	-	17	13	17
	PM2.5 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$				
Habichtstraße	10	10	10	8	10
Kieler Straße	11	9	9	9	9

Tab. 3.2: Messwerte und berechnete Immissionen mit Berücksichtigung des Probenahmeortes am Standort der verkehrsnahen Messcontainer

*DTV auf Basis 2018 mit Linienbussen; DTV-Anpassungen an Baustelle Habichtstraße; LOS-Verteilung (FCD-Datensatz 2018), LOS-Anpassungen an Baustelle Habichtstraße (FCD-Datensatz 2019)

Abweichungen zwischen Prognose und Messwert können bei diesem Modellaufbau in den unterschiedlichen Orten der angegebenen Konzentrationen begründet sein. Temporäre Effekte (z. B. durch Baustellen) sind in der Prognose nicht berücksichtigt.

4 EINGANGSDATEN UND HINTERGRUNDBELASTUNG

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, Emissionen aus anderen Sektoren bzw. Quellen, meteorologische Daten und die Messwerte der Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Daten werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist das Stadtgebiet der Freien und Hansestadt Hamburg. In den betrachteten Berechnungsfällen werden alle zur Verfügung gestellten Straßenabschnitte fahrtrichtungsbezogen in die Emissions- und Immissionsbestimmung einbezogen. Die Darstellung der Konzentrationen erfolgt an den Straßenabschnitten mit Wohnbebauung (siehe Abschnitt 4.4).

4.2 Verkehrs- und Emissionsdaten

4.2.1 Straßenverkehr

Die Verkehrsdaten liegen als Verkehrsstärken für das Jahr 2024 aus dem LRP 3 vor, welche die aktuellen stadtweiten Daten darstellen. Die Streckenabschnitte liegen deckungsgleich sowie fahrtrichtungsgetrennt vor und besitzen eine eindeutige Nummerierung. Die Auswahl der Straßen auf der Grundlage der Verkehrsmengen wurde durch die BVM vorgenommen. Verkehrlich unbedeutende Nebenstraßen, z. B. in Wohngebieten, wurden nicht übermittelt. Das zur Verfügung gestellte Straßennetz hat eine Gesamtlänge von ca. 1 250 km und ist in **Abb. 5.1** dargestellt.

Die Verkehrsdaten für das Basisszenario 2024 entstammen BVM/VMZ (Stand 14.03.2022) und enthalten:

- DTV (Mo-So) mit Linienbussen
- DTV- und SV-Anpassungen an:
 - Drosselung Habichtstraße (im Datensatz "Mobilitätswende" enthalten)
 - Klopstockstraße (Stand 29.03.2023)
 - Stresemannstraße (Stand 03.04.2023)

- Basis-Verkehrssituationen bestehend aus Straßentyp und Tempolimit
- LOS-Verteilung (VMZ, Stand 21.10.2022 „Basisfall 22“) inkl. Anpassungen durch HERE-Datensätze:
 - Beim Schlump
 - Harburger Chaussee
 - Kieler Straße
 - St. Pauli Fischmarkt (inkl. Normierungskorrektur vom 06.12.2022)

Die Flottenzusammensetzung wird der HBEFA-Standardflotte entnommen. Aus den Aktivitätsdaten der Verkehrsbetriebe von Verkehrsbetriebe Hamburg-Holstein GmbH und der Hamburger Hochbahn AG durch die BVM (Stand 2022-02-03) wurden Linienbusflotten für folgende Bereiche festgelegt:

- „erweiterter Ring 2“ entsprechend der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans
- Stadtgebiet (außerhalb von Ring 2)
- Streckenabschnitte mit ehem. Dieseldurchfahrtsbeschränkungen

Für die Emissionsberechnung werden daraus die folgenden Linienbusflotten angesetzt (Tab. 4.1).

Emissionskonzept	Erweiterter Ring 2	Stadtgebiet	Stresemannstraße	Max-Brauer-Allee
Diesel Euro 0 bis Euro IV sowie CNG	0 %	0 %	0 %	0 %
Diesel Euro-V	25 %	22 %	3 %	9 %
Diesel Euro-VI	71 %	73 %	90 %	90 %
Elektro	4 %	5 %	7 %	1 %

Tab. 4.1: Linienbus-Flottenzusammensetzung nach Gebieten

Die Angaben liegen als DTV (Mo-So), als Schwerverkehr (SV) für Fahrzeuge >3.5 t zulässiges Gesamtgewicht und als Linienbusse vor.

4.2.2 Andere Verkehrsarten und Emissionsquellen

Für die anderen Verkehrsarten und Quellkategorien lagen folgende Daten über die Lage und die PM-Emissionen vor:

- **Schiffsverkehr**
 - PM10- und PM2.5-Emissionen 2023 und Fahrstrecken (Hamburg Port Authority, Stand 12.08.2024)
 - Lage der Emissionen: linien- und flächenbezogen auf Wasserstraßen, Wendebereiche und Anlegestellen
- **Hafen-Güterumschlag**
 - PM10- und PM2.5-Emissionen 2018 und Fläche der Quelle (Behörde für Wirtschaft und Innovation, Stand 12.08.2024)
 - Lage der Emissionen: flächenbezogen im Hafengelände
- **Schienenverkehr (Dieselbetriebene Bahn- und Rangierfahrten)**
 - Deutsche Bahn und Dritte für das gesamte Stadtgebiet: PM10-Emissionen 2023, Gleislagen und Rangierstandorte (Deutsche Bahn AG, Stand 31.07.2024), PM2.5 wurde aus PM10 zu 68 Prozent angesetzt.
 - Hafengelände: PM10- und PM2.5-Emissionen 2018, Gleislagen (Behörde für Wirtschaft und Innovation, Stand 12.08.2024)
 - Lage der Emissionen: linien- und flächenbezogen auf Schienen und Rangierflächen
- **Flugverkehr**
 - PM10-Emissionen Prognose 2024, Flugstrecken und Bodenquellen (Behörde für Wirtschaft und Innovation/Flughafen Fuhlsbüttel, Stand 10.09.2024), PM2.5 wurde aus PM10 1:1 übernommen, da angenommen wird, dass Flugzeugemissionen 100 % PM2.5 entsprechen.
 - Lage der Emissionen: linienbezogen auf Flugstrecken (Start und Landung bis in einer Höhe von ca. 900 m) und flächenbezogen auf dem Flughafen. Aus Performance-Gründen wurden Emissionen nur bis in eine Höhe von 400 m verwendet.
- **Industrie**
 - PM10-Emissionen 2020, Lage und Konfiguration der Quelle (BUKEA, Stand 26.01.2026)
 - Erklärungspflichtige Anlagen entsprechend 11. BImSchV
 - Die Abschaltung des Kraftwerks Moorburg zum Dezember 2020 ist berücksichtigt.

- Lage der Emissionen: Punkt- oder Flächenbezogen für jede Emissionsquelle inklusive der Angaben der Quelhöhe, Ablufttemperatur und Austrittsfläche
- Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand)
 - PM10- und PM2.5-Emissionen 2023 aus GRETA-Datenbank des Umweltbundesamt Stand 05.08.2024,
 - Lage der Emissionen auf 1 x 1 km Raster.

4.3 Hintergrundbelastung der Luft

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 verschiedenen Sektoren, wie z. B. Industrie, Gewerbe, Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand), nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen.

Für die im Stadtgebiet der Freien und Hansestadt Hamburg befindlichen Quellen der einzelnen Sektoren (Schiffsverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr, Industrie, Umschlags-Equipment des Hafens und Kleinf Feuerungsanlagen sowie Kfz-Verkehr) wurden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Die einzelnen Zusatzbelastungen bilden die räumliche Variabilität der städtischen Zusatzbelastung ohne die Belastungen aus dem lokalen Straßenverkehr ab.

Für die anderen Sektoren lagen keine für die Ausbreitungsberechnung verwertbaren Informationen zu den Emissionen vor. Die Beiträge aus diesen Emissionen werden zusammen mit den berechneten Zusatzbelastungen der oben aufgeführten Sektoren sowie den Messwerten der Hintergrundstationen durch das System IMMIKART über einen Interpolationsalgorithmus berücksichtigt. Die Hintergrundmessstationen werden dabei als diskrete Werte und die berechneten Zusatzbelastungen als räumliche Variabilität eingebracht.

Für die Festlegung der Stationsdaten wurden die Messwerte der Hintergrundstationen für das Bezugsjahr 2024 herangezogen. Nicht an allen Stationen werden PM10 und PM2.5 gleichermaßen gemessen. Daher erfolgte im Vorfeld eine Abschätzung von Erwartungswerten durch die BUKEA.

Im Hamburger Messnetz sind amtliche Stationen zum Vollzug der 39. BImSchV und Stationen Dritter enthalten. Die entsprechenden Daten der nicht amtlichen Stationen wurden auf

Plausibilität geprüft. Zusätzlich zu den Hamburger Stationen werden zum Stadtgebiet nahegelegene Stationen der Bundesländer Schleswig-Holstein und Niedersachsen berücksichtigt.

Folgende **Tab. 4.2** gibt die verwendeten Hintergrundbelastungen an.

Stations-ID	Stationsname	PM10	PM2.5
Amtliche Stationen			
DEHH079	Altona-Elbhang	14	9*
DEHH016	Billbrook	15*	9*
DEHH082	Niendorf	12	8
DEHH081	Hafen/Kleiner Grasbrook	14	9*
DEHH015	Veddel	15	9
DEHH008	Sternschanze	15	9
DEHH059	Wilhelmsburg	12	9
DESH008	Bornhöved	11	5.5*
DENI063	Altes Land	13	6*
DENI062	Lüneburger Heide	12	6*
DESH058	Lauenburg	12	7
Stationen Dritter			
DEHH072	Finkenwerder West	12	8*
DEHH033	Flughafen (Nord)	12	8

Tab. 4.2: Messstationen und Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Jahr 2024

*wegen fehlender Messdaten Verwendung von Erwartungswerten

Aus den abgeleiteten Werten für 2024 und den Zusatzbelastungen der o.g. Sektoren (Schiffsverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr, Industrie, Umschlags-Equipment des Hafens und Kleinf Feuerungsanlagen) wird flächendeckend die städtische Hintergrundbelastung mit IMMI-KART separat für die Stoffe PM10 und PM2.5 modelliert. Um eine doppelte Berücksichtigung der Kfz-Emissionen bei der Bestimmung der verkehrsnahen Gesamtbelastung auszuschließen, wurden an den Messstellen der mit PROKAS modellierte Beitrag aus Kfz-Emissionen flächenhaft interpoliert und von der flächenhaften Hintergrundbelastung subtrahiert. Im Ergebnis liegen flächendeckende Konzentrationen vor, die für die Berechnung der Gesamtbelastung der mit PROKAS berechneten Zusatzbelastungen verwendet wurde.

Um die Hintergrundkonzentration inklusive des Kfz-Beitrages zu erhalten, wurde eine zweite IMMIKART-Modellierung durchgeführt. Dafür wurden flächendeckende Konzentrationen inklusive des Kfz-Beitrages berechnet. Dafür wurde zusätzlich zu den Emissionen der anderen Sektoren (Schiffsverkehr, Schienenverkehr, Flugverkehr, Industrie, Umschlags-Equipment des Hafens und Kleinf Feuerungsanlagen) auch die Zusatzbelastung resultierend aus dem Kfz-Verkehr auf dem IMMIKART-Raster 500 m x 500 m mit LASAT berechnet. Anschließend wurde wie oben beschrieben die stadtweite PM10 und PM2,5-Belastung mit IMMIKART berechnet.

Die resultierenden Hintergrundbelastungen sind im Anhang A2 aufgezeigt. Die höchsten PM10- und PM2.5-Konzentrationen, hervorgerufen durch hohe Emissionen einzelner Betriebe im Hafen, treten im Hafennutzungsgebiet auf.

4.4 Bebauungssituation und Anwohnerstatistik

Bei der Ausbreitung der verkehrsbedingten Emissionen spielen die baulichen Gegebenheiten der Straße eine wesentliche Rolle. An dichter und kompakter Bebauung entlang von Straßen sind die größten Konzentrationen zu erwarten. Aus diesem Grund erfolgt die Ausweisung der Konzentrationen an jeweils ca. 100 m langen Straßenabschnitten, an welchen die Bebauung mit Lückigkeiten kleiner 60 % bis in eine Entfernung von maximal dem 5-fachen der mittleren Gebäudehöhe vorliegen. Die Randbebauung an solchen Straßenabschnitten wird bei der Ausbreitungsrechnung mit PROKAS über so genannte Bebauungstypen berücksichtigt. In die Bestimmung der Bebauungstypen gehen das Verhältnis Gebäudehöhe zu Straßenschluchtbreite, der Lückenanteil, die Schluchtbreite sowie die Frage, ob Bebauung nur auf einer oder auf beiden Seiten der Straße vorhanden ist, ein.

Die Darstellung der Konzentrationen erfolgt für diese Straßenabschnitte nur für Streckenabschnitte, welche eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke im Querschnitt größer 5 000 Kfz/24 h aufweisen und wo Personen mit 1. oder 2. Wohnsitz gemeldet sind. Die Immissionsbeiträge von Straßen mit geringem Verkehr sind in den ausgewiesenen Ergebnissen (benachbarte Straßenabschnitte und der Hintergrundbelastung) enthalten. An Streckenabschnitten mit höherer Lückigkeit als 60 %, wie z. B. auch an den Kreuzungen, wird mit geringeren Immissionen als an den ausgewiesenen bebauten Streckenabschnitten gerechnet (siehe Anhang A1.2).

In PROKAS werden diese Straßenabschnitte mit dem so genannten Bebauungsmodul gerechnet (PROKAS_B). Es beruht auf Ausbreitungsrechnungen mit dem mikroskaligen Strömungs-

und Ausbreitungsmodell MISKAM für die idealisierten Straßenrandbebauungen (nähere Erläuterungen sind im Anhang A2 zu finden).

Folgende Grundlagen werden verwendet:

- Einwohner pro Adresse des Melderegisters als Punkt-Datensatz, Einwohnerdaten vom 31.12.2020, Adressdaten von Jan 2021 (Statistisches Amt für Hamburg und Schleswig-Holstein, Stand 13.10.2021)
- Lage und Höhen von Gebäuden aus LOD2-Daten (Stand 01.04.2020)

4.5 Meteorologische Daten

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

Es liegen meteorologische Daten an der DWD-Station Hamburg-Fuhlsbüttel vor. Für die Berechnungen werden die Daten des Bezugsjahres 2024 verwendet.

Die Windmessung erfolgt dort in 10 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit betrug 4.1 m/s. Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen. Die Rauigkeitslänge am Messstandort wird mit dem Verfahren nach Verkaik (DWD, 2019) aus den Messdaten abgeleitet. Die Rauigkeitslänge stellt ein Maß für den Strömungswiderstand der Erdoberfläche dar. Die berechnete mittlere Rauigkeit am Messstandort beträgt 0.154 m. Die Landnutzungsunterschiede zwischen der Messstation und den Straßenschluchten im Untersuchungsgebiet wirken sich auf die Windgeschwindigkeit aus. Aufgrund der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet werden die mittleren Windverhältnisse angepasst.

Für die Ausbreitungsrechnungen verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik der Station ist in **Abb. 4.1** dargestellt.

Zusätzlich zu den Windmessungen werden auch Temperaturen gemessen. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2010-2019) werden dort im Mittel 9.9 °C gemessen. Die Temperatur wird für die Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

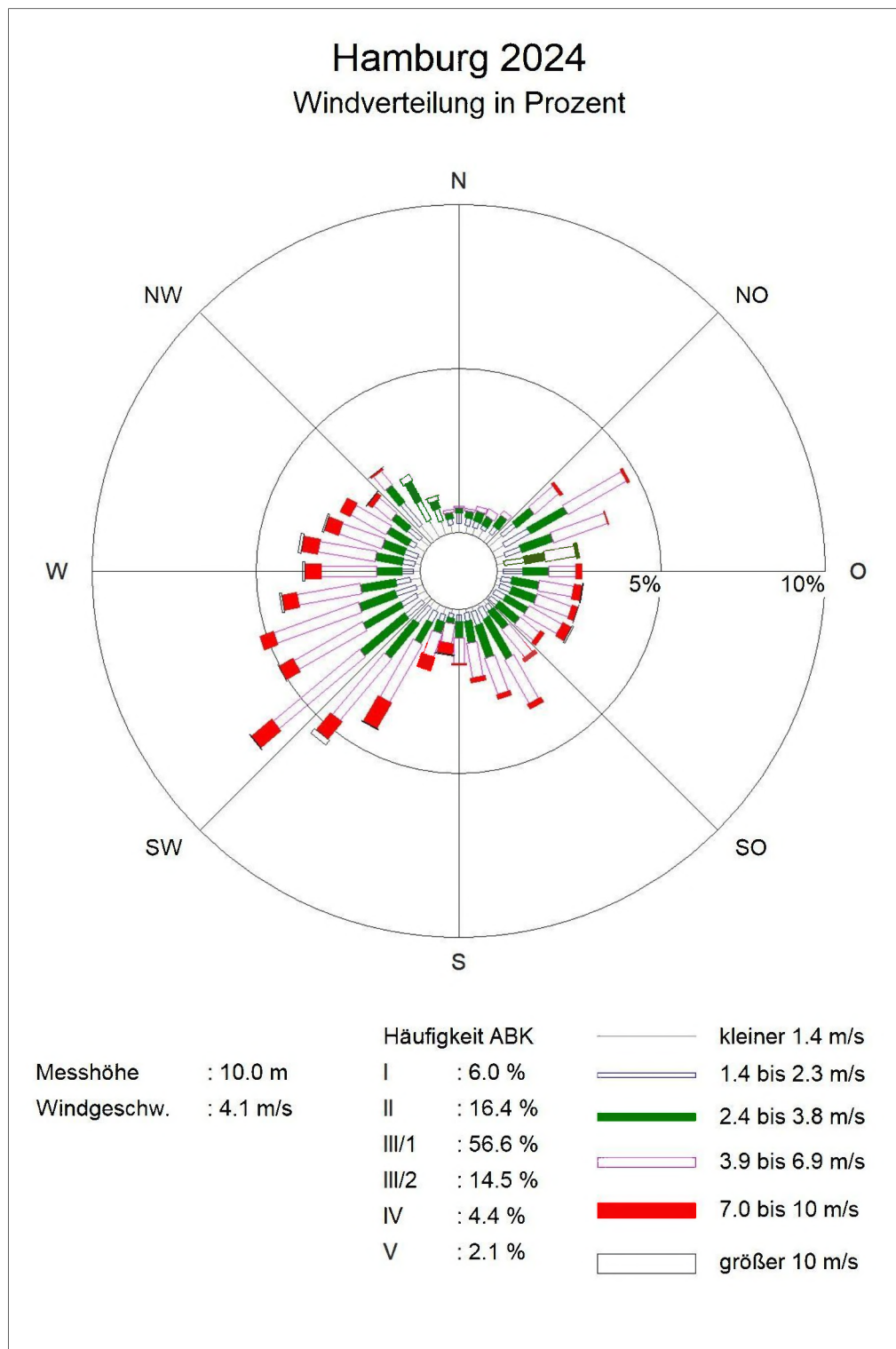


Abb. 4.1: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Hamburg-Fuhlsbüttel für das Jahr 2024

Quelle: DWD, eigene Darstellung

5 EMISSIONEN

Die für die Ausbreitungsberechnungen verwendeten Emissionen werden teils berechnet teils vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Die Kfz-Emissionen werden berechnet (siehe Abschnitt 5.1) und sind Grundlage für das Ausbreitungsmodell PROKAS. Die Emissionen des Schiffsverkehrs und des Güterumschlags (siehe Abschnitt 5.2), des Schienenverkehrs (siehe Abschnitt 5.3), des Flugverkehrs (siehe Abschnitt 5.4) und der Industrie (siehe Abschnitt 5.5) sowie der Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand) (siehe Abschnitt 5.6) wurden bei der Ausbreitungsrechnung mit AUSTAL und in IMMIKART berücksichtigt.

5.1 Straßenverkehr

5.1.1 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 mittleres Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (LNF) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2020) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM₁₀, PM_{2.5}) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020; Kfz-Emissionsbestimmung).

5.1.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022) berechnet.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Verwendung der bundesdeutschen Jahresmitteltemperatur, welche den örtlichen Verhältnissen sehr gut entspricht.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, LNF, Lkw und Busse im Wesentlichen ab von:

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (Bundesdeutsche Durchschnittsflotte) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die lokalen Besonderheiten der Linienbusse (siehe Absatz 4.2.1) hinsichtlich der Flottenzusammensetzung werden beachtet.

Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israël et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100 % der Partikelgrößen kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

Die Längsneigung der Straßen werden aus digitalen Geländedaten abgeleitet.

Der Kaltstarteinfluss von Partikeln innerorts für Pkw und LNF wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

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 sowie Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. (AWAR-Emissionen). Diese Emissionen sind im HBEFA 4.2

verkehrssituations- und LOS-spezifisch enthalten. Die im HBEFA4.2 hinterlegten Aufwirbelungs- und Abriebemissionen (AWAR) wurden ursprünglich in Düring und Lohmeyer (2011) für „Tagesübliche“ LOS und nicht nach zeitlicher und verkehrlicher Wichtung über einen mittleren Tag abgeleitet, da diese Daten damals nicht zur Verfügung standen. Deshalb sind beim Vorliegen streckenabschnittsfeiner LOS-Verteilungen erfahrungsgemäß die AWAR-Emissionen, insbesondere auf Strecken mit Anteilen von LOS 4 und 5, stark konservativ. In der hier durchgeführten Emissionsberechnung wurde deshalb abschnittsspezifisch der LOS mit der jeweils größten Häufigkeit zu 100 % angesetzt

Zudem wurden entsprechend Ergebnissen aus Düring et al. (2021) die AWAR-Emissionen um 10 % reduziert. Dies berücksichtigt das in Hamburg vorliegende geringere Aufwirbelungspotenzial durch höhere Regenhäufigkeit und höhere Luftfeuchtigkeit gegenüber den in HBEFA 4.2 für mittlere bundesdeutsche Verhältnisse angegebenen AWAR-Emissionsfaktoren.

5.1.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe PM10 und PM2.5 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Eine grafische Darstellung der Emissionsdichten ist für das Basisszenario 2024 in der **Abb. 5.1** aufgeführt. Die Abbildung zeigt die Streckenabschnitte mit den berechneten Emissionen, welche durch die Behörde für Verkehr und Mobilitätswende (BVM) zur Verfügung gestellt wurde.

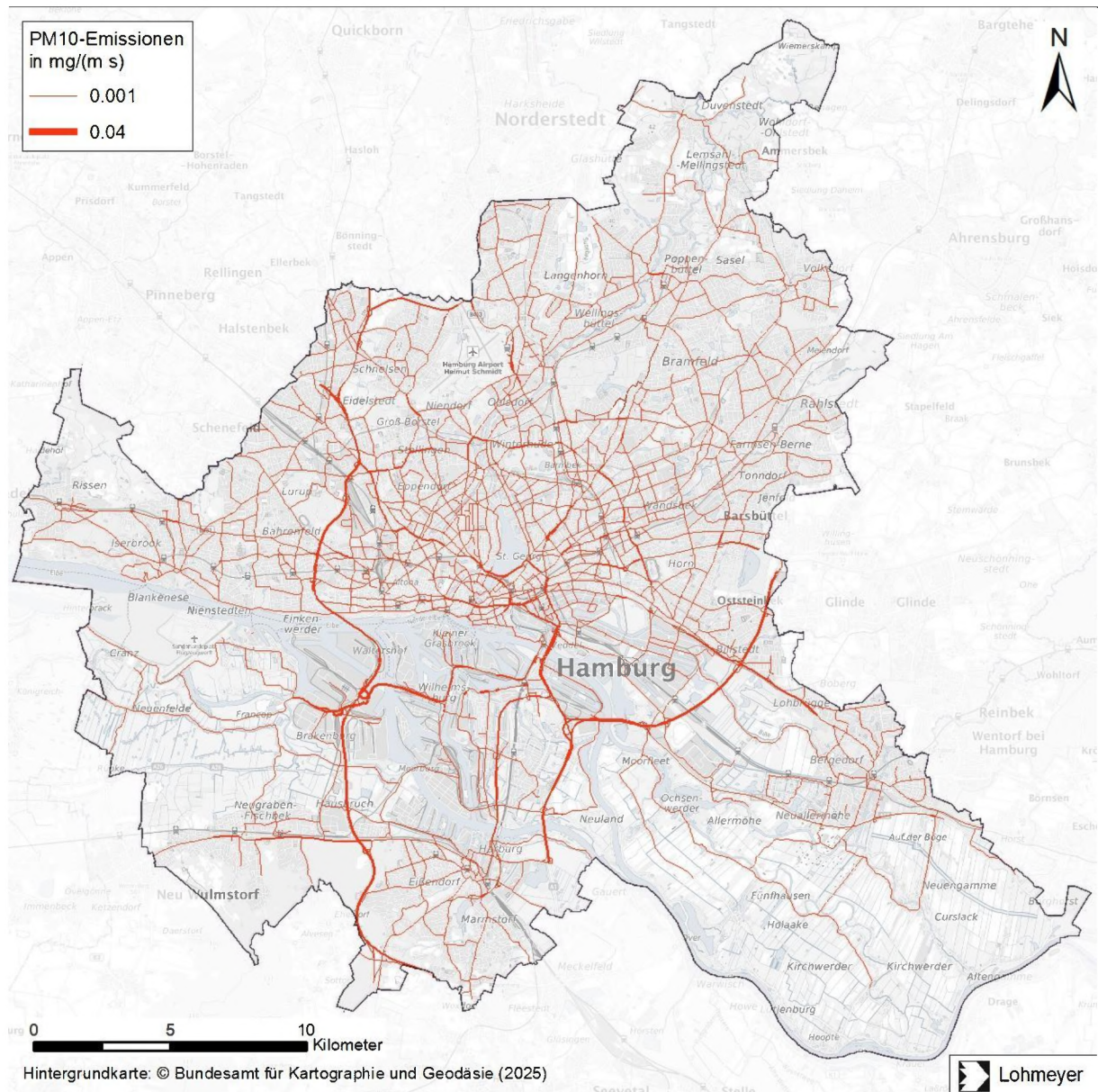


Abb. 5.1: PM10-Emissionen für Kfz-Verkehr im Basisszenario 2024

5.2 Schiffsverkehr und Umschlagsequipment im Hafen

Im Hamburger Hafen entstehenden PM10- und PM2.5-Emissionen u. a. durch Schiffe im fahrenden (Fahrwege und Wendebereiche) und im liegenden Zustand (Anlegestellen) sowie durch den Güterumschlag, durch Lkw-Fahrten und durch die Hafenbahn. Die Emissionen zur Hafenbahn sind im Absatz Schienenverkehr (s. Abschnitt 5.3) und der Lkw-Fahrten werden im Absatz Straßenverkehr (s. Abschnitt 5.1) behandelt. Die Emissionen aus dem Schiffsverkehr und dem Güterumschlag (Umschlagsequipment) wurden der Ausbreitungsrechnung

zugeführt. Die PM₁₀- und PM_{2.5}-Emissionen der Schiffe und des Güterumschlags sind in **Abb. 5.2** und **Abb. 5.3** dargestellt.

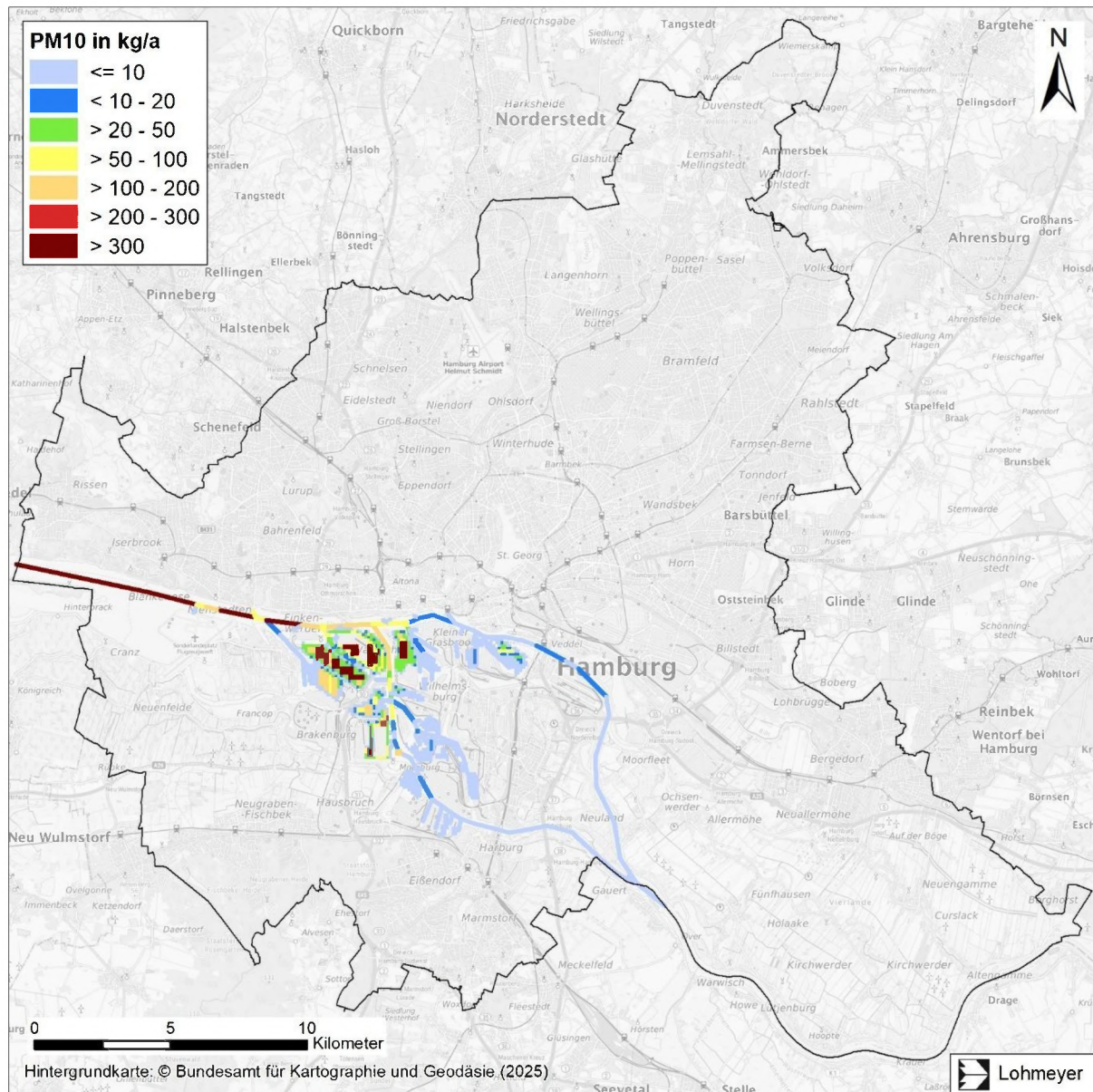


Abb. 5.2: PM₁₀-Emissionen aus Schiffsverkehr und Güterumschlag

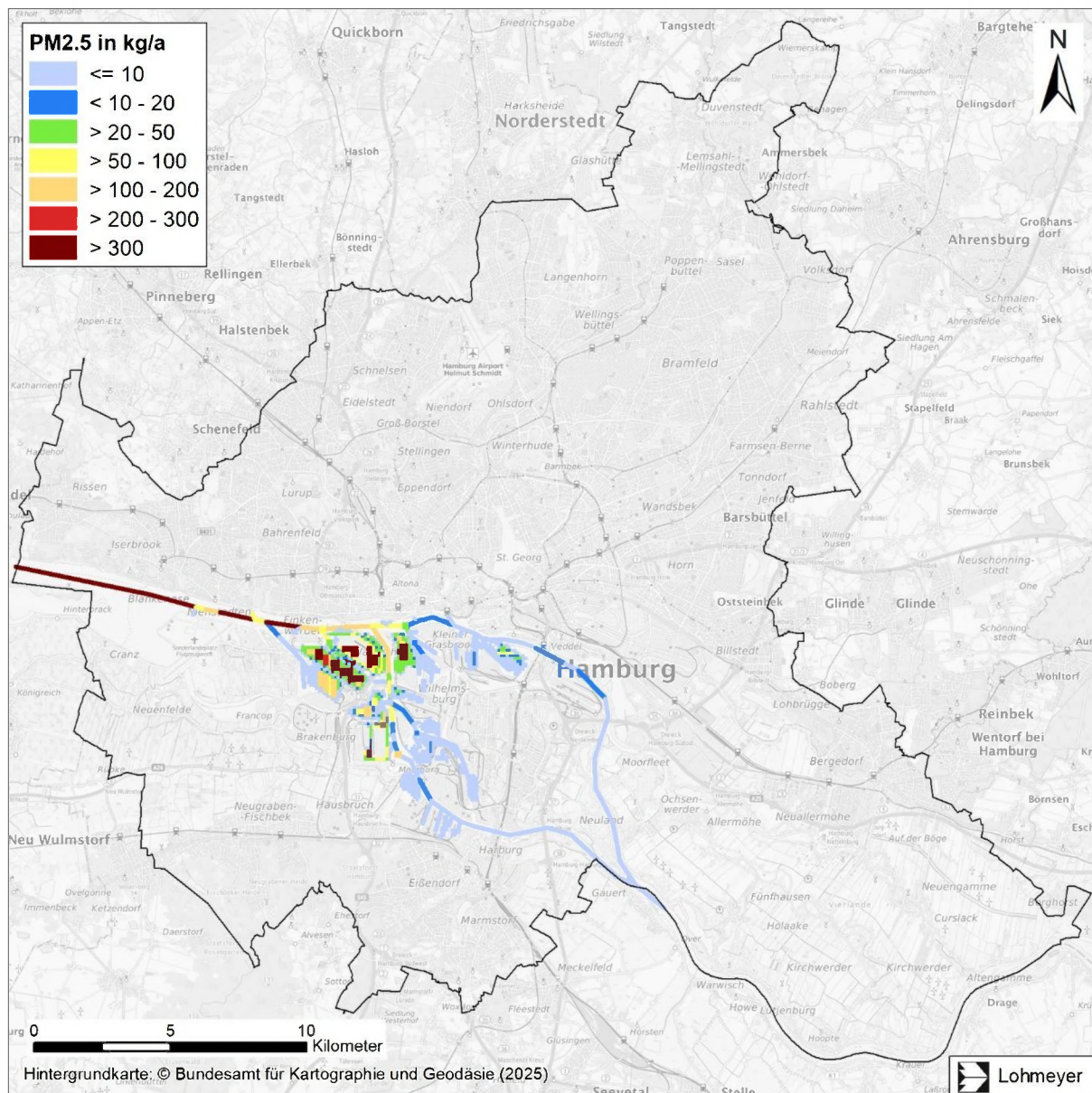


Abb. 5.3: PM2.5-Emissionen aus Schiffsverkehr und Güterumschlag

5.3 Schienenverkehr

Motorbedingte PM10- und PM2.5-Emissionen entstehen beim Schienenverkehr ausschließlich durch den Betrieb von Diesellokomotiven. Diese werden bei Fahrten auf nichtelektrifizierten, aber auch elektrifizierten Strecken der Deutschen Bahn und Dritter sowie bei der Hafenbahn eingesetzt. Zudem werden sowohl für die Diesel- als auch die Elektrotraktion abriebbedingte Partikelemissionen (Rad-Schiene, Oberleitung, Bremsen) berücksichtigt. Die übergebenen PM10- und PM2.5-Emissionen aus dem Schienenverkehr sind in **Abb. 5.4** und **Abb. 5.5** streckenfein dargestellt. Die höchsten Emissionen liegen auf der West-Ost-Strecke aus Buxtehude

kommend und der Nord-Südstrecke aus Richtung Ahrensburg sowie den Rangierbahnhöfen des Hamburger Hafens.

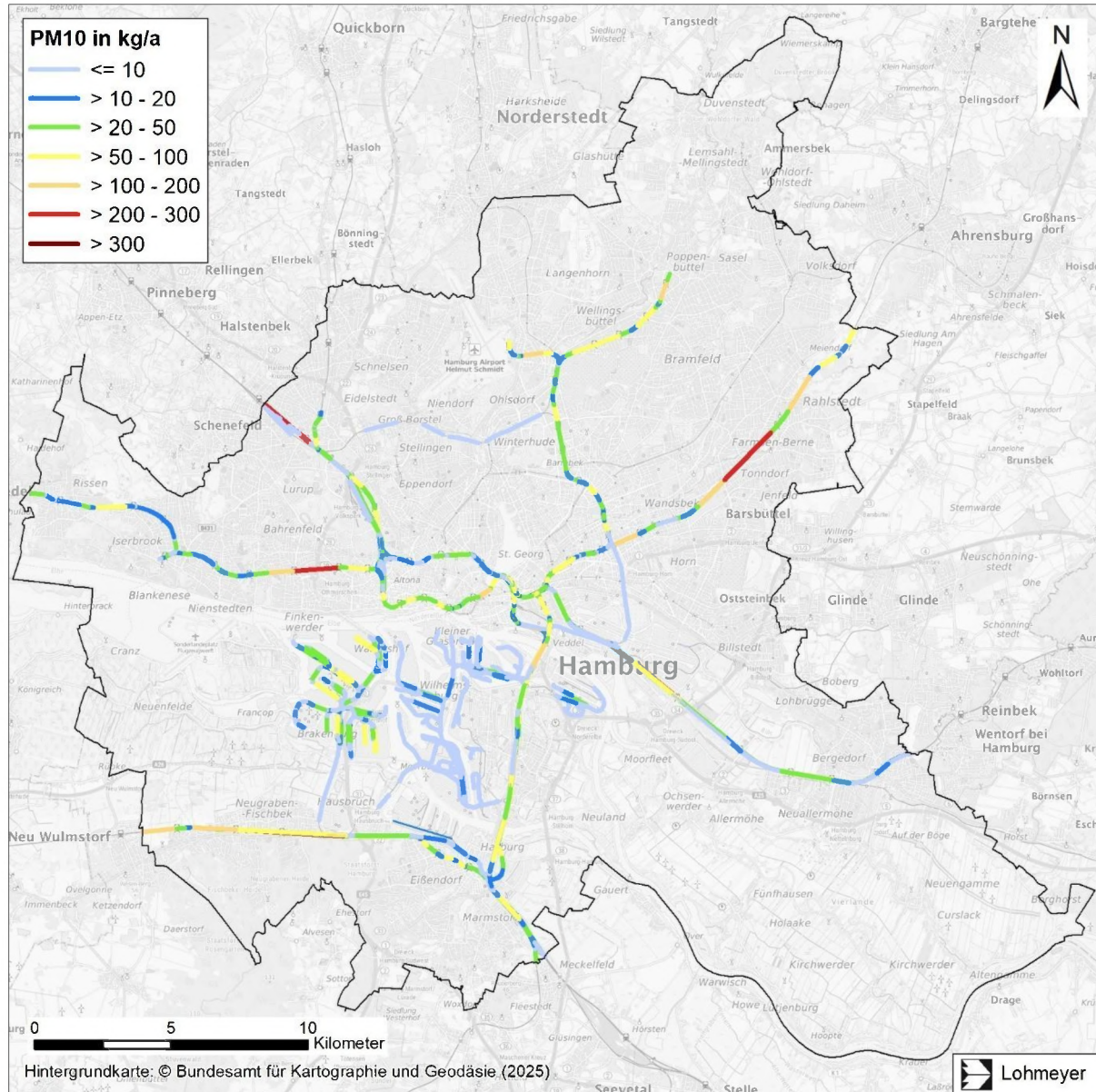


Abb. 5.4: PM10-Emissionen aus Schienenverkehr (inklusive Hafenbahn)

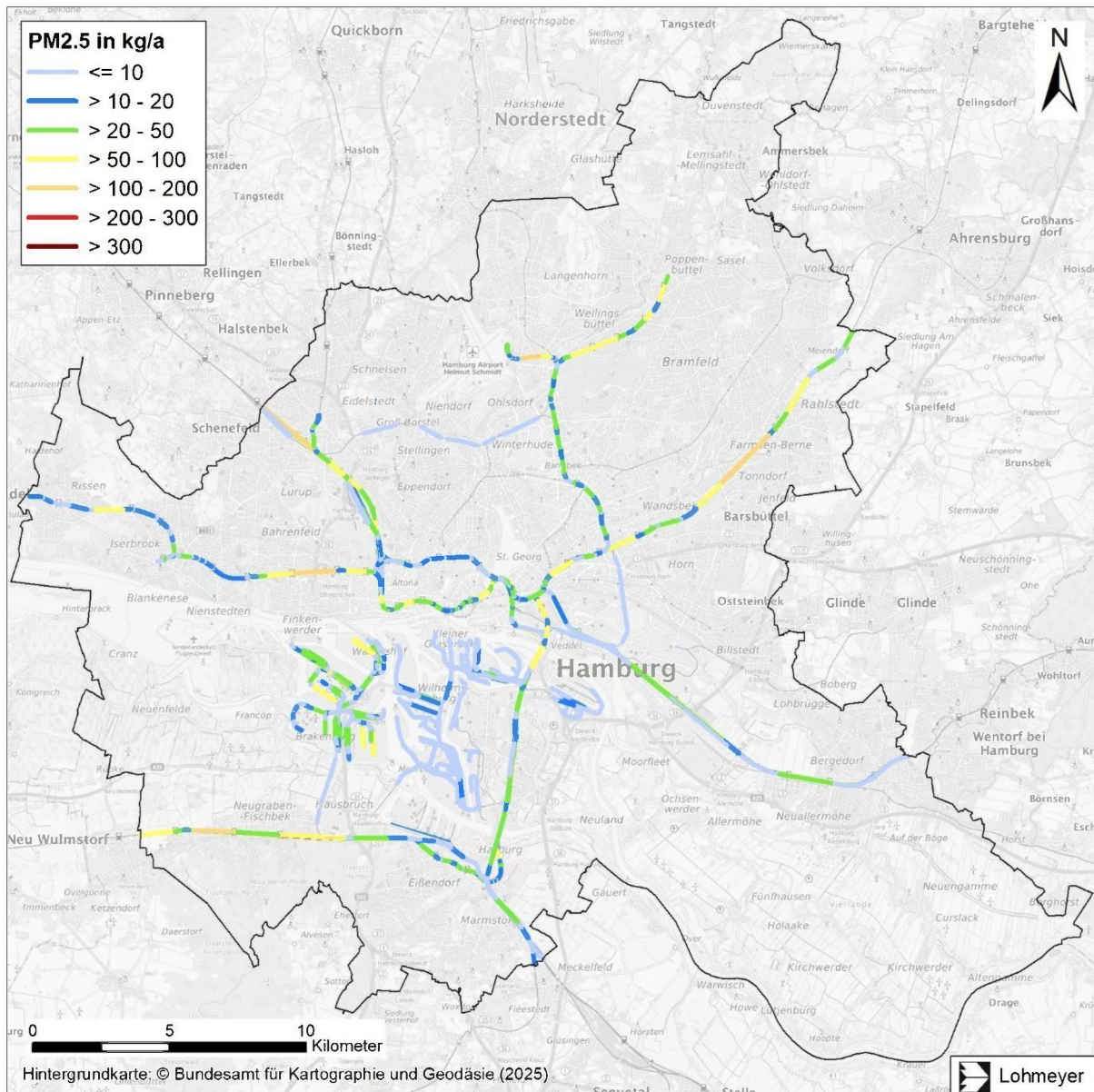


Abb. 5.5: PM_{2.5}-Emissionen aus Schienenverkehr (inklusive Hafenbahn)

5.4 Flugverkehr

Die PM₁₀- und PM_{2.5}-Emissionen vom Flughafenbetrieb entstehen bei Start- und Landemännern, den Flugzeugfahrten von der Start- und Landebahn zu den Gates (Taxidrive) sowie Abfertigung- und Versorgungsaktivitäten der Flugzeuge an den Gates. Aus den übergebenen Daten für den Flughafen Hamburg konnten die Lage und die Emissionsraten für PM₁₀ und PM_{2.5} entnommen werden. Die räumliche Zuordnung ist der **Abb. 5.6** und **Abb. 5.7** zu entnehmen. Die Emissionen der Start- und Landekorridore sind aus Übersichtlichkeitsgründen ohne emissionsabhängige Einfärbung dargestellt.

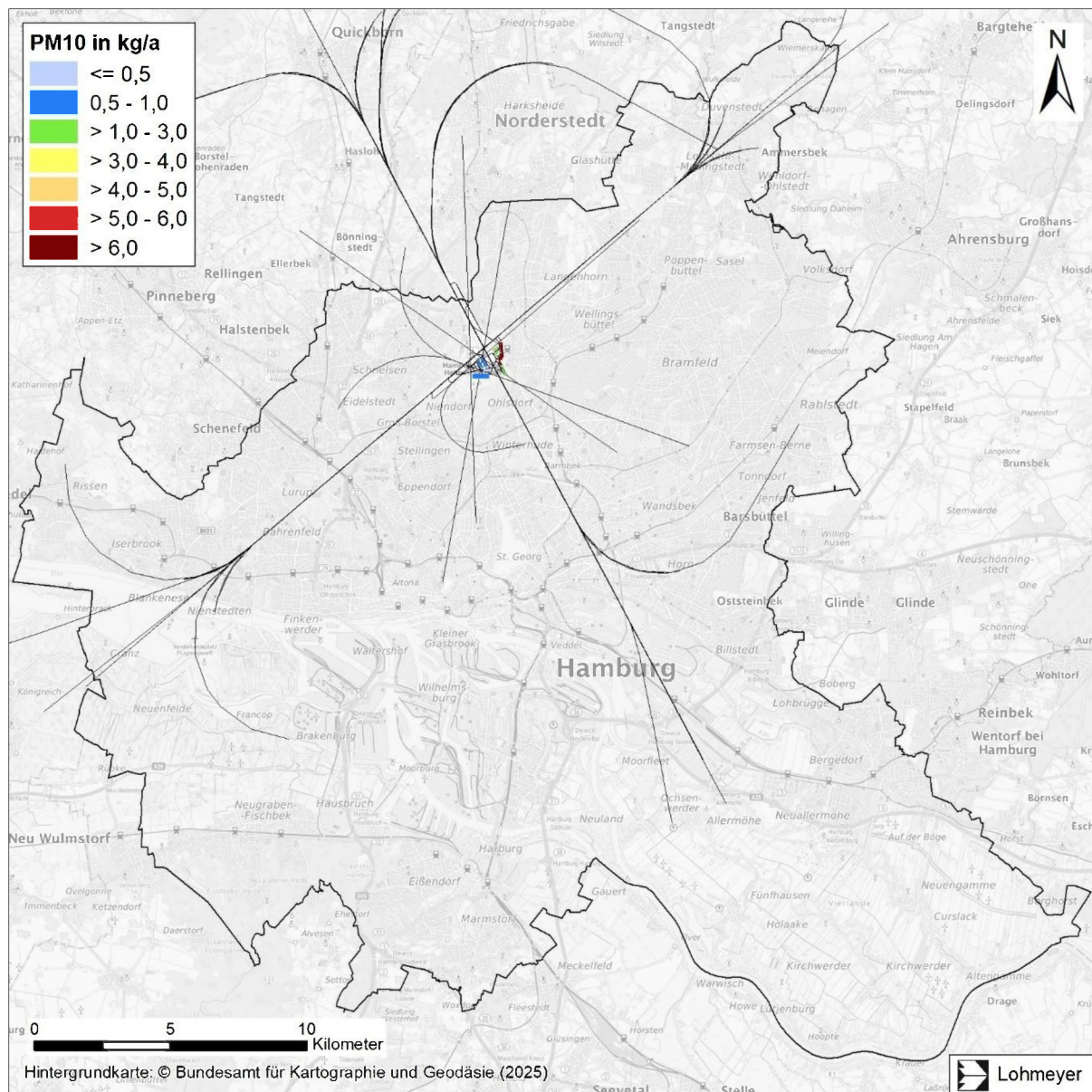


Abb. 5.6: PM10-Emissionen vom Flughafenbetrieb

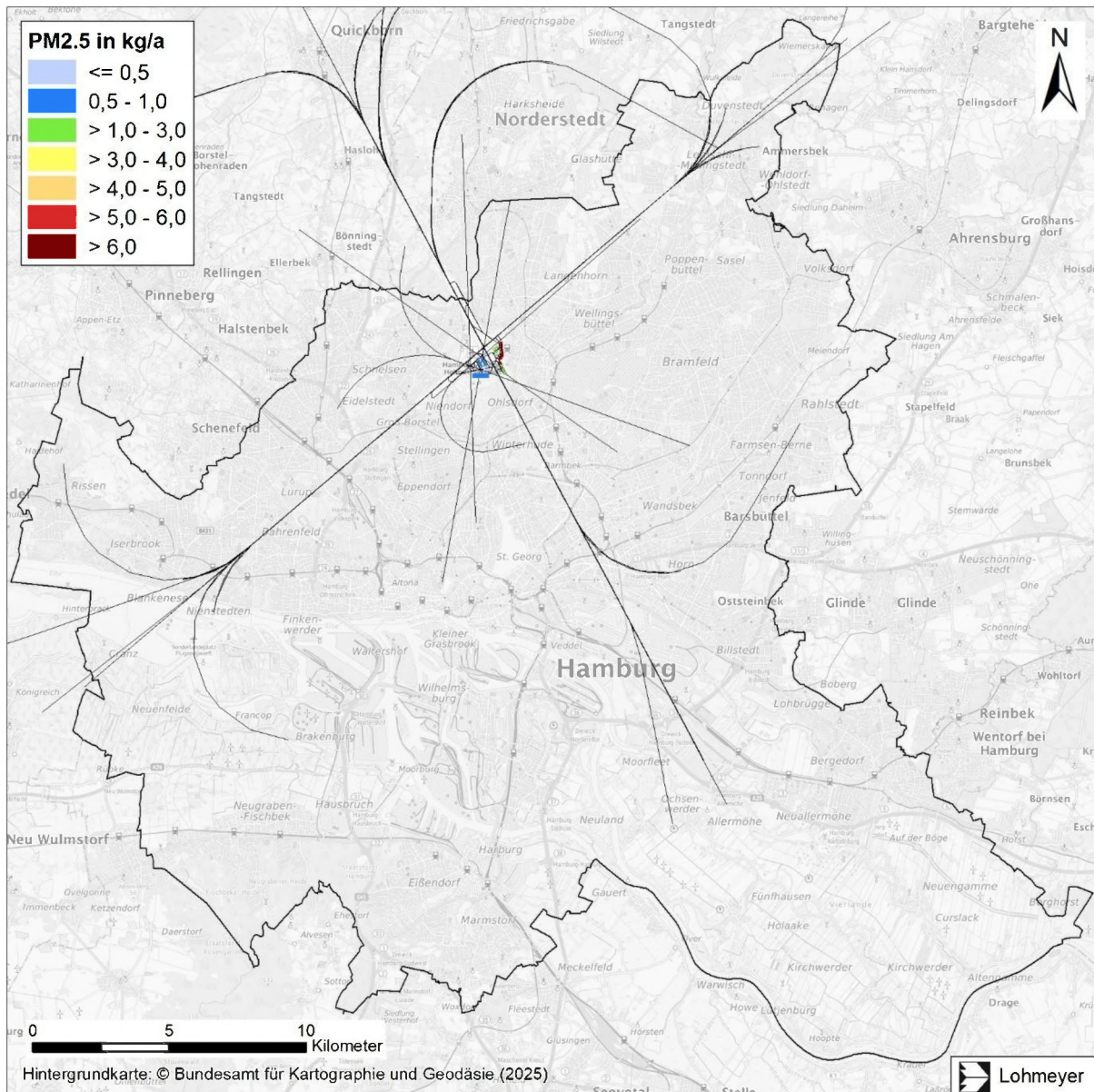


Abb. 5.7: PM2.5-Emissionen vom Flughafenbetrieb

5.5 Industrie

Die PM10- und PM2.5-Emissionen der Industrie wurden aus dem Emissionskataster zur Verfügung gestellt. Sie beinhalten erklärungspflichtige Anlagen entsprechend der 11. BImSchV. Aus den vorliegenden Daten konnten die Lage und die Emissionsraten sowie Ausbreitungsparameter entnommen werden. Die räumlichen Zuordnungen der Anlagen sind als Punktquellen und wenige Flächenquellen in **Abb. 5.8** und **Abb. 5.9** dargestellt.

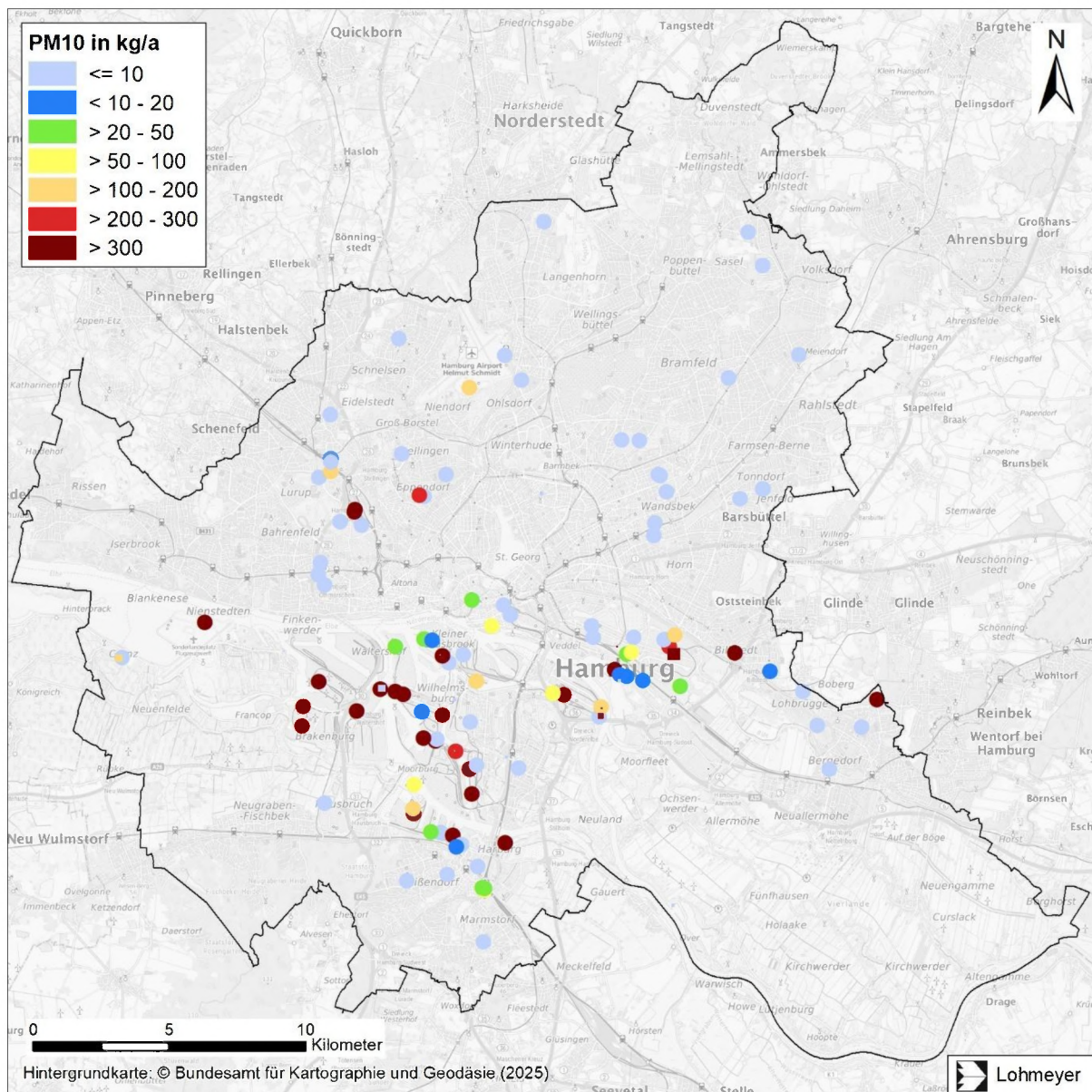


Abb. 5.8: PM10-Emissionen aus Industrie

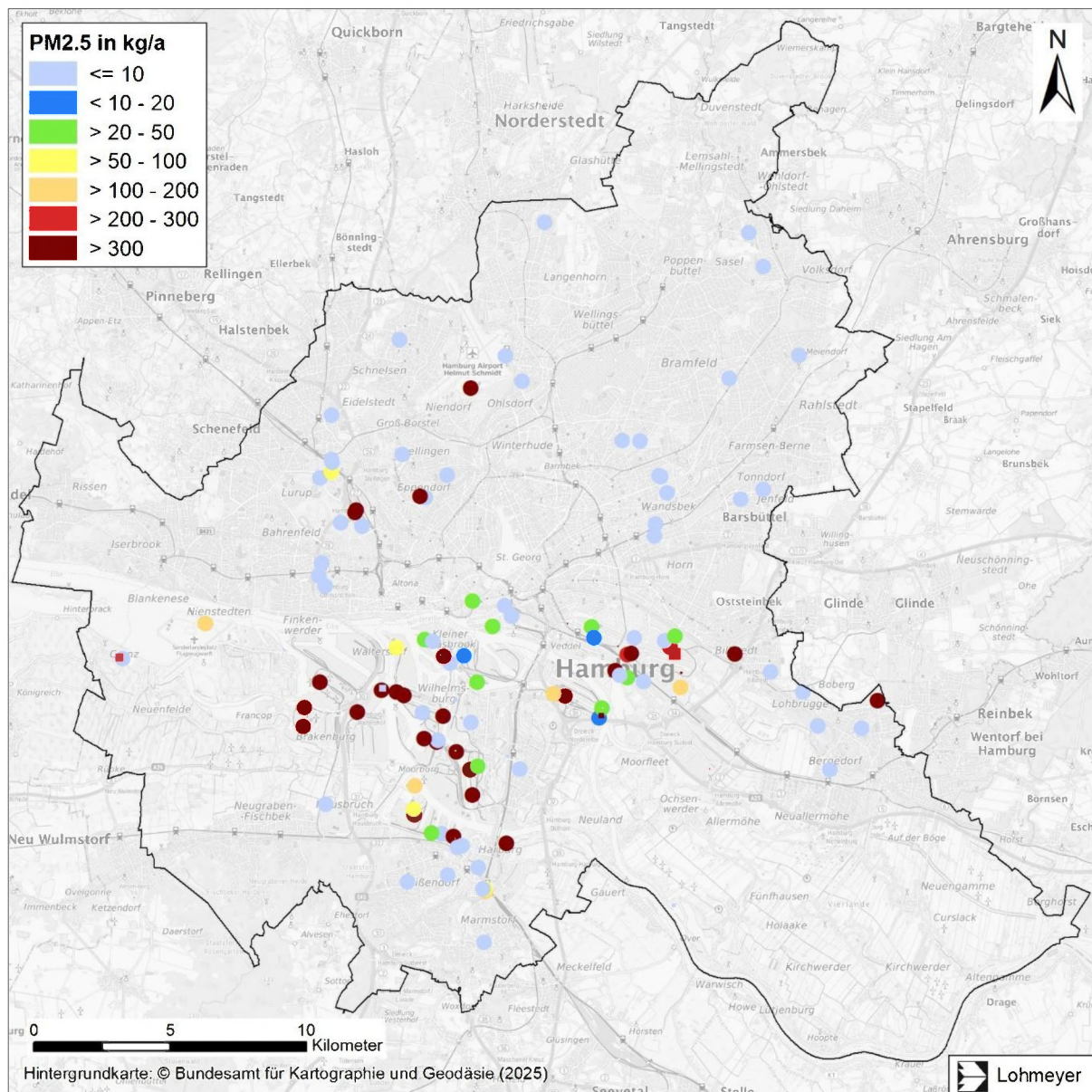


Abb. 5.9: PM2.5-Emissionen aus Industrie

5.6 Kleinf Feuerungsanlagen

Die PM10- und PM2.5-Emissionen aus Verbrennungsprozessen zum Heizen von Gebäuden wurden vom Umweltbundesamt aus der GRETA-Emissionsdatenbank zur Verfügung gestellt. Aus der GRETA-Geodatenbank wurden die NFR-Sektoren (NFR: „Nomenclature For Reporting“ für die EU-Berichtserstattung) 1A4bi (residential: stationary plants), 1A4ci (agriculture/forestry/fishing: stationary plants) und 1A5a (other stationary (including military) extrahiert. Fernwärmebereiche wurden nicht berücksichtigt, da dieser laut Fernwärmeatlas HH nur 10 % bis

20 % in den ausgewiesenen Gebieten beträgt. Die räumlichen Zuordnungen der Emissionen sind als Flächenquellen in **Abb. 5.10** und **Abb. 5.11** dargestellt.

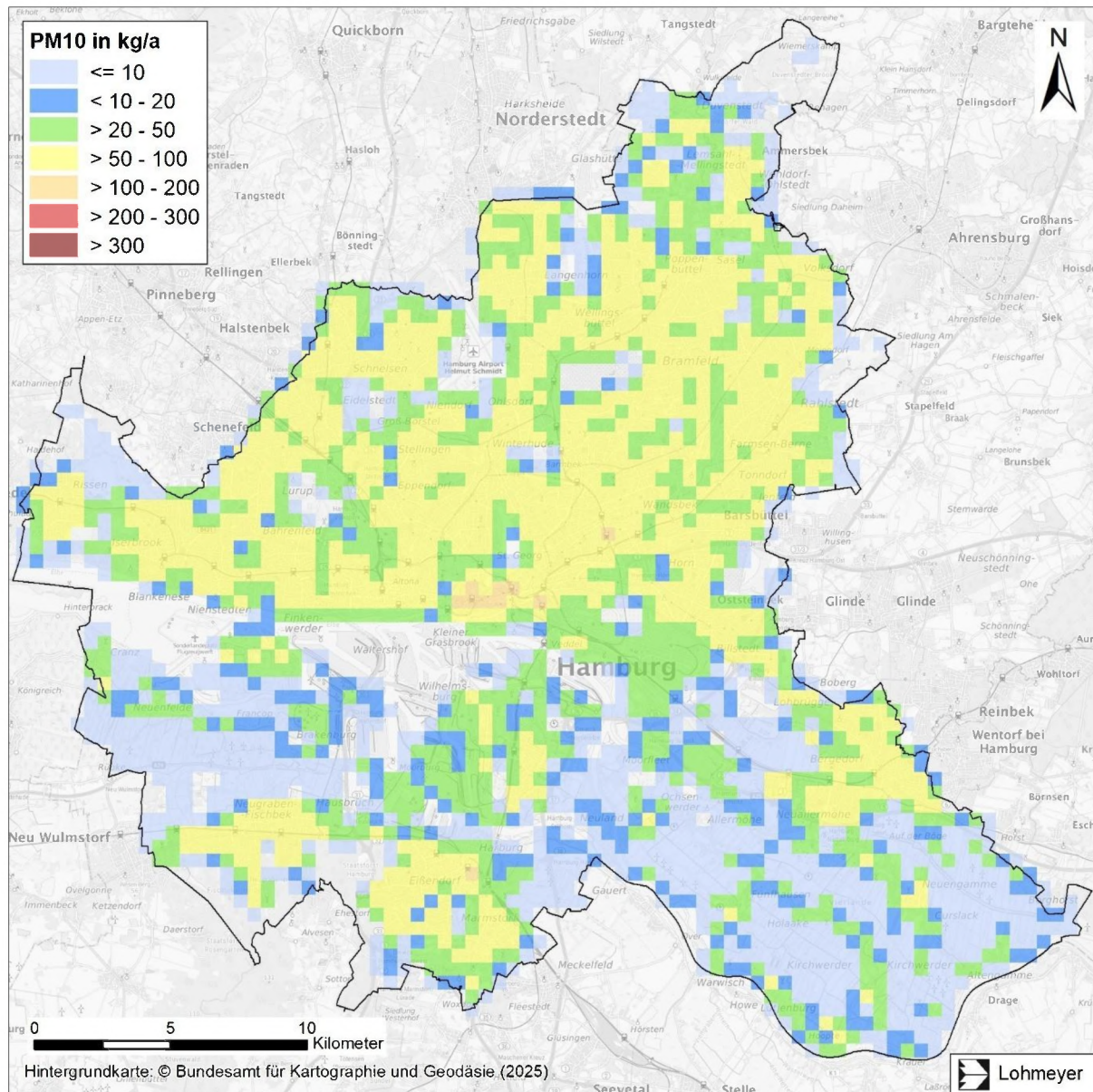


Abb. 5.10: PM10-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen (Hausbrand)

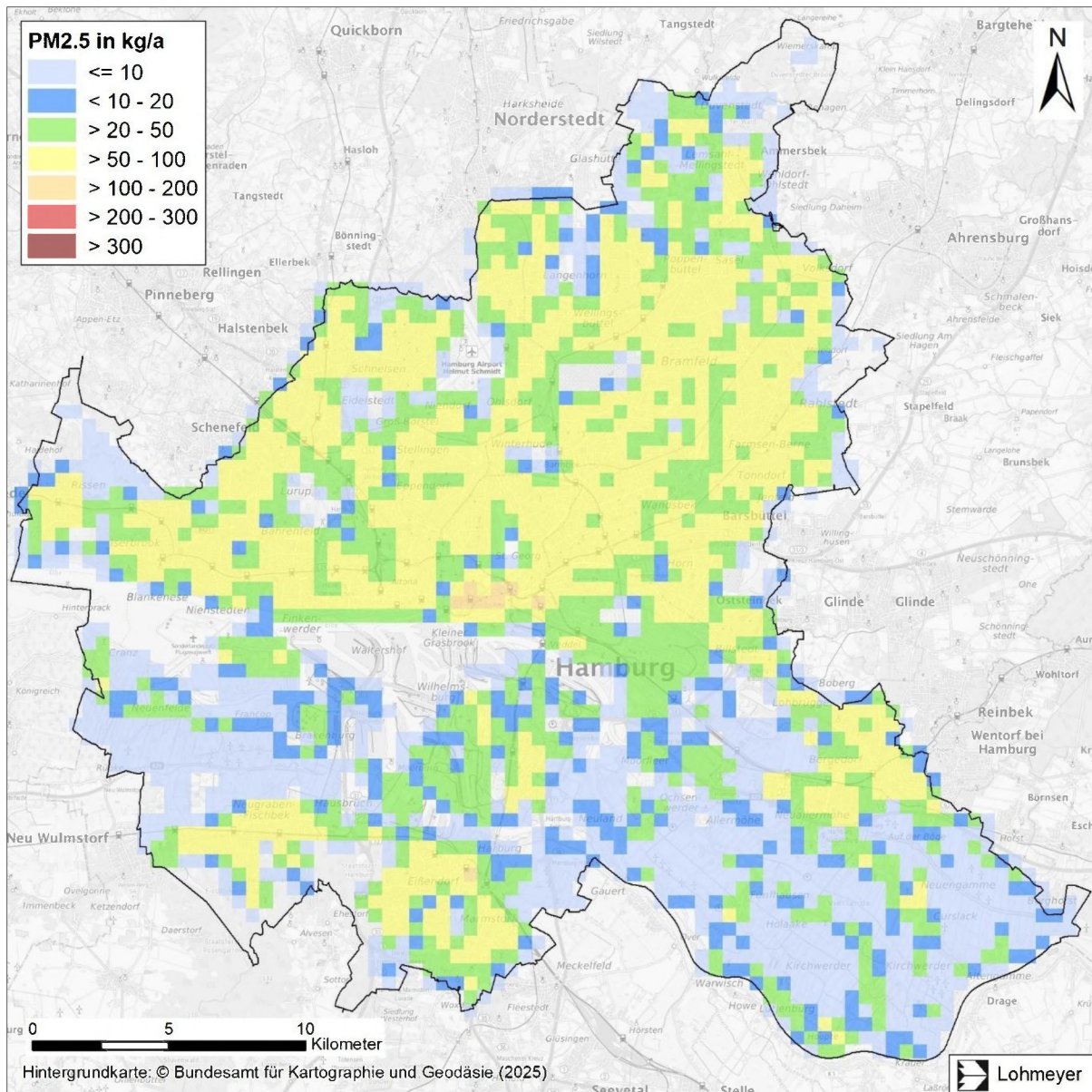


Abb. 5.11: PM_{2.5}-Emissionen aus Kleinfeuerungsanlagen (Hausbrand)

5.7 Zusammenfassung der Emissionsbeiträge

Für Hamburg wurden die übergebenen und berechneten Emissionsbeiträge zusammengefasst. In **Tab. 5.1** sind die Emissionen dieser Sektoren für PM₁₀ und PM_{2.5} aufgeführt.

Die für Hamburg verfügbaren und erfassten Emissionen umfassen ca. 1 100 t/a PM₁₀ bzw. 600 t/a PM_{2.5}. Die größten Anteile stellen die Sektoren Industrie (43 % bzw. 42 %), Straßenverkehr (41 % bzw. 31 %) und Kleinfeuerungsanlagen (Hausbrand) (9 % bzw. 15 %).

Es ist zu beachten, dass die methodenbedingte Datenlage nicht alle in Hamburg entstehenden Emissionen umfasst. So sind bspw. die Nebenstraßen, kleine Industrieanlagen und gewerblich Anlagen nicht aufgeführt.

Emissionskategorie	PM10 in t/a	PM2.5 in t/a
Straßenverkehr (Hauptverkehrsstraßen)	446.9	189.3
Hafen (Fahrwege, Liegestellen, Güterumschlag)	52.6	48.5
Schienenverkehr	27.8	20.3
Flugverkehr	2.9	2.9
Industrie	477.2	257.5
Kleinf Feuerungsanlagen (Hausbrand)	94.1	89.5
<i>Summe</i>	<i>1 102</i>	<i>608</i>

Tab. 5.1: PM10- und PM2.5-Emissionen für das Basisszenario 2024 nach Emissionskategorie

6 IMMISSIONEN

Für das Stadtgebiet werden an bebauten Straßen (= Straßenschluchten) die Konzentrationswerte in einer Höhe von 1.5 m für die Hausfassade angegeben. Hierbei werden für ca. 100 m lange Straßenabschnitte Konzentrationswerte an der höchst belasteten Stelle berechnet, die auf dem gesamten Straßenabschnitt ausgewiesen werden. Es handelt sich dabei um die berechneten Konzentrationen an der nächstgelegenen Bebauung. Dies entspricht dem Charakter einer Screening-Betrachtung. In Bereichen außerhalb der Straßenschluchten treten geringere Belastungen auf.

Immissionen werden nur an Straßenabschnitten mit einer relevanten Verkehrsbelegung (DTV >5 000 Kfz/24 h) ausgewiesen. Zusätzlich erfolgt die Immissionsprognose nur an Straßenabschnitten, wo Menschen mit 1. oder 2. Wohnsitz gemeldet sind. Dazu werden aktuelle Einwohnerdaten mit der Immissionsprognose verknüpft.

Die berechneten Hintergrund- und Gesamtbelastungen der PM10- und PM2.5-Jahresmittelwerte sind im Anhang A2 dargestellt. Die Gesamtbelastungen werden für die beurteilungsrelevanten Straßenabschnitte als Linie gezeichnet. Insgesamt wurden ca. 3 300 Streckenabschnitte mit einer Gesamtlänge von 333 km berechnet und ausgewiesen.

PM10-Konzentrationen

Die PM10-Belastungen an den Straßenrandbebauungen sind mehrheitlich in den Klassen >14–16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und >16–18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (mittelblauen Farbtönen) dargestellt (**Abb. A2.5**). Die Konzentrationen nehmen tendenziell von der Innenstadt zum Stadtrand ab. Das ist zum einen mit der räumlichen Verteilung der Hintergrundbelastung (**Abb. A2.1**), wie auch der Straßen- und Verkehrsdichte, zu erklären.

Die PM10-Hintergrundbelastung im Stadtgebiet Hamburg umfasst eine große Spannweite von 11–63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die hohen Konzentrationen entfallen dabei auf einen räumlich sehr begrenzten Bereich am Santhauhafen. Dort werden durch Umschlagsvorgänge lokal hohe PM10-Konzentrationen berechnet. Vereinzelt werden auch an anderen Stellen erhöhte PM10-Konzentrationen festgestellt. Diese werden in der Karte ebenfalls in roten oder orangefarbenen Tönen aufgezeigt und befinden sich z. B. am Blumensand (Wilhelmsburg). Die überwiegenden PM10-Konzentrationen im städtischen Hintergrund außerhalb des Hafennutzungsgebietes liegt zwischen 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen an den beurteilungsrelevanten Straßenrandbebauungen wurden mit $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Von den insgesamt 3 300 Straßenabschnitten werden davon 4 Abschnitte mit $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. An allen anderen Straßenabschnitten liegen die Werte darunter. Die Straßenabschnitte entfallen auf die Stresemannstraße (2-fach), zwischen Kaltenkirchener Platz und Kieler Straße sowie auf die Schröderstiftstraße zwischen Rentzelstraße und Papendamm und zusätzlich An der Alster zwischen der Schmilinskystraße und Lohmühlenstraße. Die PM10-Hintergrundbelastungen werden an diesen Stellen mit $13\text{--}14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bestimmt. Die entsprechenden Kfz-bedingten Zusatzbelastungen entsprechen $7\text{--}8 \mu\text{g PM10}/\text{m}^3$. Der Großteil der Zusatzbelastung wird durch die Abriebe- und Wiederaufwirbelung verursacht. Die berechneten Auspuff-Zusatzbelastungen betragen an diesen Orten ca. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV (2010) wird im Basisszenario 2024 nicht erreicht und nicht überschritten.

Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 39. BImSchV (2010) auch ein 24-Stundengrenzwert für Partikel (PM10) von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definiert, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend den Darstellungen im Kapitel 3 wird angesetzt, dass bei Konzentrationen unterhalb des entsprechenden Schwellenwertes von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert) auch der PM10-24 h-Grenzwert sicher eingehalten wird. Der PM10-24 h-Grenzwert ist somit eine strengere Kenngröße als der Jahresmittelgrenzwert (vgl. Kapitel 3).

Der strengere PM10-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend der 39. BImSchV wird deshalb im betrachteten Straßennetz von Hamburg ebenfalls nicht überschritten.

Höhere PM10-Jahresmittelwerte wurden im Hafennutzungsgebiet berechnet (**Abb. A2.1**). Die Konzentrationen beschränken sich dabei auf nicht beurteilungsrelevante Bereiche.

PM2.5-Konzentrationen

Die Hintergrundbelastung (**Abb. A2.2**) zeigt ein ähnliches Muster wie bei PM10-Konzentrationen. Im Hafengebiet Sandauhafen, Dradenauhafen, Blumensandhafen u.a. in Altenwerder und Wilhelmsburg zeigen sich lokal hohe PM2.5-Konzentrationen bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Außerhalb des Hafengebiets werden überwiegend $7\text{--}10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an PM2.5-Konzentrationen ermittelt.

Auf den beurteilungsrelevanten Straßenabschnitten werden maximale PM2.5-Jahresmittelwerte von $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an 11 Abschnitten berechnet (**Abb. A2.6**). An 151 Abschnitten werden

PM_{2.5}-Konzentrationen über 10 µg/m³ prognostiziert. Der Großteil der 3 300 berechneten Straßenabschnitte liegt entsprechend darunter. Die straßenverkehrsbedingte Zusatzbelastung erreicht dabei einen Wert von höchstens 3.6 µg/m³, daran sind die Auspuff-Emissionen mit ca. 1 µg/m³ beteiligt. Der Großteil der PM_{2.5}-Gesamtbelastung ist dementsprechend von der Hintergrundbelastung geprägt.

Der seit dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM_{2.5}-Jahresmittelwerte von 25 µg/m³ gemäß 39. BImSchV (2010) wird nicht erreicht und nicht überschritten.

7 LITERATUR

11. BImSchV (2004): Elfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes vom 29.04.2004 (Verordnung über Emissionserklärungen und Emissionsberichte). BGBl. I 2004, S. 694.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 112 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I Nr. 29, S. 1328), in Kraft getreten am 27. Juni 2020.
- Bächlin et al. (2008): Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Rombergformel. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 60976-04-01. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- BASt (2005): PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen (Düring, I., Bösing, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2025): https://sgx.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, bkg-Dienstleistungszentrum, Leipzig.
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Düring, I., Schmidt, W., Johannsen, K. (2021): Abrieb von Fahrbahnoberflächen. Endbericht zum Forschungsprojekt der Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe sowie der EUROVIA Services GmbH, Bottrop. Auftraggeber: Bundesanstalt für Straßenwesen. März 2021.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzel, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- DWD (2019): Merkblatt Effektive Rauigkeitslänge aus Windmessungen. Deutscher Wetterdienst, Abteilung Klima- und Umweltberatung (Autoren: Dr. Meinolf Koßmann, Dipl.-Met. Joachim Namyslo). Offenbach, Stand: 14.08.2019.
- 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.
- FHH – Freie und Hansestadt Hamburg (2023): Zwischenbericht: Ergebnisse von orientierenden Stickstoffdioxidmessungen an 2 Messpunkten (22PAS-19; 22PAS-20) im Bezirk Altona; Institut für Hygiene und Umwelt, Bereich Umweltuntersuchungen, Abt. Luft,

- Radioaktivität; Bearbeiter Dr. Patrick Schlag; Auftraggeber: Behörde für Umwelt, Klima, Energie und Agrarwirtschaft, Luftreinhaltung (BUKEA-I22); Bericht vom 16.08.2023.
- Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM10 and PM2.5 concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment* 37 (2003).
- Israël, G.W., Schlums, C., Treffeisen, R. Pesch, M. (1994): Rußimmissionen in Berlin, Herkunftsbestimmung - Kfz-Flottenemissionsfaktoren – Vergleichbarkeit von Probenahmemethoden. Fortschrittberichte VDI, Reihe Umwelttechnik, Nr. 152.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- 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.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO2-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- TREMOT (2020): Transport Emission Model: „Aktualisierung der Modelle TREMOD/ TREMOD-MM für die Emissionsberichterstattung 2020 (Berichtsperiode 1990-2018)“ / Berichtsteil „TREMOT“. ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. Im Auftrag des Umweltbundesamtes. UBA-Texte 116/2020. Dessau-Roßlau, Juni 2020.
- UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version 24.02.2022). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL), Düsseldorf, Mai 2020.

ANHÄNGE

A1 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS PROKAS

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

A1.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

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

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2008). Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO₂-Konversion mit einem vereinfachten Chemiemodell berücksichtigt (Düring et al., 2011).

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

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

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil

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

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

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

wobei:

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

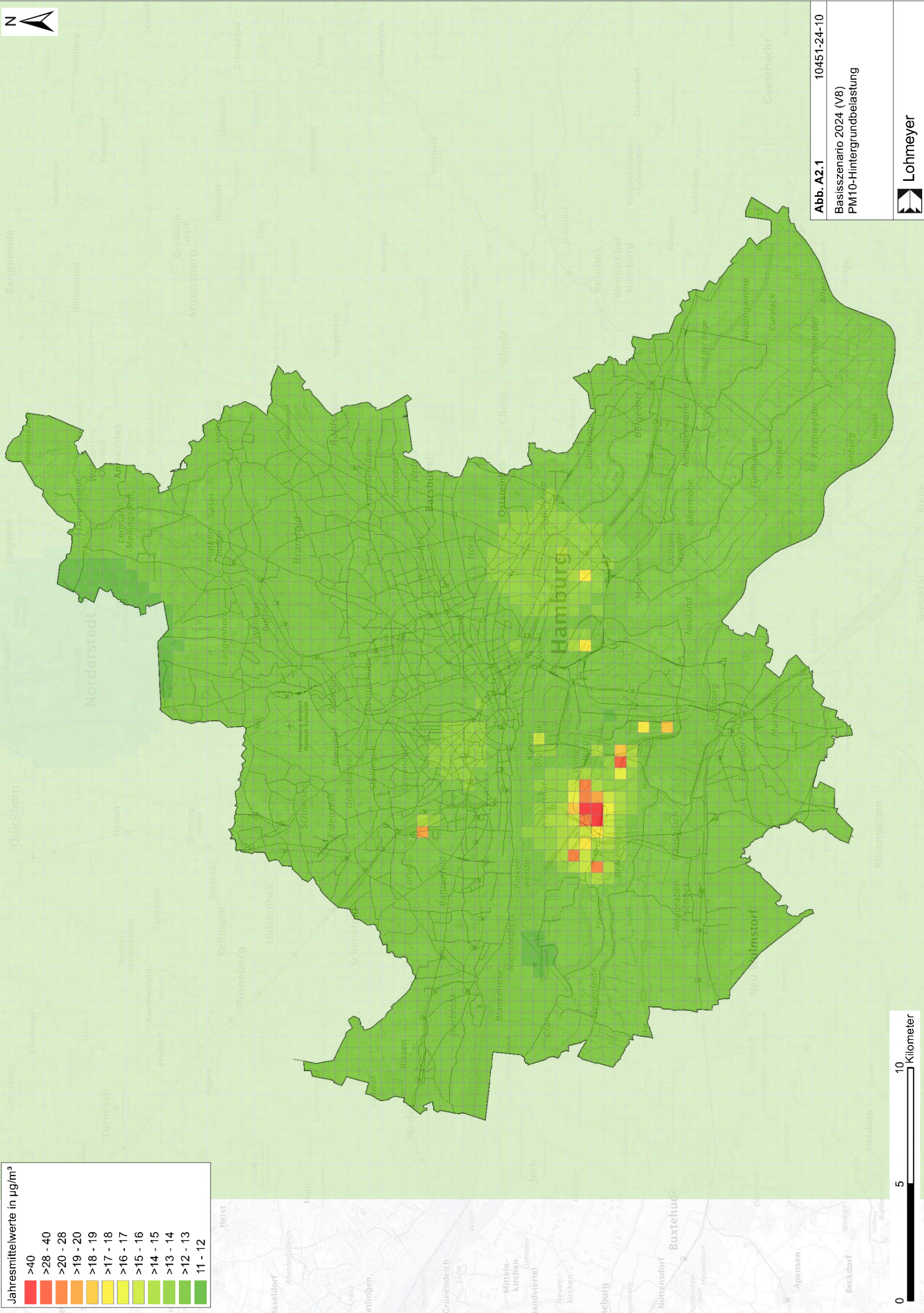
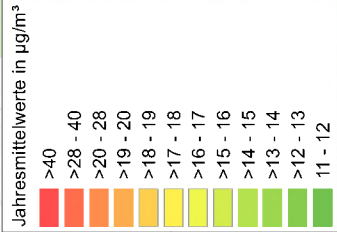
Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

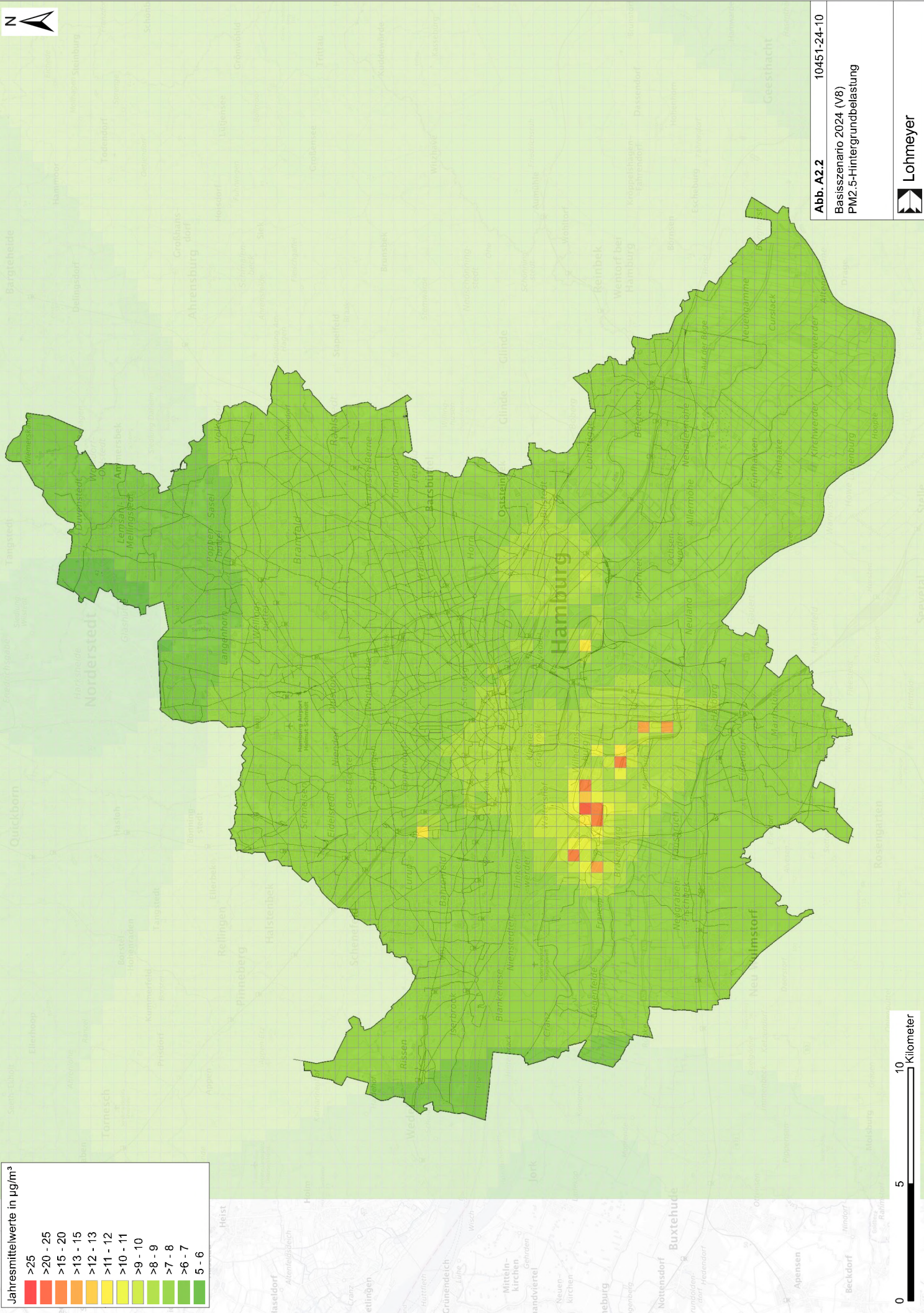
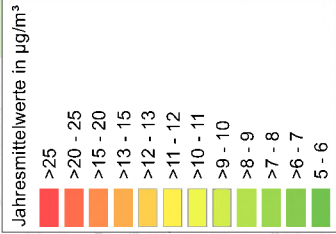
Typ	Randbebauung	Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite	Lückenanteil in %
0*	locker	-	61 - 100
101	einseitig	1:3	0 - 20
102	"	1:3	21 - 60
103	"	1:2	0 - 20
104	"	1:2	21 - 60
105	"	1:1.5	0 - 20
106	"	1:1.5	21 - 60
107	"	1:1	0 - 20
108	"	1:1	21 - 60
109	"	1.5:1	0 - 20
110	"	1.5:1	21 - 60
201	beidseitig	1:3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

Tab. A1.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

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

A2 IMMISSIONSABBILDUNGEN





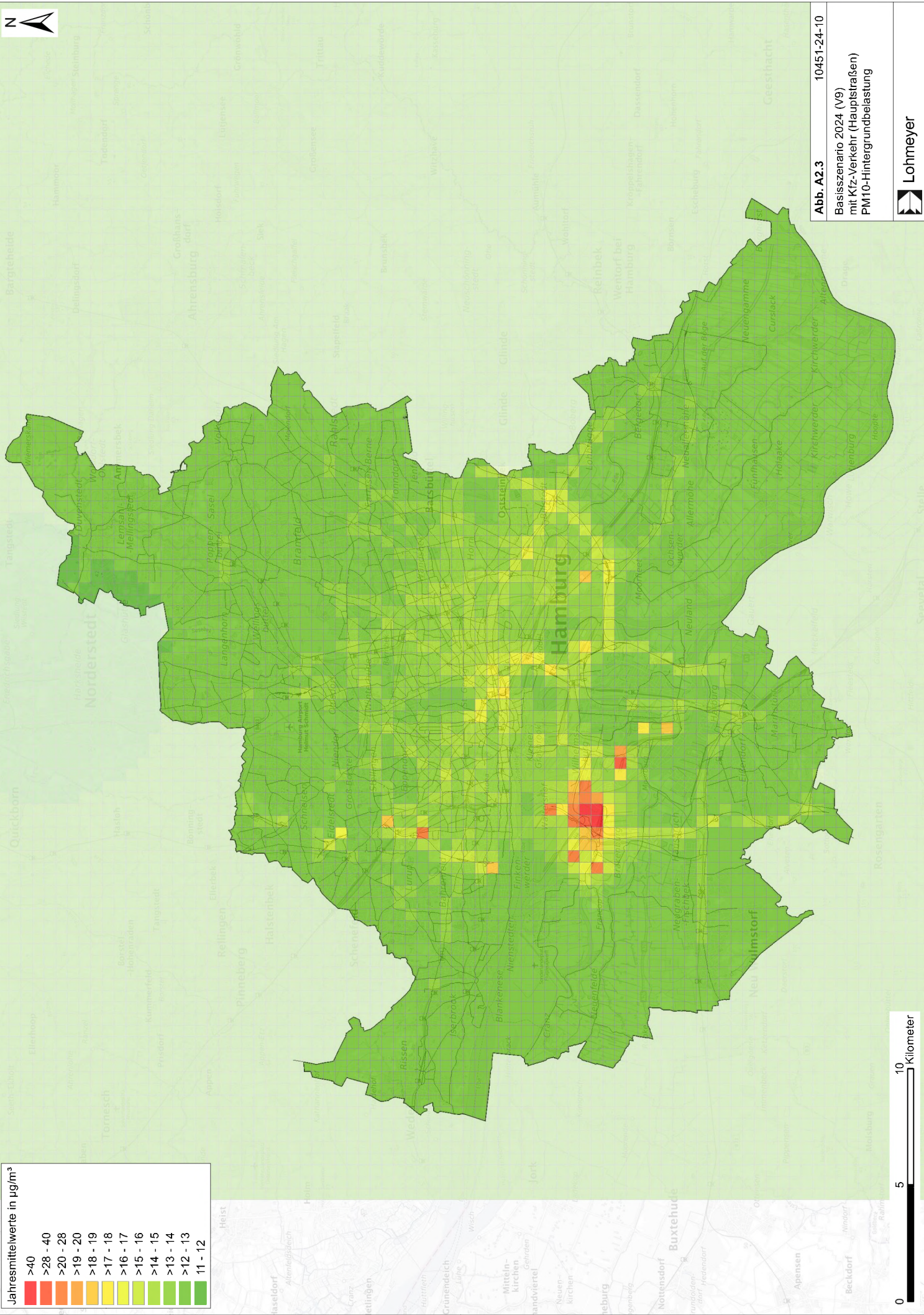
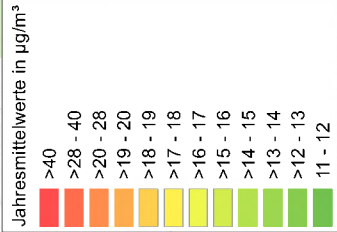


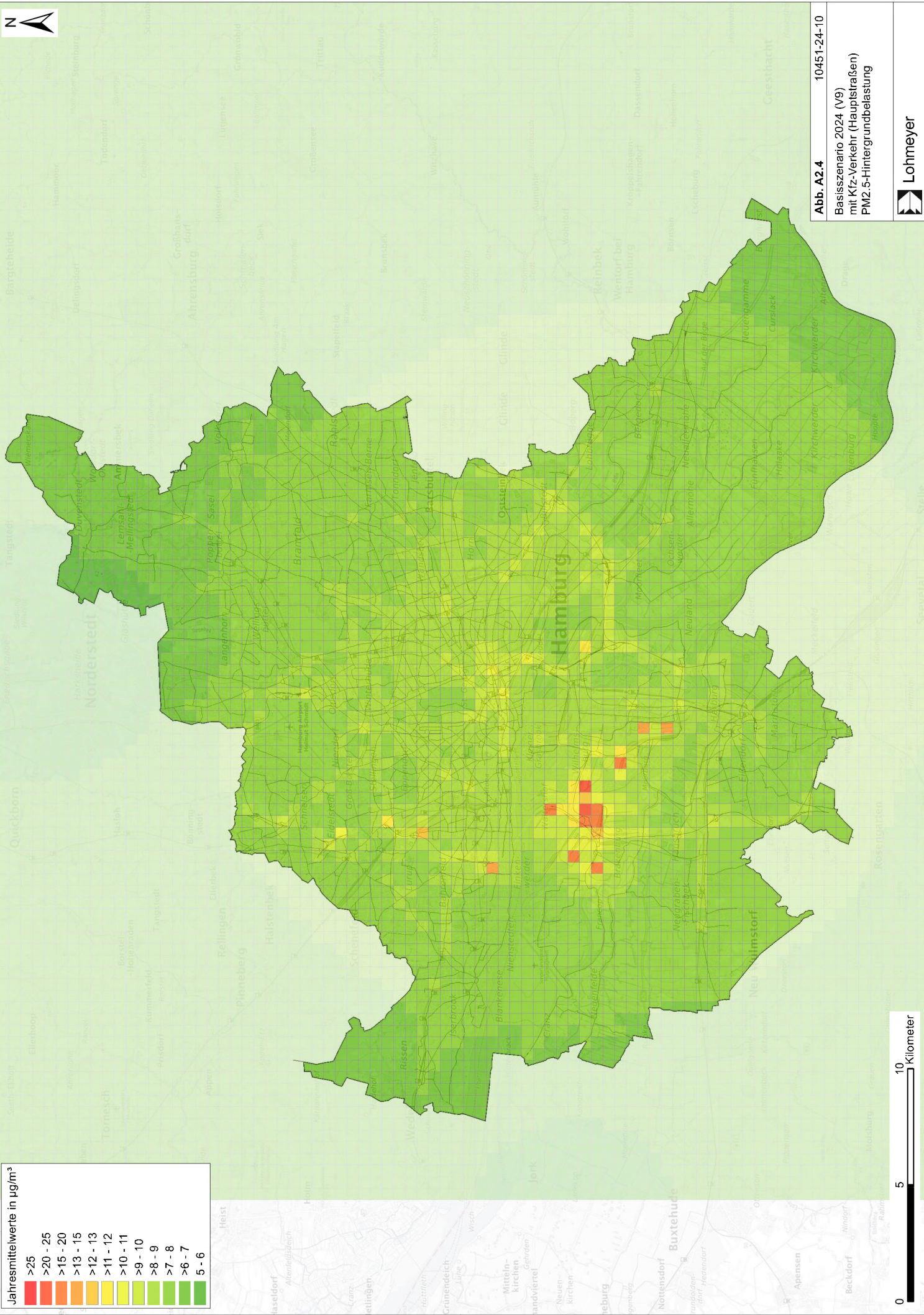
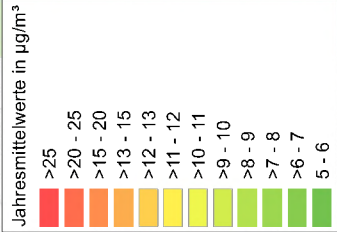
Abb. A2.3 10451-24-10

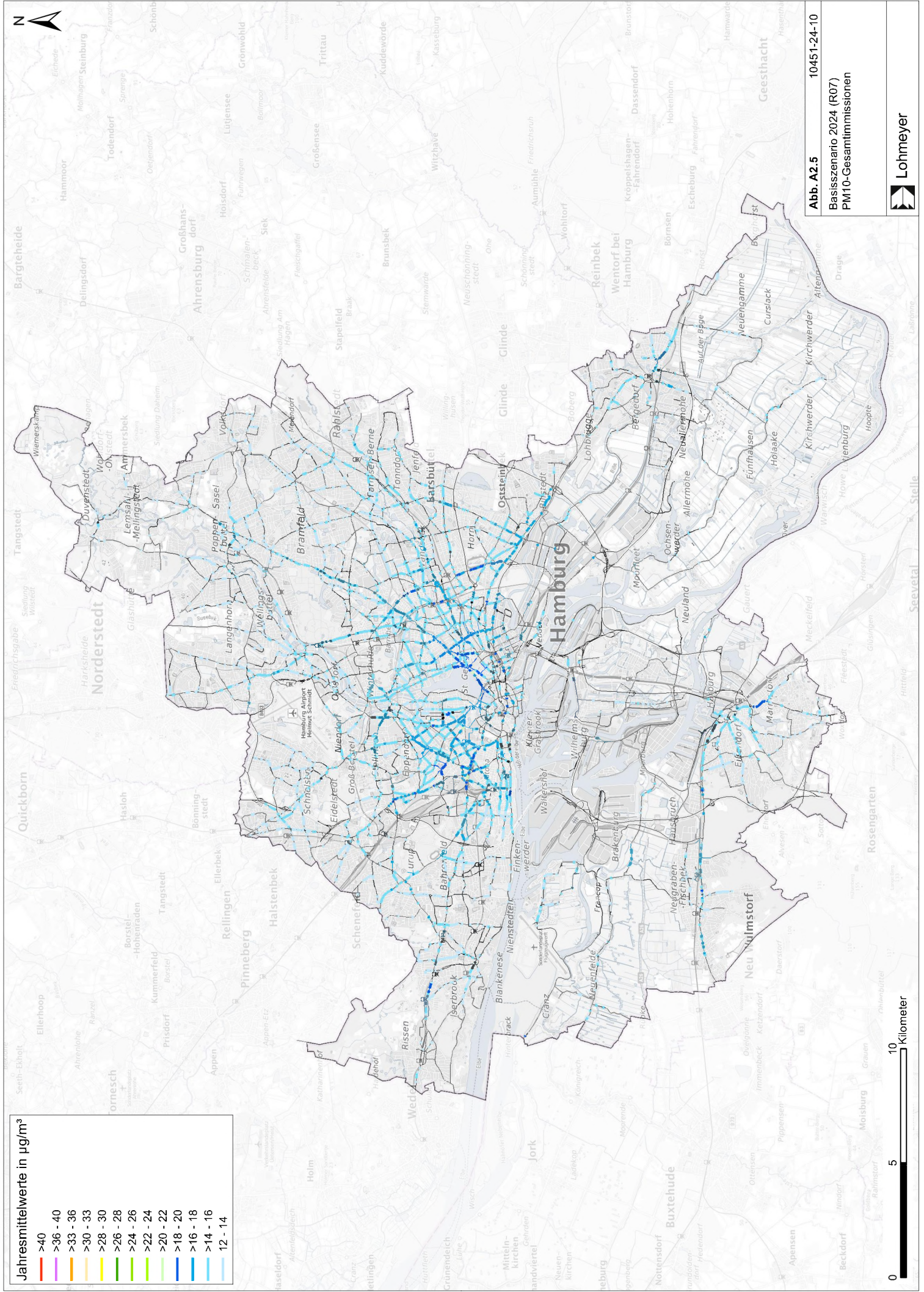
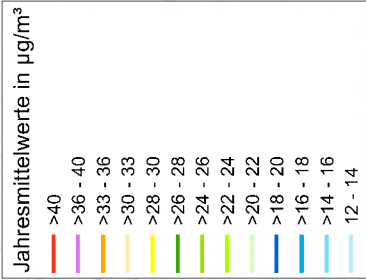
Basiszenario 2024 (V9)
mit Kfz-Verkehr (Hauptstraßen)
PM10-Hintergrundbelastung

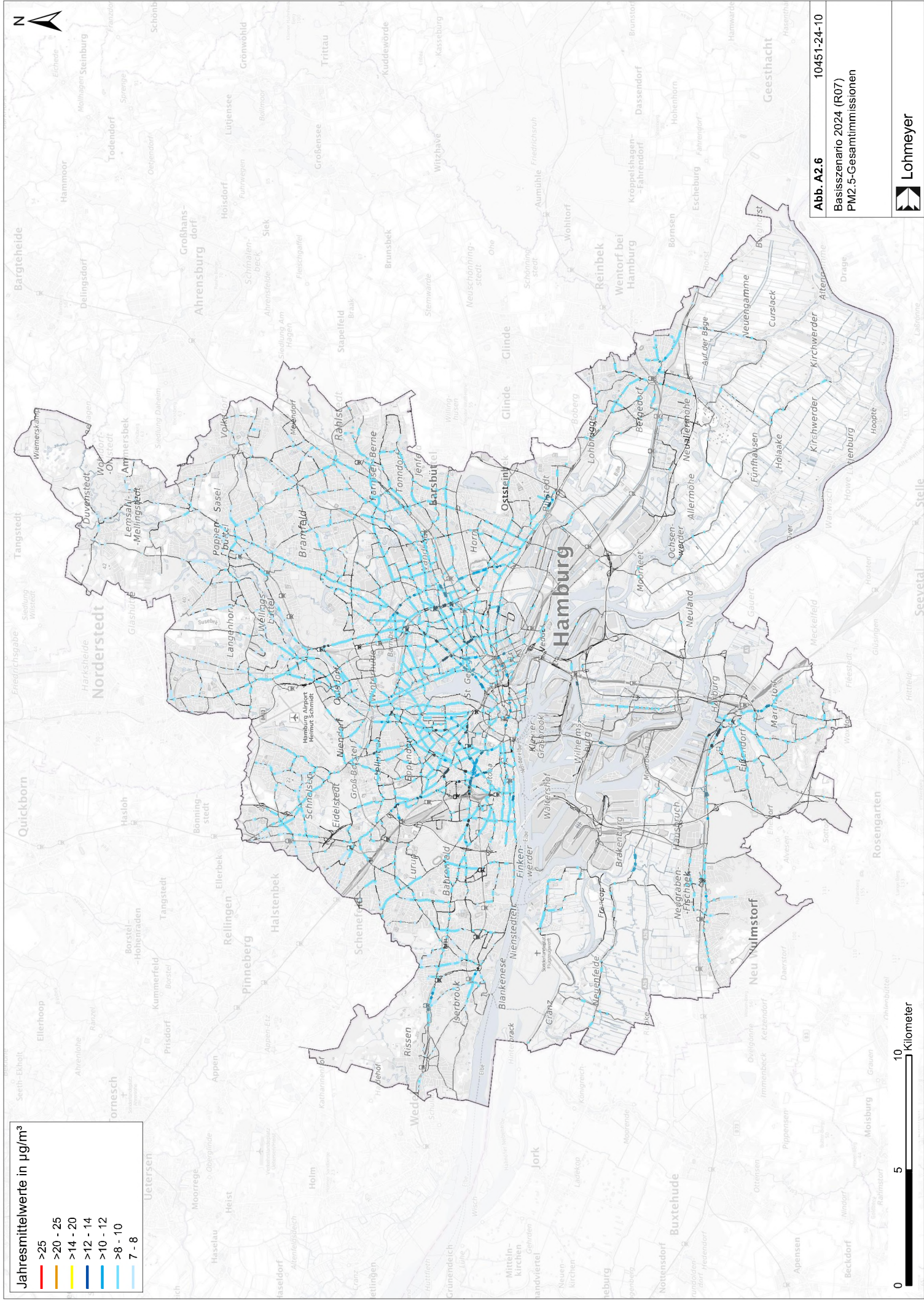
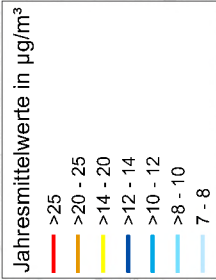
0 5 10 Kilometer



Lohmeyer

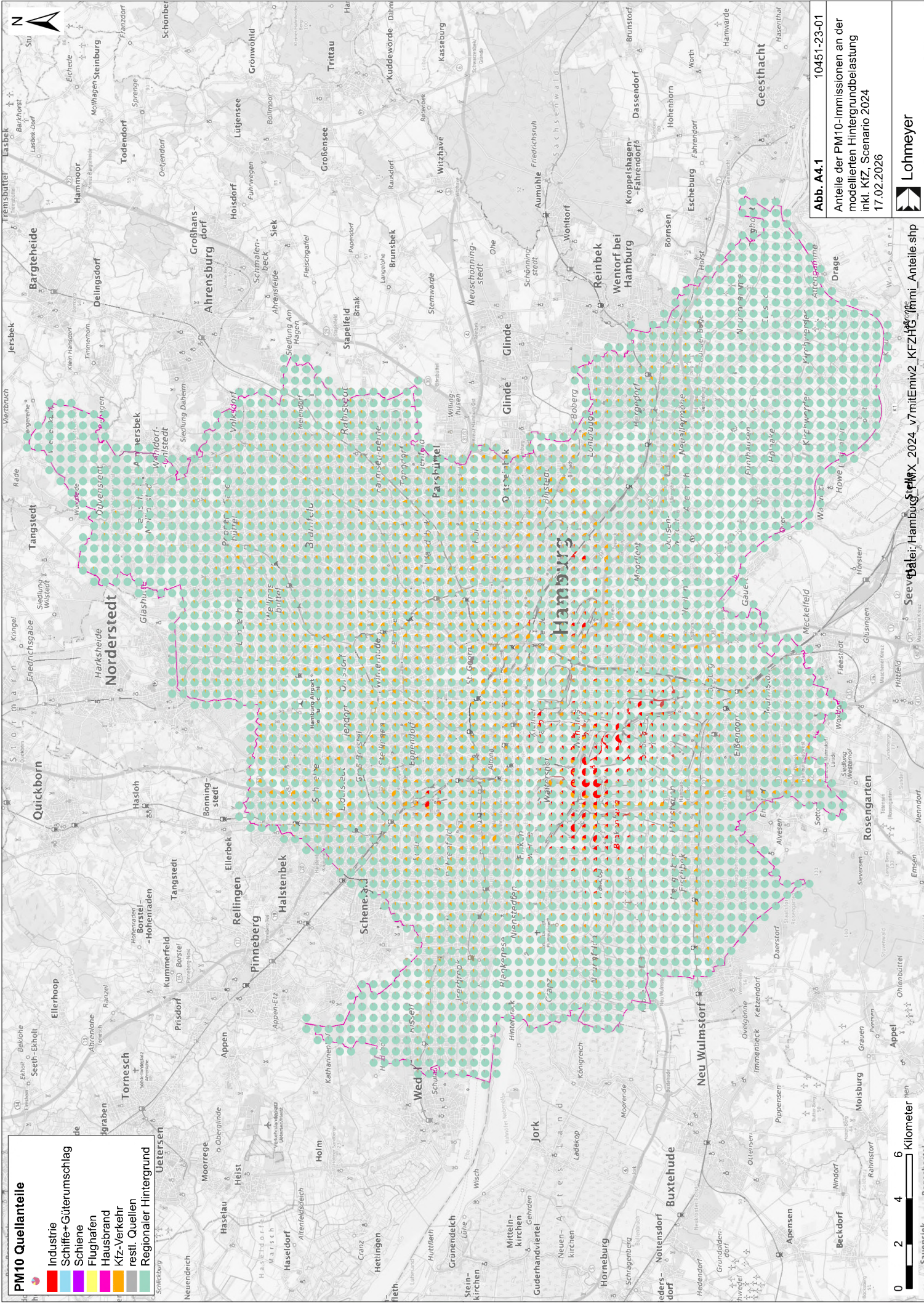






A3 ZUSAMMENSETZUNG DER PM-GESAMTBELASTUNG

Die berechneten PM-Belastungen setzen sich aus den zuvor genannten Quellanteilen und der regionalen Hintergrundbelastung zusammen. Auf Grundlage der Immissionsberechnungen, die für die bekannten Emissionskategorien durchgeführt wurden und der Ergebnisse der IM-MIKART-Berechnungen konnte auch der regionale Hintergrund und Immissionen aus sonstigen Quellen abgeleitet werden. Die PM-Konzentrationsanteile aus Industrie, Schienenverkehr, Hafen (Schiffsverkehr und Güterumschlag), Flughafen, Straßenverkehr, sonstiger Quellen und regionaler Hintergrundbelastung sind für das gesamte Stadtgebiet in für PM10 in **Abb. A3.1** und PM2.5 in **Abb. A3.2** als rechenrasterbezogene Kuchendiagramme dargestellt.



PM10 Quellanteile

- Industrie
- Schiffe+Güterumschlag
- Schiene
- Flughafen
- Hausbrand
- Kfz-Verkehr
- restl. Quellen
- Regionaler Hintergrund

Abb. A4.1 10451-23-01

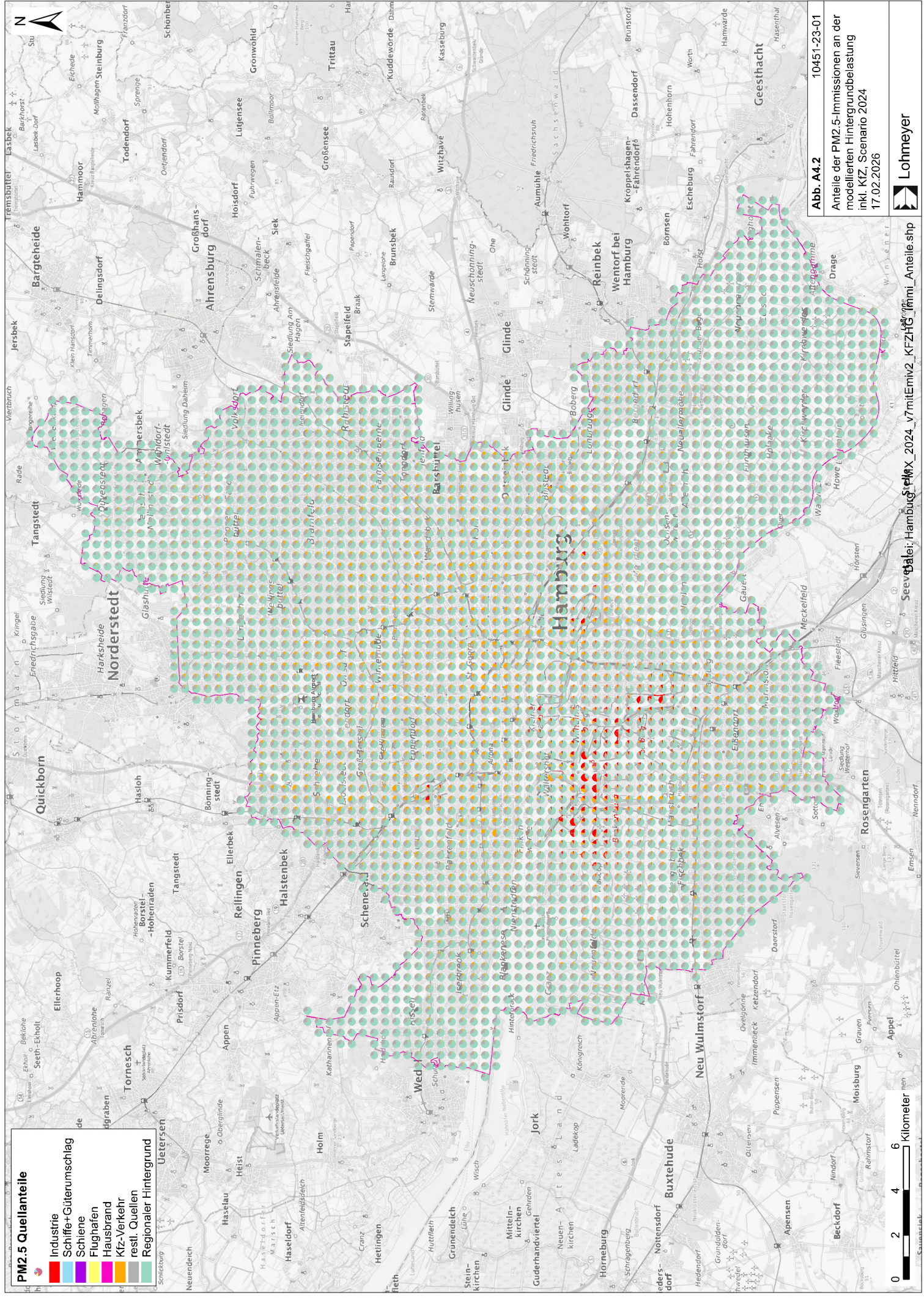
Anteile der PM10-Immissionen an der modellierten Hintergrundbelastung inkl. Kfz, Szenario 2024 17.02.2026



Lohmeyer

SeeveBalei: Hamburg_2024_v7mitEmiv2_KfzHG_Antiimi_Anteile.shp

0 2 4 6 Kilometer



- PM2.5 Quellanteile**
- Industrie
 - Schiffe/Güterumschlag
 - Schiene
 - Flughafen
 - Hausbrand
 - Kfz-Verkehr
 - restl. Quellen
 - Regionaler Hintergrund