

**Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,  
Aerodynamik, Umweltsoftware**

Mohrenstraße 14, D – 01445 Radebeul

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

Telefax: +49 (0) 351 / 8 39 14 59

E-Mail: [info.dd@lohmeyer.de](mailto:info.dd@lohmeyer.de)

URL: [www.lohmeyer.de](http://www.lohmeyer.de)

Büroleiter: Dr. rer. nat. Ingo Düring

**bekanntgegebene Stelle nach § 29b BImSchG  
für den Aufgabenbereich O - Gerüche**

## **BEBAUUNGSPLAN ST. GEORG 43 IN HAMBURG-MITTE**

### **- LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber: Freie und Hansestadt Hamburg  
Bezirksamt Altona  
Platz der Republik 1  
22765 Hamburg



Januar 2018  
Projekt 71562-18-01  
Berichtsumfang 47 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>VORGEHENSWEISE .....</b>	<b>6</b>
	3.1 Betrachtete Schadstoffe .....	6
	3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe .....	6
	3.3 Berechnungsverfahren MISKAM .....	7
	3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	9
<b>4</b>	<b>EINGANGSDATEN .....</b>	<b>12</b>
	4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	12
	4.2 Verkehrsdaten .....	15
	4.3 Bebauungssituation .....	18
	4.4 Meteorologische Daten .....	19
	4.5 Hintergrundbelastung der Luft .....	19
<b>5</b>	<b>EMISSIONEN .....</b>	<b>23</b>
	5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	23
	5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	23
	5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	25
	5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	26
<b>6</b>	<b>IMMISSIONEN.....</b>	<b>29</b>
	6.1 Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ).....	29
	6.2 Feinstaub (PM10) .....	31
	6.3 Feinstaub (PM2.5) .....	32
<b>7</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>34</b>
	<b>ANHANG A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFF- KONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....</b>	<b>37</b>

---

<b>ANHANG A2: BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>41</b>
<b>ANHANG A3: EMISSIONSABBILDUNGEN.....</b>	<b>45</b>

**Hinweise:**

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung des Ingenieurbüros Lohmeyer GmbH & Co. KG nicht auszugsweise vervielfältigt werden.

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

## ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

### **Emission / Immission**

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Gramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist  $\mu\text{g}$  (oder  $\text{mg}$ ) Schadstoff pro  $\text{m}^3$  Luft ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$  oder  $\text{mg}/\text{m}^3$ ).

### **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  $\text{mg}/\text{m}^3$  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 weitere Kurzzeitwerte charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Eine Einschränkung hinsichtlich Beurteilung der Luftqualität mit Hilfe des Jahresmittelwertes besteht darin, dass er nichts über Zeiträume mit hohen Konzentrationen aussagt. Eine das ganze Jahr über konstante Konzentration kann zum gleichen Jahresmittelwert führen wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m<sup>3</sup>, 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 bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird). 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 bzw. PM10/PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

## 1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Bezirksamt Mitte, Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung plant die Erstellung des Bebauungsplans St. Georg 43 in Hamburg. Das Plangebiet befindet sich zwischen dem Steindamm und der Brennerstraße. Es handelt sich hierbei um die Überplanung einer Bestandssituation, praktisch der gesamte Geltungsbereich des Bebauungsplans ist bis auf einzelne Ausnahmen bereits bebaut.

Im Zuge der Aufstellung des Bebauungsplans wurde die Erarbeitung eines Luftschadstoffgutachtens erforderlich, um zu überprüfen, ob im Plangebiet gesunde Wohnverhältnisse herstellbar sind.

Betrachtet wurden die folgenden Fälle:

- Nullfall 2020 (ohne Realisierung B-Plan, Verkehrsbelegung 2018, Emissionsfaktoren 2020)
- Planfall 2020 (mit Umsetzung der Planungen, Verkehrsbelegung 2018, Emissionsfaktoren 2020).

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) hinsichtlich des Schutzes der Gesundheit. Die Beurteilung der Maßnahme erfolgte im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 3.3 (UBA, 2017) wurden die verkehrsbedingten Emissionen für das Jahr 2020 ermittelt.

Die nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>-Emissionen wurden auf der Grundlage vorliegender Systematisierungen aus der Literatur bestimmt.

Die Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Modell MISKAM (Beschreibung siehe Anhang A2).

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 Messdaten angesetzt. Die NO/NO<sub>2</sub>-Konversion wurde mit einem vereinfachten Chemiemodell durchgeführt. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

## Ergebnisse

Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> wird den Berechnungsergebnissen zu Folge im Nullfall 2020 und Planfall 2020 im Untersuchungsgebiet unterschritten. Eine Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Kurzzeitgrenzwertes ist nicht zu erwarten.

Die geltenden Grenzwerte für PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte (40 µg/m<sup>3</sup>) und PM<sub>2.5</sub>-Jahresmittelwerte (25 µg/m<sup>3</sup>) werden mit maximalen Werten an der Bebauung von 23 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>10</sub>) bzw. 15 µg/m<sup>3</sup> (PM<sub>2.5</sub>) sowohl im Null- als auch im Planfall deutlich eingehalten. Bei diesen Jahresmittelwerten sind auch keine Überschreitungen des PM<sub>10</sub>-Tagesgrenzwertes zu erwarten. Die berechneten Feinstaubwerte sind als leicht erhöhte Konzentration zu bezeichnen.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Das Bezirksamt Mitte, Fachamt Stadt- und Landschaftsplanung plant die Erstellung des Bebauungsplans St. Georg 43 in Hamburg. Durch den Bebauungsplan St. Georg 43 sollen die planungsrechtlichen Voraussetzungen für die bauliche Fortentwicklung der bestehenden Mischnutzungen aus überwiegend Dienstleistungs- und Wohnnutzungen sowie zum Teil gewerblichen Nutzungen geschaffen werden. Das Plangebiet befindet sich zwischen dem Steindamm und der Brennerstraße. Der Geltungsbereich soll als Kerngebiet (MK), allgemeines Wohngebiet (WA) und besonderes Wohngebiet (WB) festgesetzt werden. Es handelt sich hierbei um die Überplanung einer Bestandssituation, praktisch der gesamte Geltungsbereich des Bebauungsplans ist bis auf einzelne Ausnahmen bereits bebaut.

Der Steindamm soll entsprechend der Bedeutung für den Stadtteil St. Georg als Einkaufs- und Geschäftsstraße fortentwickelt werden. Entlang des Steindamms und der westlichen Hälfte des Planbereichs an der Brennerstraße sollen die hier vorhandenen gewerblichen Nutzungen gesichert und weiterentwickelt werden. An der Brennerstraße in der östlichen Hälfte des Plangebiets sollen die bestehenden Mischnutzungen aus Wohnen und gewerblichen Anteilen gesichert werden. Auf geeigneten Flächen im gesamten Plangebiet soll insbesondere die Wohnnutzung fortentwickelt werden. Im Zuge der Aufstellung des Bebauungsplans wurde die Erarbeitung eines Luftschadstoffgutachtens erforderlich, um zu überprüfen ob im Plangebiet gesunde Wohnverhältnisse herstellbar sind.

Hierbei sind die relevanten Luftschadstoffimmissionen aus dem Kfz-Verkehr zu ermitteln und zu bewerten.

Zu betrachten sind die folgenden Fälle:

- Nullfall 2020 (ohne Realisierung B-Plan, Verkehrsbelegung 2018, Emissionsfaktoren 2020)
- Planfall 2020 (mit Umsetzung der Planungen, Verkehrsbelegung 2018, Emissionsfaktoren 2020).

Die Beurteilung der Maßnahme soll für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstäube (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV für das Jahr 2020, des frühesten Jahres der möglichen Umsetzung der Planungen, erfolgen.

### 3 VORGEHENSWEISE

#### 3.1 Betrachtete Schadstoffe

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden Luftschadstoffgutachtens ist zu prüfen, ob die durch die Planungen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für die Beurteilung von Auswirkungen des Kfz-Verkehrs ist v. a. die 39. BImSchV relevant.

Die Relevanz der Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO<sub>2</sub> und PM10 erreicht. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, Blei, Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid (NO) gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich.

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden die Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Feinstaubpartikel mit den Korngrößen 10 und 2.5 µm (PM10, PM2.5) betrachtet.

#### 3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO <sub>2</sub>	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert seit 2015	25	

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

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert. Neben den Jahresmittelwerten wird auch der PM10-Kurzzeitgrenzwert abgeleitet und bewertet. Auf die Berechnung des NO<sub>2</sub>-Kurzzeitgrenzwert als Stundenmittelwert von 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , der 18-mal pro Kalenderjahr überschritten werden darf, wird verzichtet, da der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert von 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  eher überschritten wird, als der Kurzzeitgrenzwert.

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)

### 3.3 Berechnungsverfahren MISKAM

Es werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle; VDI, 2017) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren.

Auf der Grundlage der mit dem Auftraggeber abgestimmten Verkehrsmengen werden für das Prognosejahr 2020 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.3 (UBA, 2017) und unter Beachtung neuer Korrekturen für Diesel-EURO 6-Pkw bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM<sub>10</sub>) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA nicht behandelt. Die Berechnung dieser Emissionen erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse von aktuellen Forschungsarbeiten (Düring und Lohmeyer, 2011; CORINAIR, 2007). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (VDI, 2003).

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen werden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der VDI-Richtlinie 3783, Blatt 9 für prognostische Modelle beachtet (VDI, 2005). Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 400 m berücksichtigt. Das Rechengebiet ist somit deutlich größer als die Fläche des Untersuchungsgebietes.

Das Rechengebiet wird mit einem nichtäquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung zwischen 2 m im Zentrum des Untersuchungsgebietes und ca. 10 m am Gebietsrand variiert. Die Höhe des Rechengebietes beträgt 500 m. Es werden 36 Strömungsrechnungen für die Windrichtungen 10° bis 360° sowie anschließend je 36 Ausbreitungsrechnungen für die betrachteten Schadstoffe durchgeführt. Dabei wird jeweils neutrale thermische Schichtung der Atmosphäre angenommen. Im Rahmen der Modellvalidierung hat sich gezeigt, dass die mit MISKAM berechneten Immissionsfelder in sehr guter Näherung mit der Windgeschwindigkeit skalierbar sind. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass in dicht bebautem Gelände aufgrund der hohen städtischen Rauigkeit genug mechanische Turbulenz erzeugt wird, sodass näherungsweise von einer neutralen Schichtung im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

Für jeden Schadstoff werden aus den jeweils 36 Immissionsfeldern mit der Programmoberfläche WinMISKAM (Lohmeyer, 2017) unter Verwendung der Windstatistik, der Emissionshäufigkeitsverteilung und der Schadstoffhintergrundbelastung flächendeckend die Jahresmittelwerte als Gesamtbelastung berechnet.

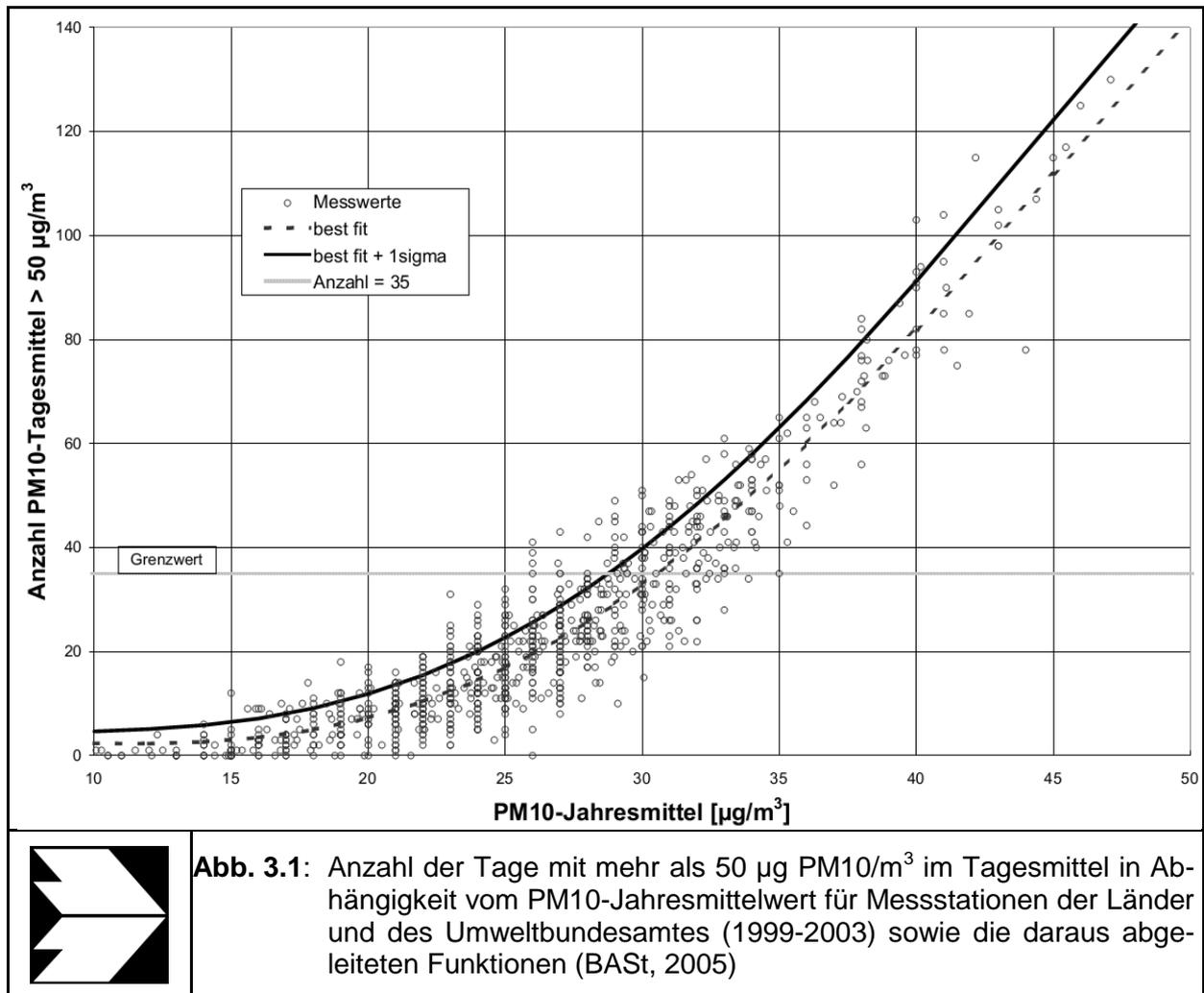
Für die Berechnung der NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlung wird das vereinfachte Chemiemodell nach Düring et al. (2011) verwendet.

### 3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO<sub>2</sub> einen Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert 115 µg/m<sup>3</sup> bis 170 µg/m<sup>3</sup> nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von 130 µg/m<sup>3</sup> (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO<sub>2</sub> einen Stundenmittelwert von 200 µg/m<sup>3</sup>, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert 54 µg/m<sup>3</sup> (= Äquivalentwert) nicht überschreitet.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM10-Konzentrationen von 50 µg/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> einen nahezu identischen Verlauf wie der o. g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m<sup>3</sup> 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. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

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

**PM10-Jahresmittel**

<29  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

29 - 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

31 - 33  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

34 - 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

$\geq 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$

**Überschreitung PM10-Tagesmittel**

keine Überschreitung

selten (Wahrscheinlichkeit <40 %)

öfter möglich (Wahrscheinlichkeit 40 bis 80 %)

wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit >80 %)

so gut wie sicher

## 4 EINGANGSDATEN

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, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsdaten, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Als Grundlage für das vorliegende Gutachten wurden u. a. die nachfolgenden Unterlagen übernommen:

- Übersichtsplan Bebauungsplan St. Georg 43
- Verkehrsbelegungsdaten vom Verkehrsportal des Geoportals Hamburg
- 3d-Stadtmodell (LOD2) vom Transparenzportal Hamburg.

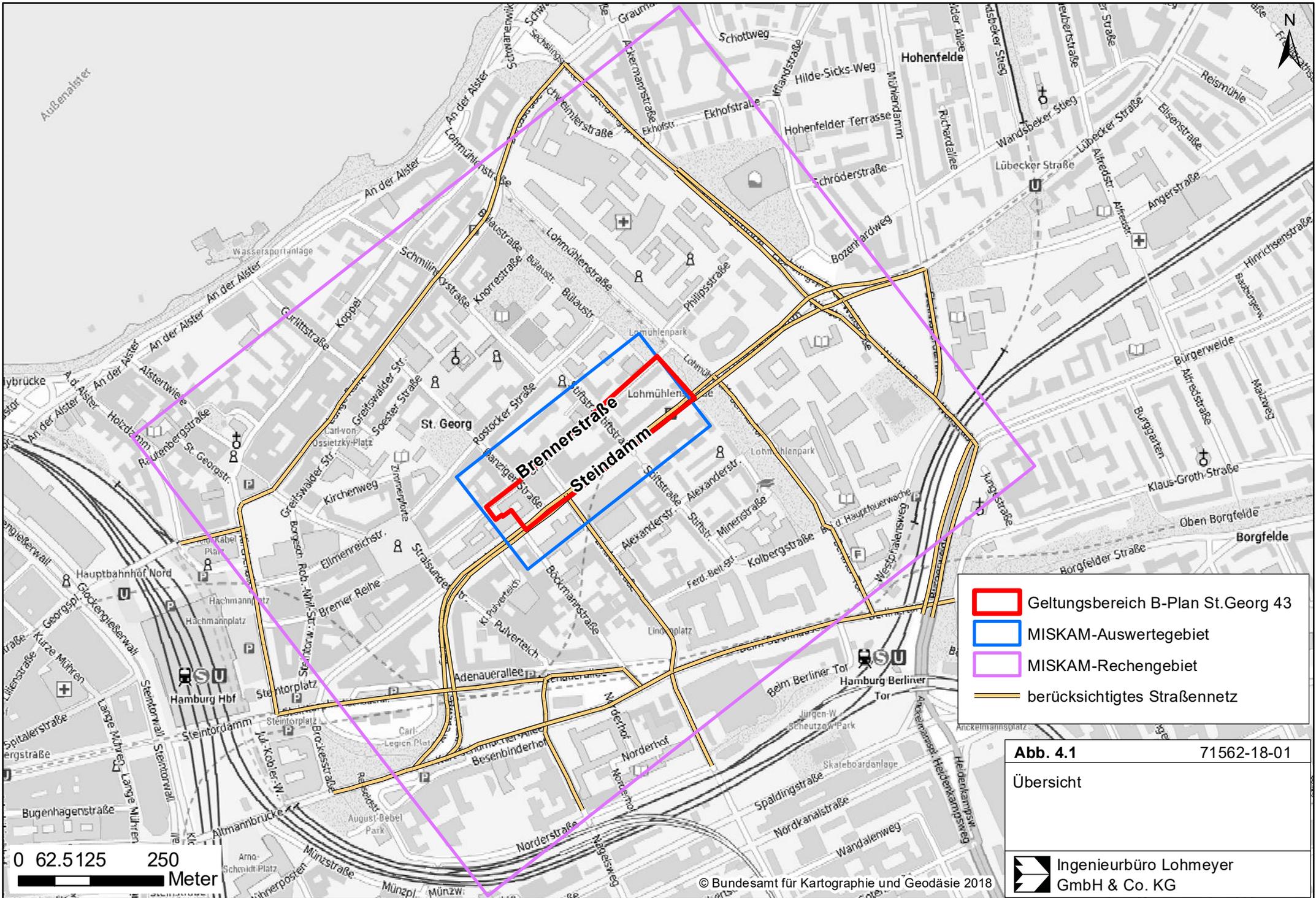
### 4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist ca. 2 km nordöstlich vom Zentrum der Freien und Hansestadt Hamburg entfernt gelegen. Das Plangebiet umfasst die Straßen Steindamm und Brennerstraße. Beide Straßen verlaufen parallel zum östlichen Alsterufer von Südwest nach Nordost.

Die **Abb. 4.1** zeigt eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet sowie das bei den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigte Straßennetz. In den betrachteten Berechnungsfällen werden nur Straßenabschnitte in die Immissionsbestimmung einbezogen, die eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke (DTV) größer 5 000 Kfz/24 h aufweisen. Die Emissionen von Straßenabschnitten mit geringerer Verkehrsbelegung werden über die Vorbelastung pauschal berücksichtigt (Abschnitt 4.5).

Der gesamte Geltungsbereich des Bebauungsplans ist bis auf einzelne Ausnahmen bereits bebaut. Das MISAKM-Rechengebiet sowie das MISKAM-Auswertegebiet sind ebenfalls in **Abb. 4.1** gekennzeichnet.

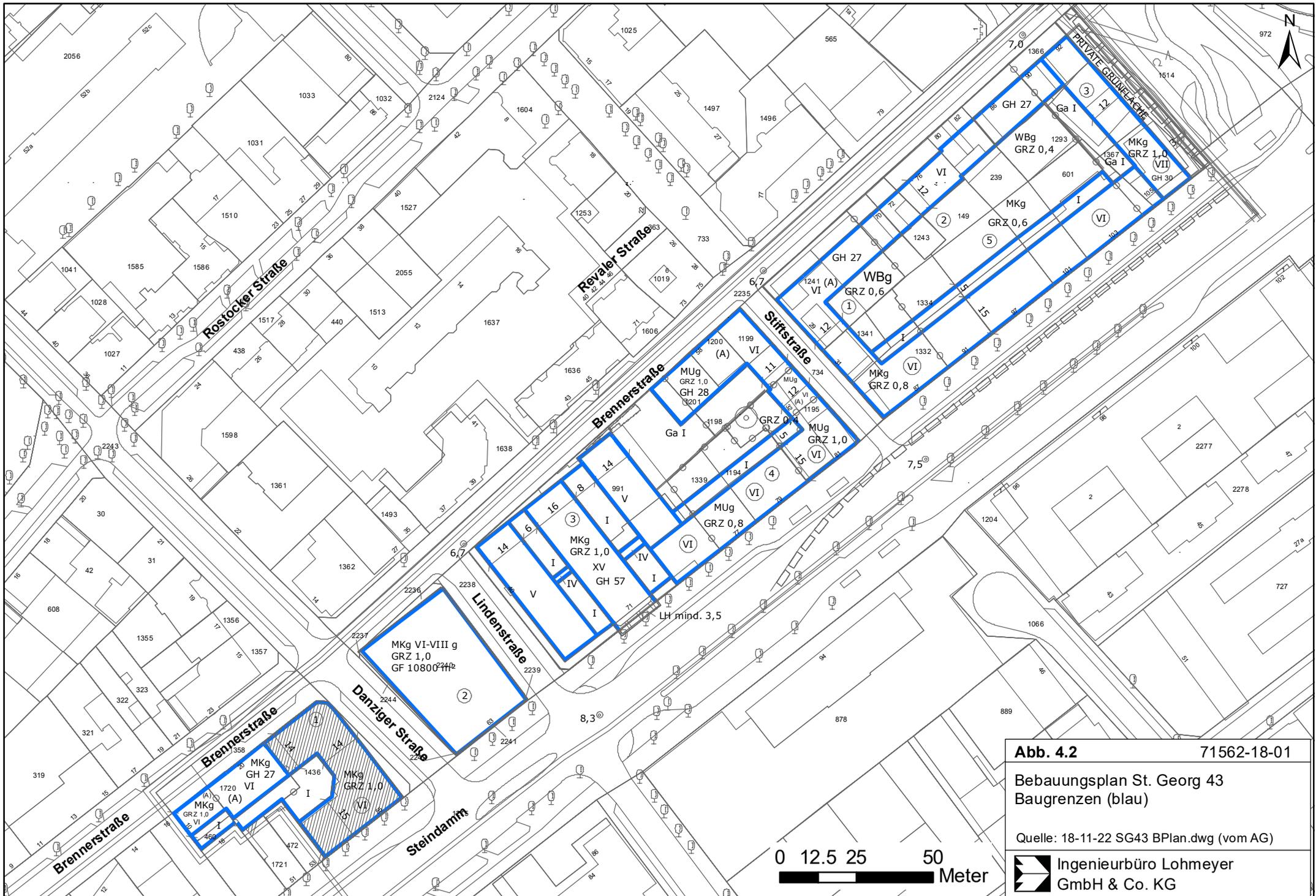
**Abb. 4.2** zeigt die Baugrenzen des Bebauungsplanes. Es ist eine Verdichtung der bestehenden Bebauung geplant. Dies geschieht vereinzelt durch Lückenschließung und hauptsächlich durch größere Gebäudehöhen.



- Geltungsbereich B-Plan St. Georg 43
- MISKAM-Auswerteggebiet
- MISKAM-Rechengebiet
- berücksichtigtes Straßennetz

**Abb. 4.1** 71562-18-01

Übersicht



**Abb. 4.2** 71562-18-01  
 Bebauungsplan St. Georg 43  
 Baugrenzen (blau)  
 Quelle: 18-11-22 SG43 BPlan.dwg (vom AG)  
 Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG

## 4.2 Verkehrsdaten

Neben unterschiedlichen DTV-Werten weisen die einzelnen Straßenabschnitte unterschiedliche Schwerverkehrsanteile und unterschiedliche Verkehrssituationen (mittlere Geschwindigkeit, Standanteile, Konstantfahrten) auf, die bei der Bestimmung der Emissionen auf den betrachteten Straßenabschnitten entscheidenden Einfluss haben.

Die Verkehrsdaten wurden überwiegend aus Zähldaten der Hamburger Zählstellen abgeleitet, welche durch den Auftraggeber bereitgestellt wurden. Für die Zählstellen stehen Tageswerte (Tagesverkehr – TV) und meist auch mittlere Verkehrsstärken (DTV) zur Verfügung. Bei den Angaben der DTV-Zählwerten handelt es sich vermutlich um Werk tägliche Verkehre ( $DTV_w$ ). Werk tägliche Verkehre sind i. d. R. bei Pkw um 10 % höher, bei Schwerverkehr um 20 % höher. Umrechnungsfaktoren standen nicht zur Verfügung.

Für die Berechnungen werden die Daten als mittlere Verkehrsstärken (DTV) verwendet, welche den Verkehr von Montag bis Sonntag abbilden. Die verwendeten Schwerverkehrszahlen (SV) beinhalten alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zul. GG) größer 3.5 t.

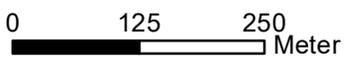
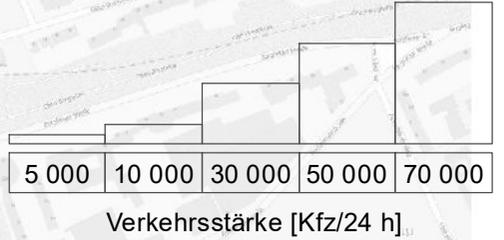
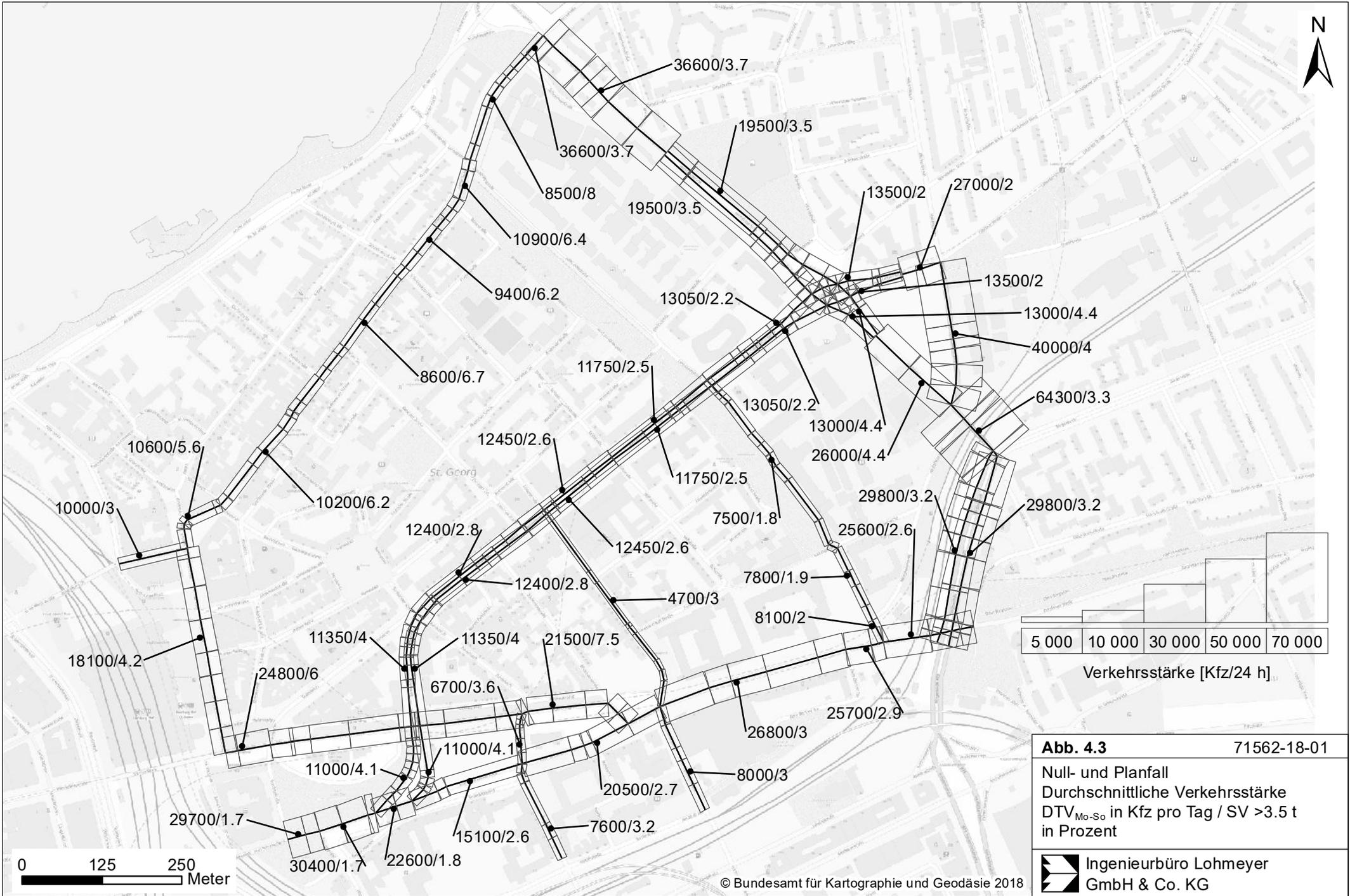
Bei denjenigen Straßen im Untersuchungsgebiet bei denen keine Zählwerte vorhanden sind oder nur ein TV-Wert verfügbar ist, wurden Daten aus Lohmeyer (2015) mit einer Datenbasis von 2011 von der Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation, Amt für Verkehr und Straßenwesen verwendet.

Die zur Verfügung stehenden Verkehrszahlen sind in **Tab. 4.1** aufgeführt. Die verwendeten Verkehrszahlen sind orange hinterlegt.

Relevante Änderungen der Verkehrsstärken durch die Umsetzung der Bebauungsplanung werden entsprechend Angaben des Auftraggebers nicht erwartet. Die Verkehrszahlen der **Tab. 4.1** bzw. **Abb. 4.3** sind damit für Null- und Planfall gültig.

Zählstelle	Datum	Straße	Bereich	Zählungen					aus Lohmeyer 2015 (Daten von 2011)	
				TV	SV <sub>TV&gt;3.5t</sub>	DTV	SV>3.5t	SV>3.5t	DTV	SV>3.5t
				Kfz/24 h	%	Kfz/24 h	Kfz/24 h	%	Kfz/24 h	%
6772	28.02.2007 (Mi)	Lange Reihe	nordöstlich Baumeisterstraße	12 600	7				10 170	6.2
6710	18.09.2012 (Di)	Lange Reihe	südwestlich Schmilinskystraße	10 000	7	8 600	580	6.7%	12 000	5.0
		Lange Reihe	nordöstlich Schmilinskystraße	10 900	6	9 400	580	6.2%	12 000	5.0
6624	11.06.2014 (Mi)	Lange Reihe	südwestlich Lohmühlenstraße	12 600	6	10 900	700	6.4%	14 112	4.0
		Lange Reihe	nordöstlich Lohmühlenstraße	9 800	8	8 500	680	8.0%	11 313	5.0
6608	14.06.2012 (Do)	Barcastraße	südwestlich Sechslingspforte	10 800	6	9 200	570	6.2%	11 709	5.0
		Sechslingspforte	südöstlich Barcastraße	42 900	4	36 600	1 360	3.7%	47 934	4.0
6583	15.07.2008 (Di)	Sechslingspforte	nordwestlich Lübeckertordamm	44 100	4	39 000	1 360	3.5%	38 957	3.8
		Wallstraße	südöstlich Lübeckertordamm	29 300	4	26 000	1 140	4.4%	26 670	4.4
6623	21.11.2017 (Di)	Lübeckertordamm	nordöstlich Lohmühlenstraße	28 500	2	26 100	580	2.2%	31 697	2.2
		Steindamm	südwestlich Lohmühlenstraße	25 700	3	23 500	590	2.5%	25 921	2.5
6707	15.07.2008 (Di)	Steindamm	nordöstlich Lindenstraße	28 000	3	24 900	650	2.6%	24 880	2.6
		Steindamm	südwestlich Lindenstraße	28 000	3	24 800	690	2.8%	25 225	2.8
6595	04.11.2004 (Do)	Kreuzweg	nördlich Adenauerallee	29 100	3				22 739	4.0
		Adenauerallee	östlich Kreuzweg	18 700	3				21 537	7.5
		Kreuzweg	südlich Adenauerallee	16 800	2				22 000	4.1
		Adenauerallee	westlich Kreuzweg	26 500	4				21 537	7.5
6597	04.11.2004 (Do)	Lindenstraße	nördlich Beim Strohhouse	6 900	3				4 734	3.0
		Beim Strohhouse	östlich Hammerbrookstraße	30 800	3				26 838	3.0
		Hammerbrookstraße	südlich Beim Strohhouse	11 500	3				7 967	3.0
		Kurt-Schumacher-Allee	südwestlich Beim Strohhouse	24 400	3				20 502	2.7
		Adenauerallee (Hauptfahrbahn)	westlich Hammerbrookstraße	9 600	3				21 537	7.5
6619	04.11.2004 (Do)	Nagelsweg	nördlich Kurt-Schumacher-Allee	7 500	4	6 700	240	3.6%	6 714	3.6
		Kurt-Schumacher-Allee	östlich Nagelsweg	22 800	3	20 500	550	2.7%	20 502	2.7
		Nagelsweg	südlich Kurt-Schumacher-Allee	8 400	3	7 600	240	3.2%	7 596	4.0
		Kurt-Schumacher-Allee	westlich Nagelsweg	16 800	3	15 100	390	2.6%	15 075	2.6
6622	15.07.2008 (Di)	Beim Strohhouse	westlich Berliner Tor	29 300	3	25 700	740	2.9%	26 838	3.0
3128	2017	Lübecker Straße	südwestlich Mühlendamm			27 000		2	31 058	2.4
3126	2017	Steinhauerdamm	südlich von Lübecker Straße			40 000		4	37 821	4.3
3313	2017	Ernst-Merck-Straße	NO Glockengießerallee T192			10 000		3	8 117	2.9

Tab. 4.1: Verkehrsstärken (orange: verwendet in der vorliegenden Untersuchung)



**Abb. 4.3** 71562-18-01  
 Null- und Planfall  
 Durchschnittliche Verkehrsstärke  
 DTV<sub>Mo-So</sub> in Kfz pro Tag / SV >3.5 t  
 in Prozent

 Ingenieurbüro Lohmeyer  
 GmbH & Co. KG

### 4.3 Bebauungssituation

Bei der Ausbreitung der verkehrsbedingten Emissionen spielen die baulichen Gegebenheiten der Straße eine wesentliche Rolle. Für die Berücksichtigung von Gebäuden bei der Strömungsmodellierung mit MISKAM wird ein digitales Gebäudemodell benötigt. Die **Abb. 4.4** zeigt die modelltechnisch umgesetzte Gebäudekonfiguration des Rechengebietes für den Nullfall. Für den Planfall (**Abb. 4.5**) wurden die Gebäude im B-Plangebiet in Lage und Höhe verändert.

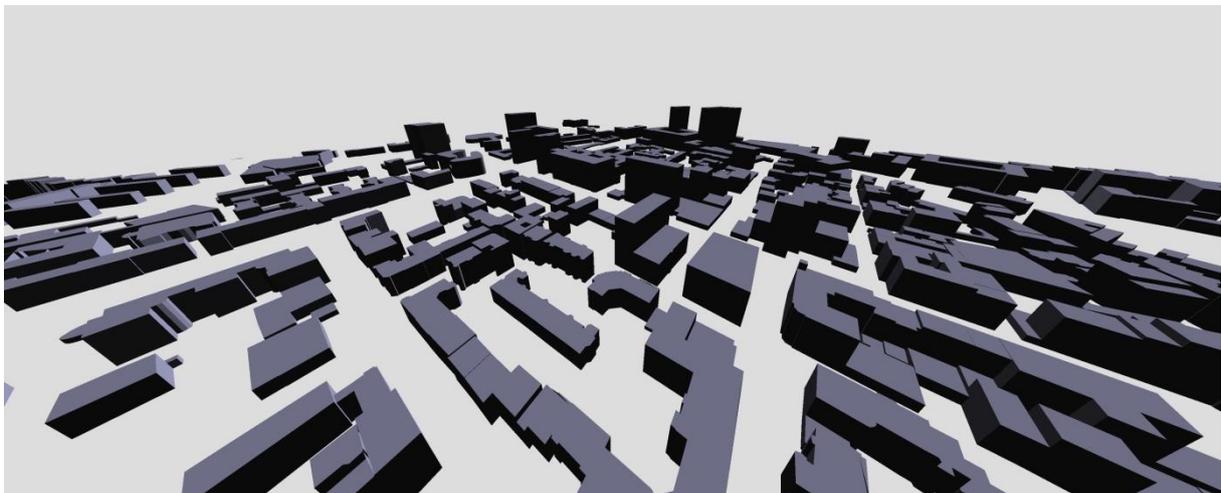


Abb. 4.4: Gebäudekonfiguration für das Strömungsmodell im Nullfall, Ansicht von Nordwest

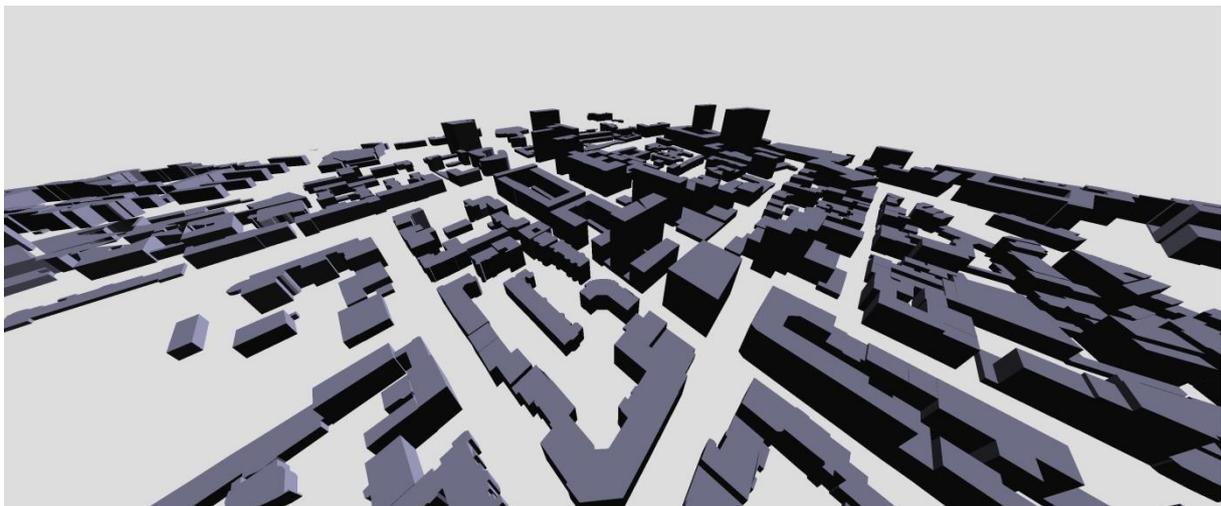


Abb. 4.5: Gebäudekonfiguration für das Strömungsmodell, im Planfall, Ansicht von Nordwest

#### 4.4 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.

Für den Bereich innerhalb des Untersuchungsgebietes stehen keine meteorologischen Daten aus dem hauptamtlichen Stationsnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung. In direkter Umgebung liegen Winddaten des Deutschen Wetterdienstes für die Station Hamburg-Fuhlsbüttel vor. Die Station ist ca. 9 km nördlich vom Untersuchungsgebiet gelegen.

Die Windmessung erfolgt dort in 10 m Höhe. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.9 m/s. Diese Windstatistik repräsentiert die Windverhältnisse im Freiland, das heißt bei weitgehend ungestörten Verhältnissen. Die Landnutzungsunterschiede zwischen der Messstation und dem Untersuchungsgebiet wirken sich auf die Windgeschwindigkeit aus. Aufgrund der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet werden die mittleren Windverhältnisse für den Standort angepasst.

Für die Ausbreitungsrechnungen verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik ist in **Abb. 4.6** dargestellt.

#### 4.5 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 Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Im Untersuchungsgebiet sind aktuell keine Messstellen im Luftgüte-Messnetz von Hamburg vorhanden. Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen aber Werte der nächstgelegenen Messstationen aus dem Luftüberwachungssystem für NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> und Ozon zur Verfügung.

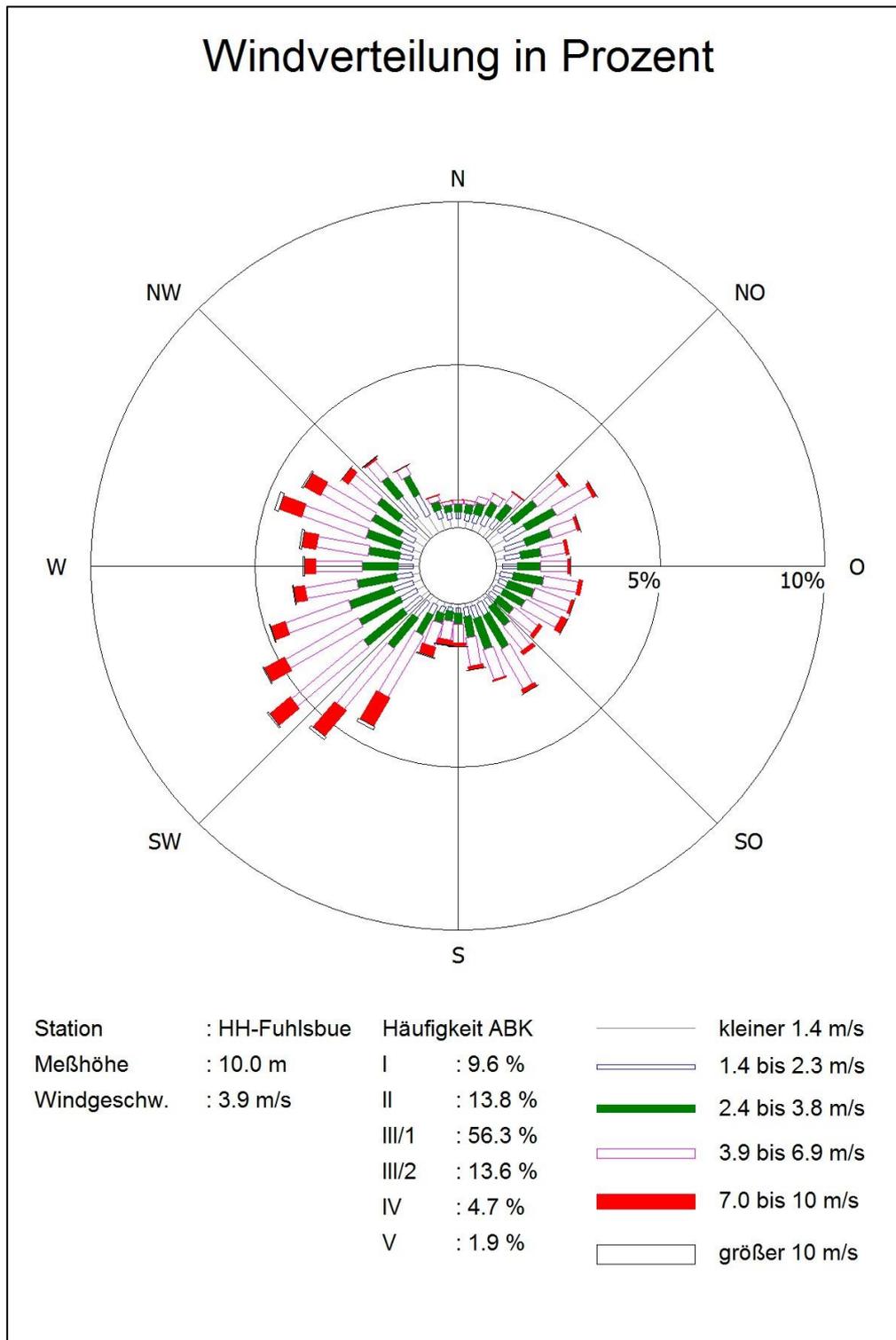


Abb. 4.6: Windklassenstatistik der Station Hamburg-Fuhlsbüttel 2006-2015

Die Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz betreibt das Hamburger Landesmessnetz. In den jeweiligen Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden. Die Entfernungen und Richtungen zum Untersuchungsgebiet sowie die Klassifizierungen, dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen, sind in **Tab. 4.2** aufgelistet. Die vorliegenden Daten und Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.3** aufgeführt.

Stationsname	Umgebung	Stationstyp	Entfernung, ca. [km]	Richtung
Hamburg Sternschanze	städtisch	Hintergrund	3.4	WNW
Hamburg Billstedt	städtisch	Hintergrund	5.9	SO
Hamburg Wilhelmsburg	städtisch	Hintergrund	5.6	SSW
Hamburg Altona Elbhang	städtisch	Hintergrund	5.0	WSW
Hamburg Flughafen Nord	städtisch	Hintergrund	9.2	NNW

Tab. 4.2: Klassifizierung von Messstationen des Luftgüte-Messnetzes und deren Lage zum Untersuchungsgebiet

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Sternschanze	Billstedt	Wilhelmsburg	Altona Elbhang	Flughafen Nord
NO <sub>2</sub> -Jahresmittel	2008	31	33	28	-	21
	2009	30	31	26	-	22
	2010	29	32	30	-	22
	2011	30	33	28	-	23
	2012	30	34	28	33	23
	2013	28	32	27	31	22
	2014	27	30	26	32	22
	2015	27	31	26	31	21
	2016	27	-	27	31	23
2017	26	-	25	30	22	
PM10-Jahresmittel	2008	24	21	24	-	18
	2009	23	19	22	-	19
	2010	24	20	22	-	21
	2011	29	24	26	-	24
	2012	21	21	20	17	19
	2013	21	21	20	16	21
	2014	24	20	22	20	21
	2015	22	19	19	20	19
	2016	18	-	17	21	17
2017	17	-	17	19	17	

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Sternschanze	Billstedt	Wilhelmsburg	Altona Elbhang	Flughafen Nord
PM2.5-Jahresmittel	2008	14	-	16	-	-
	2009	14	-	15	-	-
	2010	16	-	15	-	20
	2011	17	-	17	-	19
	2012	13	-	13	-	16
	2013	13	-	13	-	-
	2014	-	-	14	-	-
	2015	13	-	14	-	16
	2016	13	-	14	-	-
	2017	12	-	14	-	-
O <sub>3</sub> -Jahresmittel	2008	40	-	-	-	45
	2009	38	-	-	-	43
	2010	42	-	-	-	44
	2011	39	-	-	-	44
	2012	38	-	-	-	43
	2013	43	-	-	-	46
	2014	40	-	-	-	45
	2015	42	-	-	-	46
	2016	40	-	-	-	42
	2017	41	-	-	-	41

Tab. 4.3: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  an Stationen in der Umgebung (HALM, 2008-2017)

Aus den Messwerten wurden die in **Tab. 4.4** dargestellten Werte für das Bezugsjahr abgeleitet.

Schadstoff	Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
NO <sub>2</sub>	27
O <sub>3</sub>	41
PM10	20
PM2.5	13

Tab. 4.4: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet

Statistische Auswertungen der Zusammenhänge der Jahreswerte für NO<sub>2</sub>-Messwerte und NO<sub>x</sub>-Messwerte lassen für 27  $\mu\text{g}$  NO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> einen NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwert von 43  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  erwarten (Düring et al., 2011).

## 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 Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusiv zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

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

### 5.2 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 3.3 (UBA, 2017) berechnet. Darin wurde eine Korrektur der Stickoxid-Basisemissionsfaktoren für EURO 4- und EURO 6-Diesel-Pkw vorgenommen. Darüber hinaus wird in HBEFA 3.3 erstmals der Einfluss der Umgebungstemperatur berücksichtigt, der sich bei Temperaturen unter 20°C erhöhend auf die Stickoxid-Basisemissionsfaktoren auswirkt. Die Berücksichtigung dieses Temperatureinflusses erfolgt in HBEFA 3.3 bei allen Diesel-Pkw der Abgasnorm EURO 4–EURO 6.

Ein analoger Aktualisierungsbedarf ist auf Grund der z. T. gleichen Motorbauweise auch bei den leichten Nutzfahrzeugen (LNF) notwendig. Dies ist jedoch mangels verlässlicher Messdaten im HBEFA 3.3 noch nicht umgesetzt. Um dennoch auf der sicheren Seite zu liegen, erfolgen für die LNF die Erhöhungen der Stickoxid-Basisemissionsfaktoren sowie die Berücksichtigung des Temperatureinflusses bzgl. der Stickoxid-Emissionen in gleichem Maße wie bei den Pkw.

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 Bussen im Wesentlichen ab von:

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2017) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

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 ist aus Höhendaten des Untersuchungsgebietes bekannt. Der Kaltstarteinfluss von NO<sub>x</sub> und Partikeln innerorts für Pkw und INfz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

- IOS-FernC50d Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
- IOS-FernC50s Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau
- IOS-HVS50d Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
- IOS-HVS50s Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, Stau
- IOS-NS30d Städtische Erschließungs-, Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, dicht. Verkehr

IOS-NS30s Städtische Erschließungs-, Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, Stau.

### 5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM<sub>10</sub>-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub entsprechend Düring und Lohmeyer (2011) verwendet

Die nicht motorbedingten PM<sub>2.5</sub>-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) werden in der vorliegenden Untersuchung entsprechend der im Emission Inventory Guidebook von EMEP/CORINAIR (CORINAIR, 2007) beschriebenen Vorgehensweise angesetzt. Eine Differenzierung nach verschiedenen Verkehrssituationen ist durch eine dort angegebene Geschwindigkeitsabhängigkeit (für Reifen und Bremsabrieb) möglich.

Die Resuspension von eingetragenen Straßenstaub gehört entsprechend derzeitigem Kenntnisstand eher der Partikelfraktion zwischen 2,5 µm und 10 µm an und wird deshalb bei der Betrachtung von PM<sub>2.5</sub> nicht mit berücksichtigt.

Abrieb von Kupplungsbelägen wird ebenfalls nicht berücksichtigt, da dieser weitestgehend in den Kupplungsgehäusen zurückgehalten wird.

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 PM<sub>2.5</sub>-Straßenabriebsemissionen auf Basis von Untersuchungen von TNO aus dem Jahr 1997 zu Null. Um auf der sicheren Seite zu liegen, werden dennoch Emissionsfaktoren verwendet.

Auf Grundlage der o. a. Datenbasis werden zur Berechnung der PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2.5</sub>-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in der **Tab. 5.1** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz							
Verkehrssituation	Längsneigung	NO <sub>2</sub> (direkt) [mg/km]		NO <sub>x</sub> [mg/km]		PM10 (Abgas, Abrieb und Aufwirbelung) [mg/km]		PM2.5 (Abgas, Abrieb) [mg/km]	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-FernC50d	±0 %	103	215	331	1 546	38	371	26	82
IOS-FernC50s	±0 %	162	778	513	4 845	54	1 246	30	108
IOS-HVS50d	±0 %	106	276	344	1 950	38	374	27	85
IOS-HVS50s	±0 %	162	778	519	4 845	54	1 246	31	108
IOS-NS30d	±0 %	114	455	401	2 973	42	531	28	93
IOS-NS30s	±0 %	162	778	547	4 845	55	1 246	31	108
IOS-FernC50d	±2 %	107	232	342	1 548	38	371	26	83
IOS-FernC50s	±2 %	165	822	523	4 870	54	1 246	30	108
IOS-HVS50d	±2 %	111	321	360	1 956	38	374	27	86
IOS-HVS50s	±2 %	165	822	529	4 870	54	1 246	31	108
IOS-NS30d	±2 %	117	497	410	2 949	42	532	28	93
IOS-NS30s	±2 %	165	822	558	4 870	55	1 246	31	108

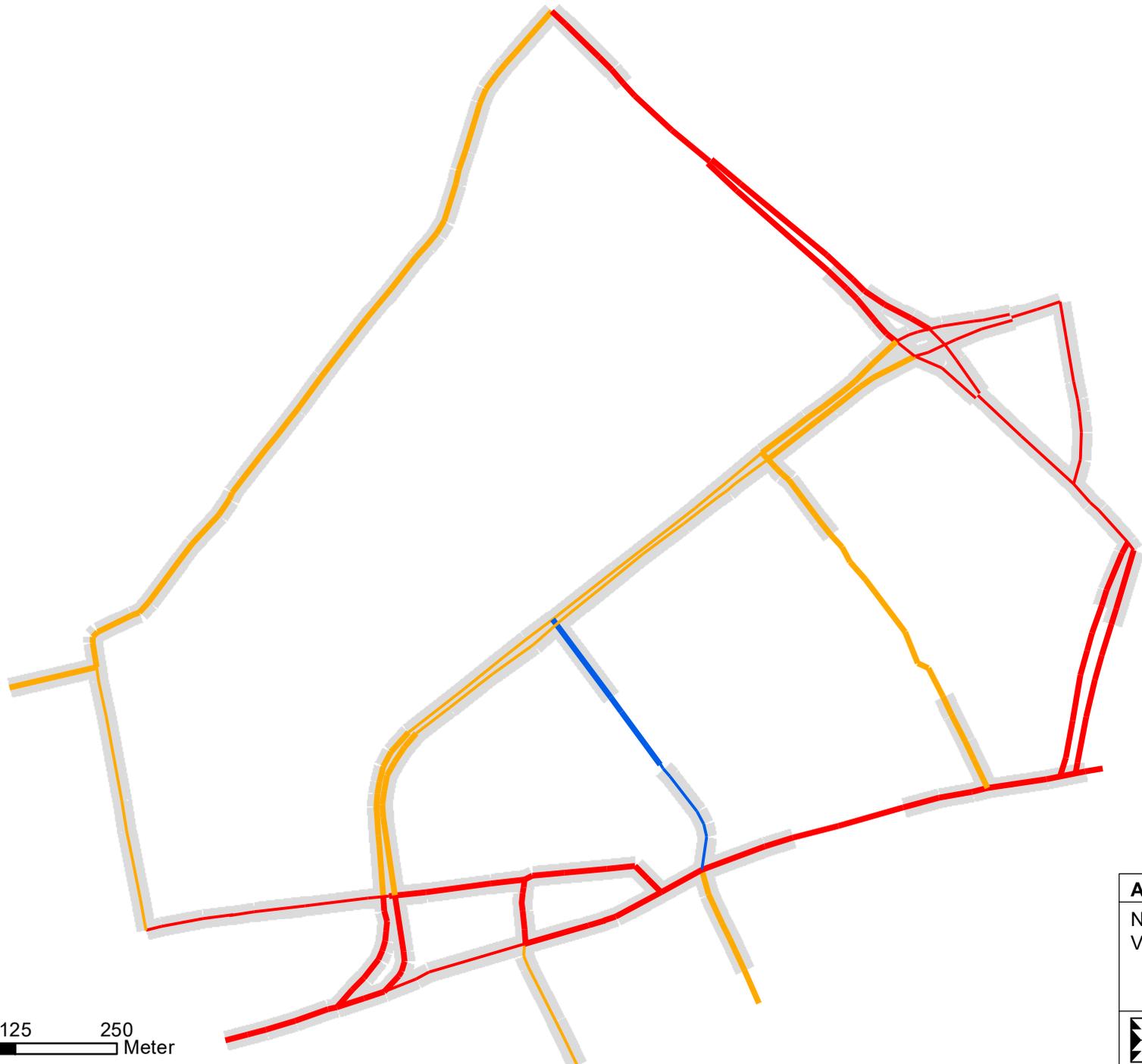
Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2020

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

#### 5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO<sub>x</sub>, 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.

Die Verkehrssituationen sind in **Abb. 5.1** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzen sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: eigentliche Verkehrssituation (Fahrmuster, siehe Abschnitt 5.2) und Längsneigung. Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an. Zusätzlich werden Stauanteile dargestellt, welche den Anteil der Emissionen der jeweiligen Stau-Verkehrssituation z. B. IOS-HVS50s zur verwendeten regulären Verkehrssituationen z. B. IOS-HVS50d aus **Tab. 5.1** berücksichtigt.



Verkehrssituation

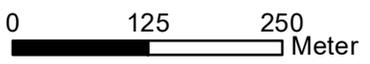
- IOS-FernC50d
- IOS-HVS50d
- IOS-NS30d

Längsneigung

- ±0 %
- ±2 %

Stauanteil

- 20 %



**Abb. 5.1** 71562-18-01

Null- und Planfall  
Verkehrssituation

 Ingenieurbüro Lohmeyer  
GmbH & Co. KG

Zusätzlich werden Stauanteile dargestellt, welche im Nahbereich von Kreuzungen bzw. Lichtsignalanlagen den gestörten Verkehrsfluss gesondert berücksichtigen. Dort wird anteilig ein Stop&Go-Verkehr auf die tägliche Fahrleistung angesetzt. Dieser stellt den Anteil der jeweiligen Stau-Verkehrssituation, z. B. IOS-HVS50s zur verwendeten regulären Verkehrssituationen (IOS-HVS50d) dar.

Hinweis: Die im HBEFA aufgeführten Verkehrssituationen repräsentieren lange Straßenabschnitte, worin die Beschleunigungsvorgänge, z. B. beim Anfahren an Lichtsignalanlagen, nur einen geringen Anteil besitzen. Kreuzungsbereiche können innerhalb der Kategorie „Hauptverkehrsstraße“ durch das HBEFA nicht direkt abgebildet werden. Die dort ausgewiesenen Stauanteile stellen eine Rechengröße zur bestmöglichen Bestimmung der lokalen Emissionen dar. Sie müssen deshalb nicht zwangsläufig realen Stauhäufigkeiten entsprechen.

Die **Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für einen Straßenabschnitt (Steindamm) die Verkehrskenn-  
daten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emis-  
sionsdichten. Des Weiteren sind die Emissionsdichten von NO<sub>x</sub> und PM10 für das Straßen-  
netz für das Prognosejahr 2020, z. T. nach Fahrtrichtung getrennt, im Anhang A3 dargestellt.

DTV [Kfz/24 h]	SV- Anteil [%]	Verkehrs- situation und Längsneigung	Stau- Anteil [%]	NO <sub>2, direkt</sub> [mg/(m s)]	NO <sub>x</sub> [mg/(m s)]	PM10 [mg/(m s)]	PM2.5 [mg/(m s)]
12 450	2.6	IOS-HVS50d	20	0.0178	0.06264	0.00788	0.00422

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Straße „Steindamm“, eine Fahrtrichtung

## 6 IMMISSIONEN

Für das Untersuchungsgebiet ist eine flächendeckende Auskunft über die Immissionsituation in Bodennähe (in ca. 1.5 m Höhe) gegeben.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) des Betrachtungsjahres 2020 auf der Grundlage der Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Daher wird nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse für die Leitkomponenten NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5 als Gesamtbelastungen (Hintergrundbelastung + verkehrsbedingte Zusatzbelastung) sind in den jeweiligen Abschnitten dargestellt. Die flächenhafte grafische Darstellung erfolgt in Form von farbigen Quadraten bzw. bei Straßen mit dichter Randbebauung mit farbigen Linien. Die Farben sind bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist jeweils in der Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für Immissionen wird der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Sofern in diese Stufen besondere Kennwerte fallen, werden diese dargestellt (z. B. beim NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert der Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup>).

### 6.1 Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)

Die Gesamtbelastungen der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte sind flächendeckend in **Abb. 6.1** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von 27 µg/m<sup>3</sup> treten die höchsten Belastungen von 50 µg/m<sup>3</sup> auf der Fahrbahn auf. Mit zunehmender Entfernung zur Schadstoffquelle nehmen die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen deutlich ab. Durch die Ausrichtung der Straßenschlucht im Verhältnis zur Windrichtungsverteilung treten im Jahresmittel höhere Konzentrationen an der im Bebauungsplan befindlichen Straßenseite des Steindamms auf.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen.

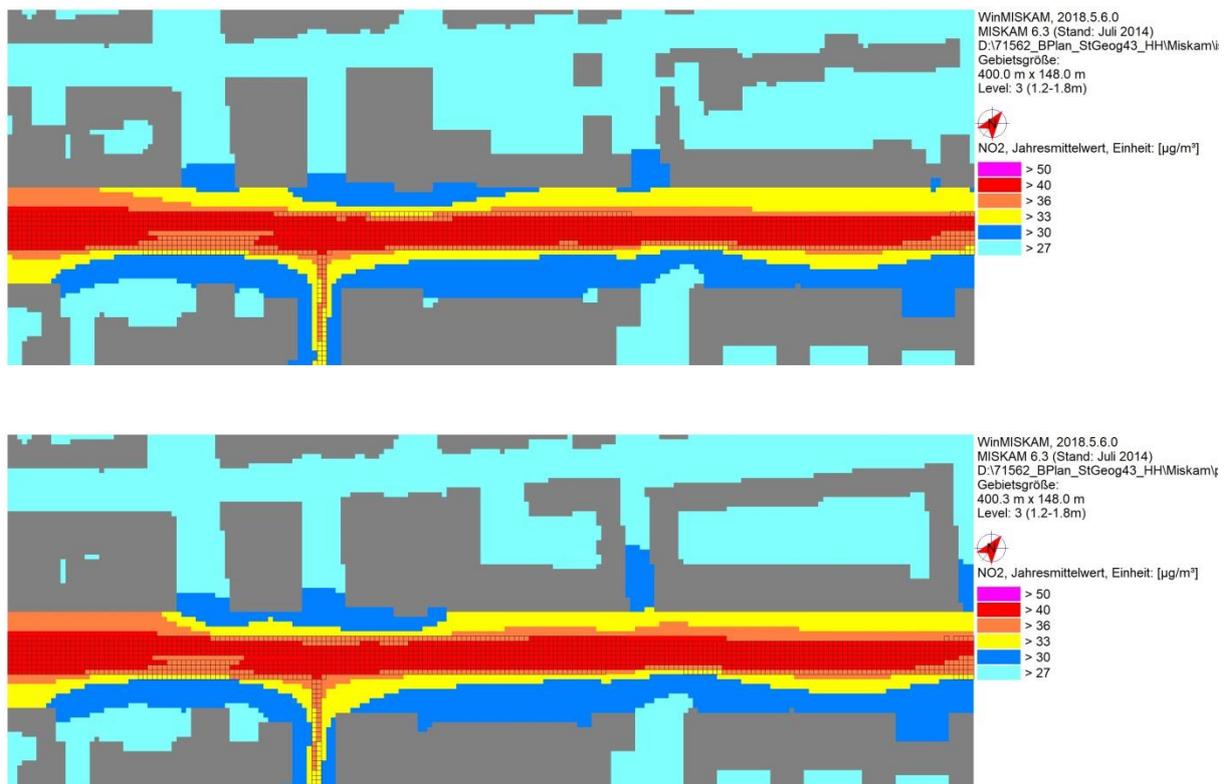


Abb. 6.1: Ergebnis der MISKAM-Rechnung für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert im Nullfall 2020 (oben) und Planfall 2020 (unten)

An den straßenseitigen Fassaden entlang des Steindamms werden mit der derzeitigen Bebauungssituation bodennahe NO<sub>2</sub>-Belastungen zwischen 32 µg/m<sup>3</sup> und 38 µg/m<sup>3</sup> berechnet (**Abb. 6.1** oben). In größeren Höhen (ohne Abbildung) reduzieren sich die maximalen NO<sub>2</sub>-Belastungen an den Fassaden auf <35 µg/m<sup>3</sup> (10 Höhe) und <32 µg/m<sup>3</sup> (20 Höhe).

Bei entsprechend der Bebauungsplanung veränderter Gebäudekonfiguration ist mit einem Anstieg der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen an den Fassaden um bis zu 1 µg/m<sup>3</sup> zu rechnen. Somit beträgt der maximale berechnete Wert an der nordwestlichen Steindamm-Fassade (zwischen Danziger Straße und Böckmannstraße) 39 µg/m<sup>3</sup>.

Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte von 40 µg/m<sup>3</sup> wird damit im Nullfall 2020 und Planfall 2020 im Untersuchungsgebiet unterschritten.

Eine Überschreitung des NO<sub>2</sub>-Kurzzeitgrenzwerts gemäß der 39. BImSchV, d. h. einem Stundenwert von 200 µg/m<sup>3</sup> mehr als 18-mal im Jahr, ist bei Jahresmittelwerten unter 40 µg/m<sup>3</sup> nicht zu erwarten.

## 6.2 Feinstaub (PM10)

Einen Überblick über die flächendeckenden, bodennahen PM10-Jahresmittelwerte ist der **Abb. 6.2** zu entnehmen. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  treten die höchsten PM10-Belastungen mit  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sowohl im Null- als auch im Planfall an der Nordwestfassade am Steindamm auf.

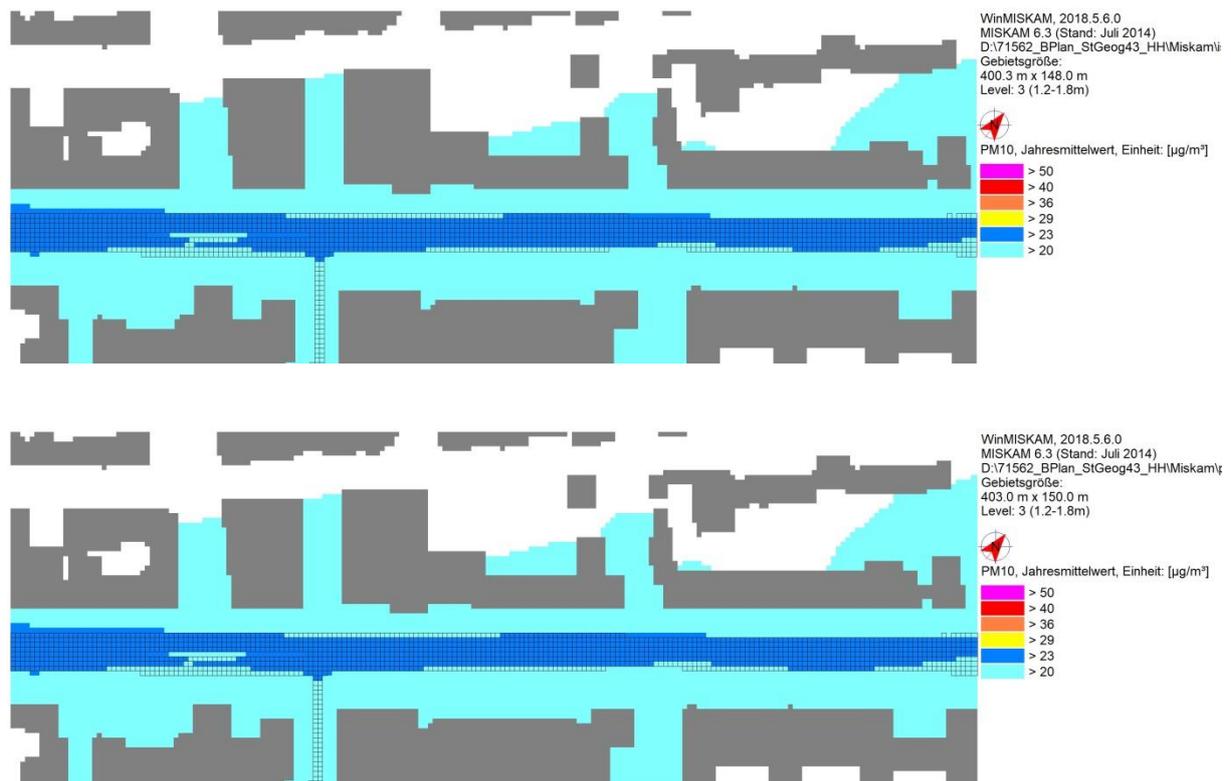


Abb. 6.2: Ergebnis der MISKAM-Rechnung für PM10-Jahresmittelwert im Nullfall 2020 (oben) und Planfall 2020 (unten)

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemäß 39. BImSchV wird im Null- und Planfall im Untersuchungsgebiet deutlich eingehalten. Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte sind entsprechend der Einteilung aus **Tab. 3.2** als leicht erhöhte Konzentration zu bezeichnen.

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. 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).

Die maximale Anzahl der Überschreitungen der PM10-24 h-Werte (Überschreitungstage) von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  werden im Untersuchungsgebiet mit 18 berechnet. Der strengere PM10-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  entsprechend der 39. BImSchV wird dementsprechend nicht überschritten.

### 6.3 Feinstaub (PM2.5)

Die PM2.5-Jahresmittelwerte werden für die Immissionsorte in **Abb. 6.3** dargestellt. Die höchsten PM2.5-Konzentrationen werden an der Luftschadstoffquelle, dem Steindamm bis  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert. Die Hintergrundbelastung beträgt dort  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

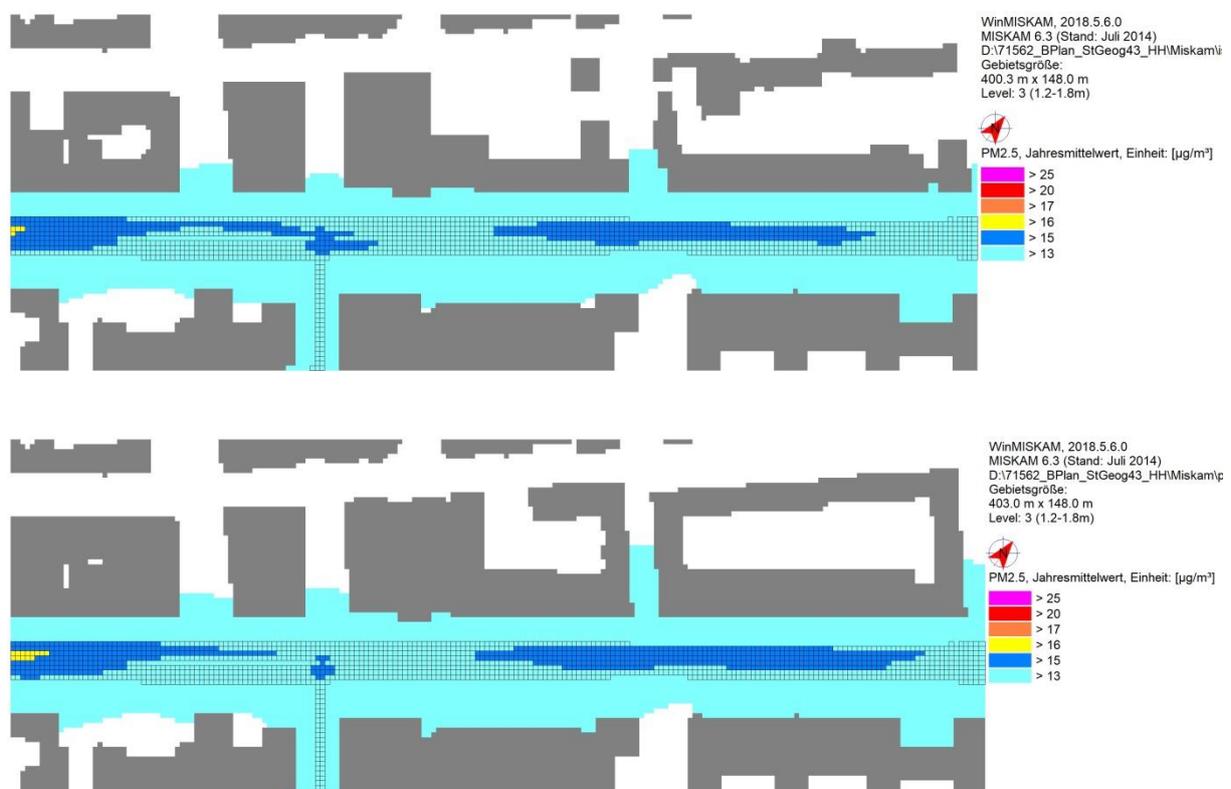


Abb. 6.3: Ergebnis der MISKAM-Rechnung für PM2.5-Jahresmittelwert im Nullfall 2020 (oben) und Planfall 2020 (unten)

Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  treten die höchsten PM2.5-Belastungen mit  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sowohl im Null- als auch im Planfall an der Nordwestfassade am Steindamm auf.

Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird entsprechend den Immissionsberechnungen somit im Null- und Planfall deutlich eingehalten.

In Bezug auf den Grenzwert sind die PM2.5-Immissionen an der geplanten Bebauung als leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen.

## 7 LITERATUR

- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, H. 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM<sub>10</sub>-Emissionen an Außerortsstraßen mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM<sub>10</sub>-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen (Düring, I., Böisinger, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV), Neufassung vom 4. Juni 2007. In: BGBl Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12.06.2007 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
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).
33. BImSchV (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen - 33. BImSchV). BGBl I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
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.
- 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., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO<sub>2</sub> conversion model under consideration of direct NO<sub>2</sub>-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- 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.
- 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.
- Eichhorn, J. (2005): MISKAM Handbuch zu Version 5.01. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.

- Flassak, Th., Bächlin, W., Böisinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- 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).
- HALM - Hamburger Luftmessnetz (2008-2017): Messdaten aus dem HaLM - Hamburger Luftmessnetz, Freie Hansestadt Hamburg, Behörde für Gesundheit und Verbraucherschutz, Institut für Hygiene und Umwelt, <http://www.luft.hamburg.de>
- 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.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten - Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt (kommunale ökologische Briefe) Nr. 01/05.01/2000.
- Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO<sub>2</sub>-Konversion, Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV - FE 02.0255/2004/LRB. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit von Institut für Energie und Umwelt, Heidelberg. Projekt 70405-07-10, Abschlussbericht vom Jan. 2012, Gutachten im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- Lohmeyer (2015): Modellierung der kleinräumigen Luftschadstoffbelastung im Umfeld der Hamburger Verkehrsmessstationen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 71058-14-10, Gutachten im Auftrag von: Freie und Hansestadt Hamburg, Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt.
- Lohmeyer (2017): Handbuch WinMISKAM ab Version 2017.5.4. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Stand: 01.08.2017.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, [www.lanuv.nrw.de](http://www.lanuv.nrw.de).
- 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. [http://www.dmu.dk/1\\_Viden/2\\_Publikationer/3\\_fagrappporter/rapporter/FR460.PDF](http://www.dmu.dk/1_Viden/2_Publikationer/3_fagrappporter/rapporter/FR460.PDF).
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlußbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.

- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- TREMODO (2010): TREMODO – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (1987) (Fath, J., Lühring, P.-G.): Ausbreitungsrechnungen nach TA Luft. - Anwenderhandbuch zur Durchführung mit dem Programmsystem AUSTAL 86 (UBA-Materialien 2/87). Berlin: Erich Schmidt Verlag, 1987.
- UBA (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.3. (HBEFA 3.3) (aktualisierte Version vom 02.05.2017). 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 (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 (2017): Umweltmeteorologie – Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle – Evaluierung für Gebäude- und Hindernisumströmung. Richtlinie VDI 3783, Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.

**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 ( $\text{NO}_x$  als Summe von  $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ ), Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), 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  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  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  $\text{PM}_{10}$  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 in Deutschland 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 auch Zielwerte für  $\text{PM}_{2.5}$ , Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion über ein Kalender-

jahr gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen 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 <sub>2</sub>	Stundenmittelwert	200 µg/m <sup>3</sup> maximal 18 Überschreitungen/Jahr	seit 2010
NO <sub>2</sub>	Jahresmittelwert	40 µg/m <sup>3</sup>	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m <sup>3</sup> maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m <sup>3</sup>	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m <sup>3</sup>	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m <sup>3</sup>	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m <sup>3</sup>	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. In der 39. BImSchV wurden u. a. die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben wurden. 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 seit dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist.

## 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 µg/m<sup>3</sup> aus, der seit dem Jahr 2015 ein Grenzwert ist.

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM<sub>2.5</sub>-Exposition von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM<sub>2.5</sub>-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 PM<sub>2.5</sub>-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20 %, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2020 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 PM<sub>2.5</sub>-Richtgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden.

### **A1.4 Schutz der Vegetation**

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) von 30 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. Dieser „kritische Wert“ ist ein auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegter Wert, dessen Überschreitung unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, Pflanzen oder natürliche Ökosysteme haben kann. Die Erfassung und Anwendung ist für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50 000 Fahrzeugen entfernt sind.

**A N H A N G A2:**  
**BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS-**  
**ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

## **A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONS- ERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION**

### **A2.1 MISKAM**

Die Berechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in Version 6.3 (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils solange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2014) sowie der VDI-Richtlinie für prognostische Modelle (VDI 3783/9, 2005) beachtet. Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783/9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 400 m berücksichtigt.

### **A2.2 Fehlerdiskussion**

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

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

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen

demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

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

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

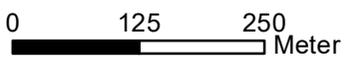
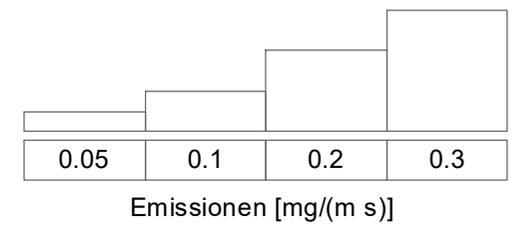
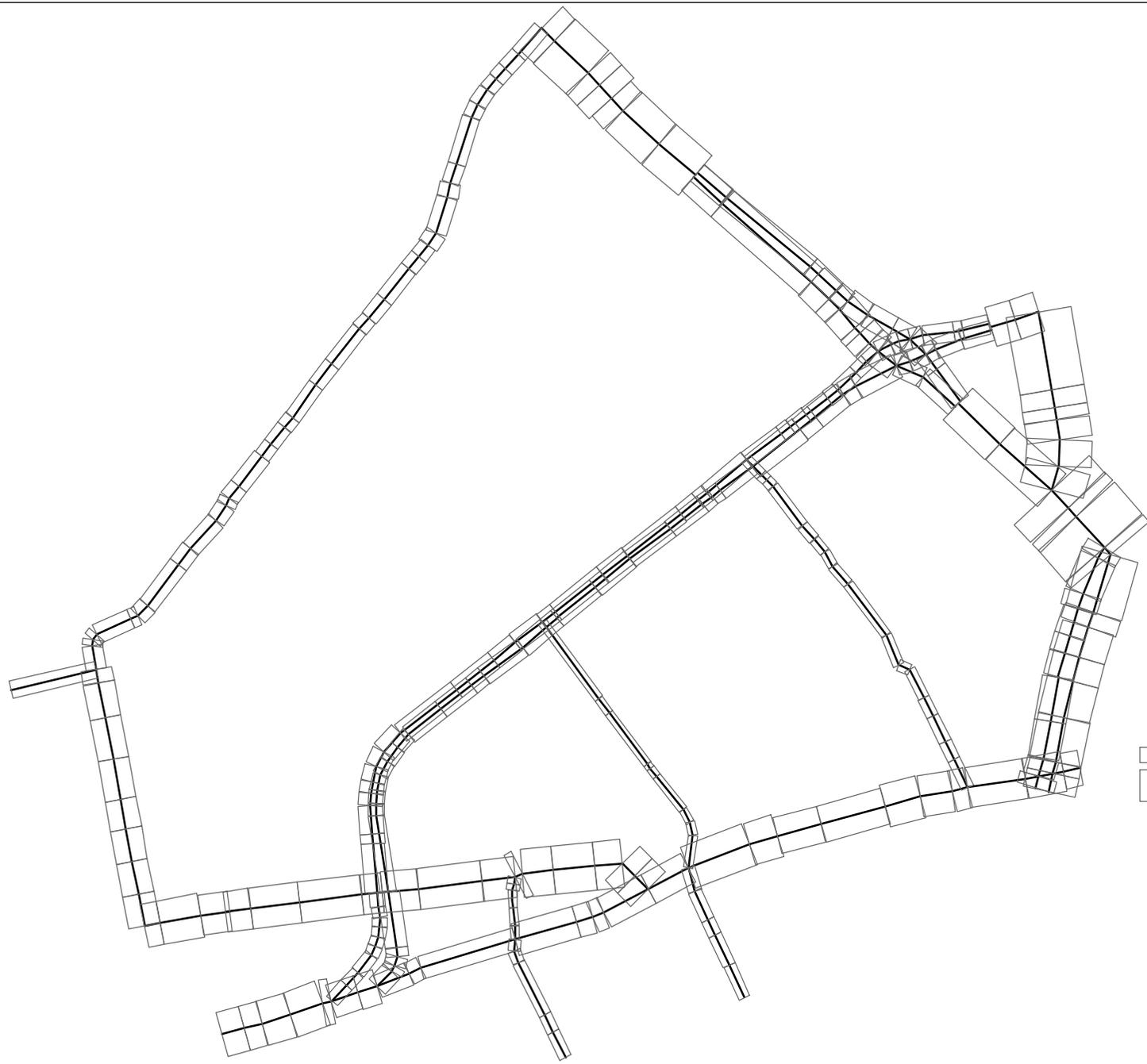
Für die statistische Fehlerbandbreite der NO<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10 % bis 20 % für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

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

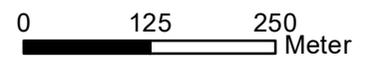
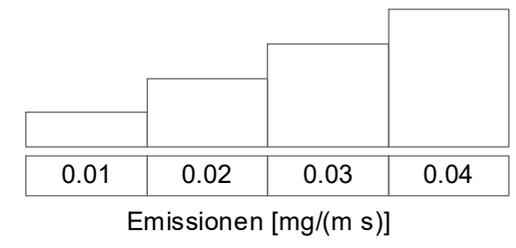
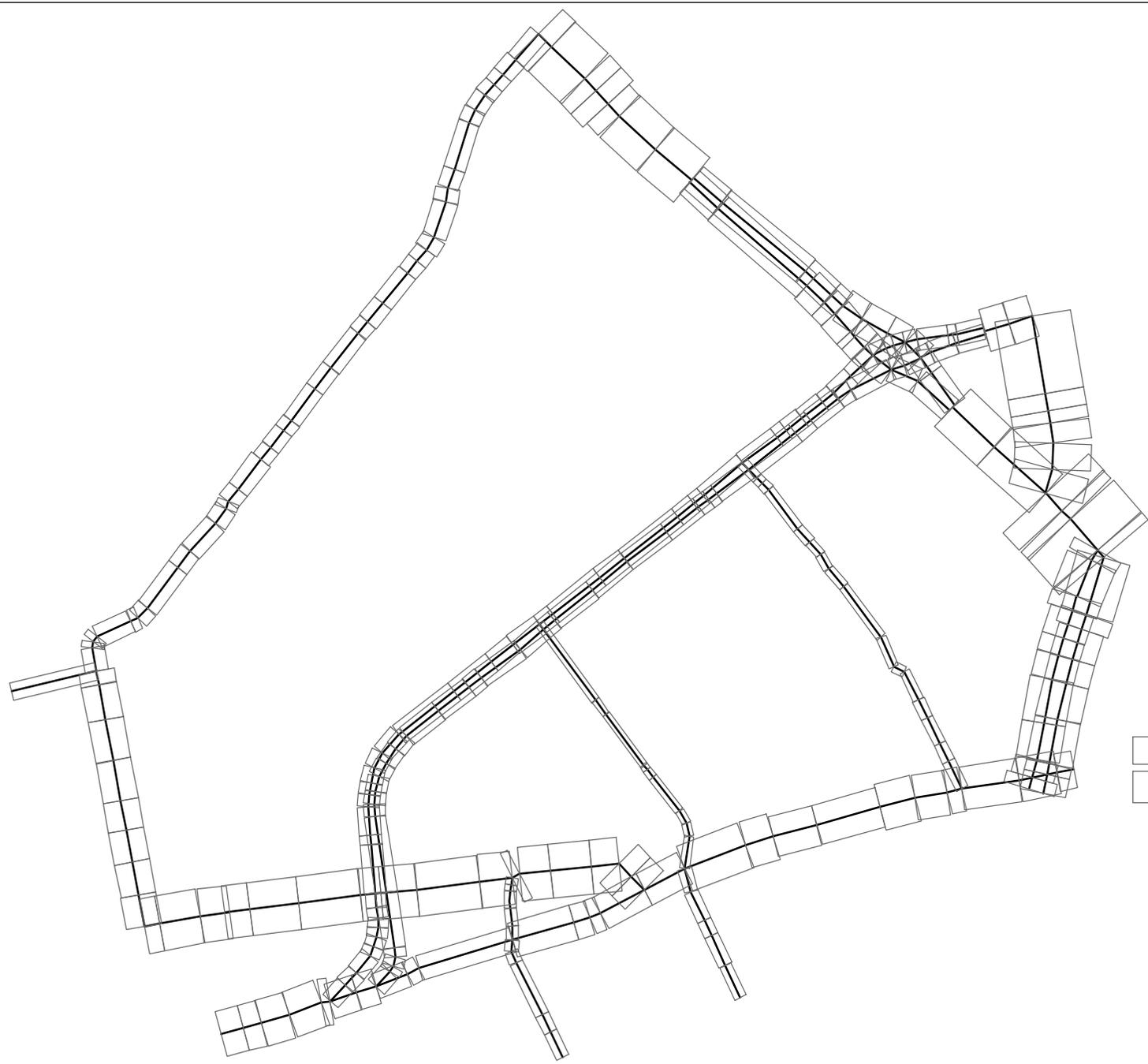
Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechenergebnissen durch. Die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

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

**A N H A N G A3:  
EMISSIONSABBILDUNGEN**



<b>Abb. A3.1</b>	71562-18-01
Null- und Planfall 2020 NO <sub>x</sub> -Emissionen Mittlere Emissionsdichte	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



<b>Abb. A3.2</b>	71562-18-01
Null- und Planfall 2020 PM10-Emissionen Mittlere Emissionsdichte	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG