



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

Telefon: +49 (0) 721 / 6 25 10 - 0

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

**LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN ZUR
BEBAUUNGSPLANÄNDERUNG DES
BEBAUUNGSPLANS NR. 5477/125
„KÖ-BOGEN – 2. BAUABSCHNITT“
IN DÜSSELDORF**

Auftraggeber:



Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dipl.-Umweltwiss. A. Friedrich

Dr.-Ing. W. Bächlin

Juni 2015
Projekt 62871-14-01
Berichtsumfang 49 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	5
3 VORGEHENSWEISE	6
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungswerte.....	6 -
3.2 Berechnungsverfahren.....	7 -
3.3 Überschreitungshäufigkeit der PM10-Tagesmittelwerte.....	9 -
4 EINGANGSDATEN	12
4.1 Verkehrsdaten	14 -
4.2 Meteorologische Daten	15 -
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung	18 -
5 EMISSIONEN	22
5.1 Betrachtete Schadstoffe.....	22 -
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	22 -
5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	22 -
5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	24 -
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	26 -
5.4 Emissionen des ruhenden Verkehrs	26 -
6 ERGEBNISSE	28
6.1 Stickstoffdioxidimmissionen	28 -
6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)	32 -
7 LITERATUR	36

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	41
A2 FEHLERDISKUSSION	45
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE.....	48

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 μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden im Folgenden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Straßenverkehrs auf den betrachteten Straßen an den Untersuchungspunkten vorliegen. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf dem zu untersuchenden Straßennetz oder der zu untersuchenden Straße hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und 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_2 -Konzentrationen von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentration von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 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 / PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$

Mit Feinstaub bzw. PM_{10} / $\text{PM}_{2.5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufterlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von $10 \mu\text{m}$ bzw. $2.5 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM_{10} -Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die $\text{PM}_{2.5}$ -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.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In Düsseldorf ist eine Bebauungsplanänderung des Bebauungsplans Nr. 5477/125 „Kö-Bogen – 2. Bauabschnitt“ in Bearbeitung. Die [REDACTED] und die [REDACTED] beabsichtigen, im Bereich zwischen der Shadowstraße im Süden sowie des Drei-Scheiben-Hauses und des Schauspielhauses im Norden die Errichtung von Gebäuden mit vorwiegend Einzelhandels-, Büro- und Gastronomienutzung. Zur entsprechenden Baurechtschaffung ist eine Bebauungsplanänderung des seit 2011 rechtskräftigen Bebauungsplans Nr. 5477/125 „Kö-Bogen - 2. Bauabschnitt“ erforderlich. Die Planungen beinhalten u.a. Tiefgaragen.

Für diese Planungen war ein Luftschadstoffgutachten unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen mit Beurteilungen entsprechend 39. BImSchV zu erstellen. Zu betrachten waren der Referenzfall entsprechend dem bisherigen Bebauungsplan im Endzustand und der Planfall mit modifizierter Bebauung für die Schadstoffe NO₂ und PM10.

Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt aufgrund der Lage im städtischen Gebiet mit dichter Bebauung durch den Einsatz des mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodells MISKAM. Die Lage und Höhe der Gebäude wurde aus digitalen Lageplänen entnommen. Basierend auf den Lagedaten wird ein geeignetes Rechengitter abgebildet, das in relevanten Bereichen wie Straßenraum, Emissionsbereich etc. hoch aufgelöst ist. Die Daten zum Verkehrsaufkommen wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Aus den Verkehrsbelegungsdaten werden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren und aktueller Fachliteratur die Emissionen für das Jahr 2017 auf allen Straßenabschnitten berechnet. Unter Berücksichtigung der lokal repräsentativen Windstatistik werden die durch die oben angegebenen Emissionen bedingten Jahreskennwerte der Schadstoffbelastung für jede Rasterzelle berechnet. Diese Zusatzbelastung wird der vorherrschenden Hintergrundbelastung überlagert.

Die Immissionsberechnungen zeigen, dass die Luftschadstoffbelastungen im Betrachtungsgebiet durch den Kfz-Verkehr auf den Hauptverkehrsstraßen und an den Tunnelportalen geprägt werden.

Im Referenzfall im Bezugsjahr 2017 (BA2, Alternative 2) werden am nördlichen Tunnelportal an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite NO₂-Immissionen bis 42 µg/m³ berechnet; an der von der Hofgartenstraße abgewandten Gebäudeseite sind NO₂-Immissionen unter 36 µg/m³ berechnet. In der Umgebung des Gustav-

Gründgens-Platzes sind an der Bebauung NO_2 -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Lediglich an der Tunneleinfahrt an der Berliner Allee sind an der Randbebauung NO_2 -Immissionen bis $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Der seit dem Jahr 2010 für NO_2 -Jahresmittelwerte geltende Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Referenzfall an der Bebauung in der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes nicht erreicht und nicht überschritten; an der Randbebauung der westlichen, nördlichen und südlichen Tunnelportale wird er überschritten.

Im Planfall im Bezugsjahr 2017 mit modifizierter Bebauung südlich des Gustav-Gründgens-Platzes sind mit dem Referenzfall vergleichbare NO_2 -Immissionen prognostiziert. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite NO_2 -Immissionen bis $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. In der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes sind an der Bebauung NO_2 -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An der Tunneleinfahrt an der Berliner Allee sind an der Randbebauung NO_2 -Immissionen bis $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Der seit dem Jahr 2010 für NO_2 -Jahresmittelwerte geltende Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Planfall an der Bebauung in der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes nicht erreicht und nicht überschritten; an der Randbebauung der westlichen, nördlichen und südlichen Tunnelportale wird er überschritten.

Im gesamten Betrachtungsgebiet sind PM_{10} -Jahresmittelwerte unter $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den beiden Betrachtungsfällen berechnet, wobei nur in den Straßenräumen der stark frequentierten Hauptverkehrsstraßen bzw. an den Tunnelportalen verkehrsbedingte Beiträge dargestellt sind. Der geltende Grenzwert für den PM_{10} -Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird entsprechend den Berechnungsergebnissen an der Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Der Schwellenwert zur Ableitung des PM_{10} -Kurzzeitwertes wird an der Randbebauung im Betrachtungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten. Daraus ist abzuleiten, dass auch der Grenzwert für $\text{PM}_{2.5}$ -Jahresmittelwerte an der Bebauung im Betrachtungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten wird.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass die hier zu betrachtende Bebauungsplanänderung nicht zu zusätzlichen Konflikten mit den Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit führt.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Düsseldorf ist eine Bebauungsplanänderung des Bebauungsplans Nr. 5477/125 „Kö-Bogen – 2. Bauabschnitt“ in Bearbeitung. Bestandteil der Planungen des genannten Bebauungsplans war die Errichtung von Tunnelbauwerken, die zukünftig zu einem großen Teil den bisherigen oberirdischen Straßenverkehr aufnehmen sollen. Dafür wurden Luftschadstoffgutachten vorgelegt (Lohmeyer, 2007 und 2011).

Die [REDACTED] und die [REDACTED] beabsichtigen, im Bereich zwischen der Shadowstraße im Süden sowie des Drei-Scheiben-Hauses und des Schauspielhauses im Norden die Errichtung von Gebäuden mit vorwiegend Einzelhandels-, Büro- und Gastronomienutzung. Zur entsprechenden Baurechtschaffung ist eine Bebauungsplanänderung des seit 2011 rechtskräftigen Bebauungsplans Nr. 5477/125 „Kö-Bogen - 2. Bauabschnitt“ erforderlich. Die Planungen beinhalten u.a. Tiefgaragen.

Für diese Planungen ist ein Luftschadstoffgutachten unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen zu erstellen. Zu betrachten sind der Referenzfall entsprechend dem bisherigen Bebauungsplan im Endzustand und der Planfall mit modifizierter Bebauung. Die Beurteilung soll entsprechend 39. BImSchV erfolgen.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Der Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenz- oder Vorsorgewerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, lässt Rückschlüsse auf die Luftqualität zu. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO₂ und PM10 von der 22. BImSchV aktuell in die 39. BImSchV überführt wurde.

Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt aufgrund der Lage in städtischem Gebiet mit dichter Bebauung durch den Einsatz eines mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodells (MISKAM). Für die Durchführung der mikroskaligen Berechnungen wird die Bebauung nach Lage und Höhe digital erfasst, in ein Rechengitter überführt und der Strömungsrechnung zugeführt. Aus den Verkehrsbelegungsdaten der Straßen werden die Emissionen berechnet, Ausbreitungsrechnungen durchgeführt und die berechneten Konzentrationen zu Jahreskennwerten der Luftschadstoffbelastungen zusammengefasst.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel PM10. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Blei, Schwefeldioxid SO₂, Benzol, Feinstaubpartikel PM2.5 und Kohlenmonoxid CO 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.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungswerte

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 ₂	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert ab 2015	25	

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

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

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

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

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

3.2 Berechnungsverfahren

Die Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb mehrgeschossiger Bebauung erfordert die Berücksichtigung der Einflüsse der Gebäude auf die dadurch veränderten Windströmungen und auf die Ausbreitungsverhältnisse.

Für diesen Anwendungsbereich wird das mikroskalige Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in Kombination mit dem Modell PROKAS eingesetzt (www.lohmeyer.de). Das Modell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft und umfangreich validiert (Eichhorn et al., 1995, Eichhorn, 2003, Eichhorn, 2004, Schädler et al., 1996). Unser Büro hat sich mit dem Modell MISKAM an einem bundesweiten, von BWPLUS Forschungszentrum Karlsruhe veranstalteten „Vergleich von berechneten Immissionswerten innerhalb eines beidseitig bebauten Straßenquerschnitts“ erfolgreich beteiligt.

Das Modell MISKAM arbeitet auf einem nicht-äquidistanten Rechengitter. Bei den für die vorliegende Untersuchung durchgeführten Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen werden die Vorgaben der VDI-Richtlinie für prognostische Windfeldmodelle (VDI, 2005) hinsichtlich Auflösung und Größe des Rechengitters beachtet. Das hier angesetzte Rechengebiet ist sowohl horizontal als auch vertikal deutlich größer als das Untersuchungsgebiet, um Randeffekte zu vermeiden (Ketzler et al., 1999), und um die Kriterien der o.g. VDI-Richtlinie zu erfüllen.

Die Lagen und Höhen der Gebäude wurden digital übernommen und angepasst. Ergänzend wurden Luftbilder und Fotos zur Festlegung der Gebäudehöhen herangezogen. Basierend auf den Lagedaten wird ein geeignetes Rechengitter abgebildet, das in relevanten Bereichen wie Straßenraum, Emissionsbereich etc. hoch aufgelöst ist.

Das Rechengebiet weist eine Ausdehnung von 1 160 m x 1 200 m bei einer Gesamthöhe von 490 m auf. Die Rechengitter setzen sich aus 338 x 358 x 45 Einzelzellen zusammen. In den Ergebnisabbildungen wird jeweils nur der innere Ausschnitt, d.h. der interessierende Bereich des Plangebietes, dargestellt. Die vertikale Auflösung beträgt bodennah 0.6 m. Zum Rand des Rechengebietes hin wird die Auflösung entsprechend den Vorgaben des Modellentwicklers (Eichhorn, 2003) maximal mit dem Faktor 1.2 schrittweise gespreizt. Die Berechnungen erfolgten mit dem PC-Programm WinMiskam Version 5.1.2 vom 30.03.2015 (www.lohmeyer.de) und dem Modell MISKAM Version 6.3 vom 29.07.2014. Die Gebäude und Emissionsquellen werden in diese Gitter übertragen. Zuerst werden in 10-Gradschritten der Windanströmung Windfelder berechnet und danach für diese Windfelder Ausbreitungsrechnungen durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das Betrachtungsjahr 2017 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 3.2 (UBA, 2014) für das Jahr 2010 bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM₁₀) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA nicht behandelt. Die Feinstaub-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse aktueller Forschungsarbeiten (BASt, 2005, Düring und Lohmeyer, 2011). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem aktuellen Stand der Technik.

Unter Einbeziehung der in Kap. 4 beschriebenen Eingangsdaten, d.h. der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet.

Aus der Häufigkeitsverteilung der berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung) werden die statistischen Immissionskenngößen 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 von Messwerten an nahe gelegenen Messstandorten abgeschätzt. Die Umsetzung des bei Verbrennungsprozessen emittierten NO in NO₂ wird für Jahresmittelwerte mit einem vereinfachten Chemiemodell berücksichtigt (Düring et al., 2011).

3.3 Überschreitungshäufigkeit der PM₁₀-Tagesmittelwerte

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM₁₀-Konzentrationen von 50 µg/m³ wird ein statistisches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM₁₀-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m³ und dem PM₁₀-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM₁₀-Überschreitungshäufigkeit vom PM₁₀-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit ei-

nem 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.

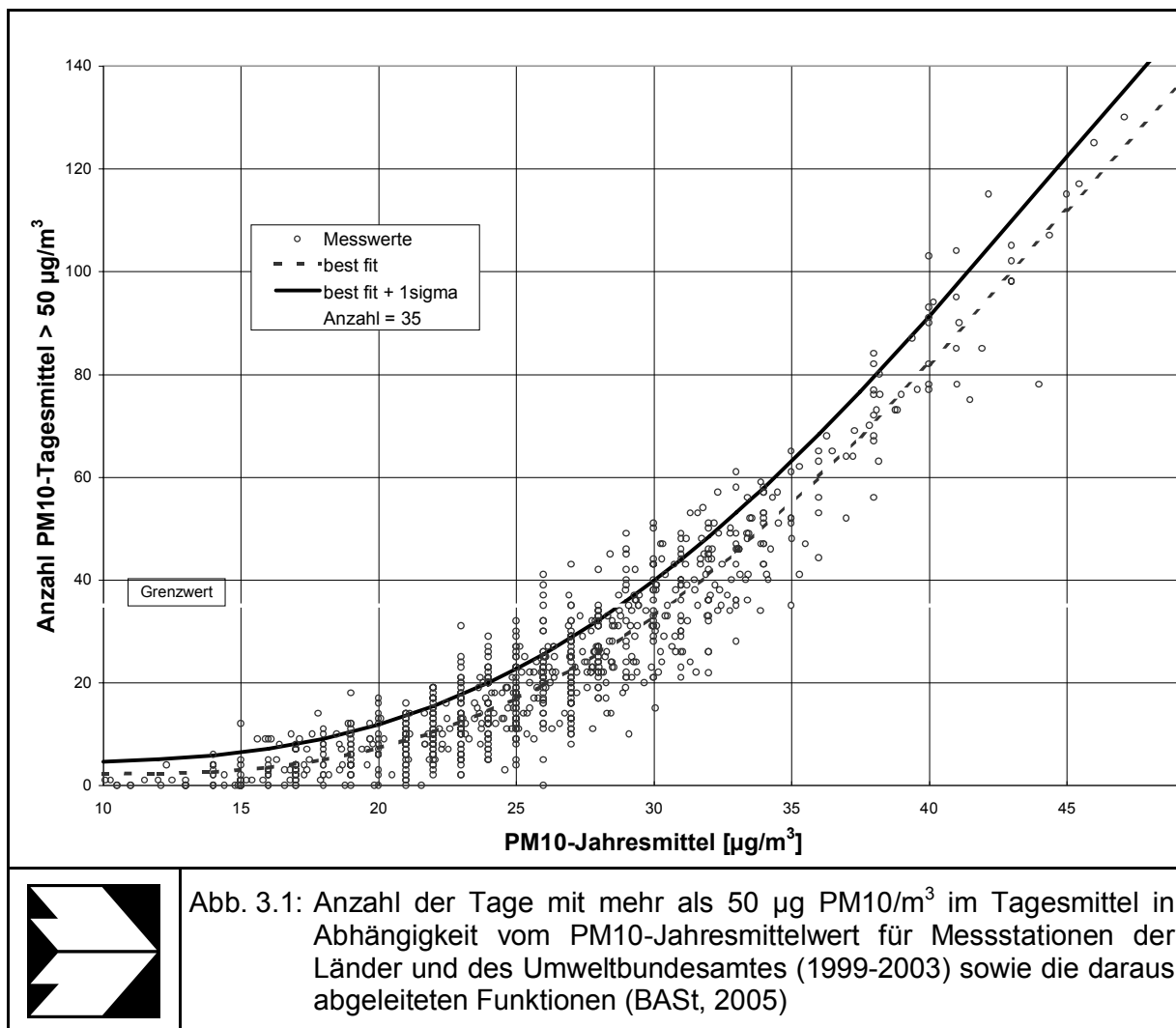
Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) 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. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

Zur Einstufung der Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastungen aus dem Jahresmittelwert werden ergänzend folgende Ausführungen zitiert (LUA NRW, 2006):

„Aufgrund von Messungen können die folgenden Zusammenhänge zwischen dem Jahresmittelwert für PM10 und der Anzahl der Überschreitungstage für das Tagesmittel von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ formuliert werden:

- a) der Jahresmittelwert für PM10 ist kleiner als $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$: die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes wird mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten;*
- b) der Jahresmittelwert für PM10 liegt zwischen $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$: die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes wird möglicherweise nicht eingehalten;*
- c) der Jahresmittelwert für PM10 ist größer als $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$: die zulässige Anzahl von Überschreitungen des Tagesmittelwertes wird mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht eingehalten.*

Dies zeigt, dass der Grenzwert für die Überschreitungshäufigkeit wesentlich strenger ist als der zulässige Jahresmittelwert für PM10 von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.“



4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage- und Höhe der Gebäude, die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die Lage- und Höhendaten der bestehenden und geplanten Gebäude und die Lagedaten der Straßen sowie die Verkehrsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. **Abb. 4.1** zeigt den Lageplan des Untersuchungsgebietes mit Angabe der Lage der geplanten Bebauung und Tunnelstrecken.

Das geplante Gebiet liegt zentral in der Landeshauptstadt Düsseldorf am nördlichen Ende der Königsallee. Bisher war das 12,2 ha große Plangebiet durch Verkehrsachsen geprägt:

- in Nord-Süd-Richtung durch den Straßenzug Hofgartenstraße - Berliner Allee (in Fahrtrichtung Norden ebenerdig, in Fahrtrichtung Süden auf der Hochstraße „Tausendfüßler“, mit Abzweig zur Immermannstraße)
- in Ost-West-Richtung durch den Straßenzug Schadowstraße bzw. Immermannstraße - nördliche Umfahrung des Jan-Wellem-Platzes - Elberfelder Straße.
- Auf dem Jan-Wellem-Platz gab es einen Straßenbahnknotenpunkt von Ost-West und Nord-Süd verlaufenden Trassen. Die existierenden Fußgängerbereiche haben nur geringe Ausdehnung und sind funktional nicht gut angebunden.

Für die Ausarbeitungen sind folgende Fälle mit unterschiedlichen Lagedaten zu betrachten:

Referenzfall: - Bisheriger Bebauungsplan BA2, Alternative 2 (BA 2.2). Er umfasst alle geplanten Tunnelbauwerke: den Tunnel von der Berliner Allee in Fahrtrichtung Norden zur Hofgartenstraße und den Abzweig nach Westen zur Elberfelder Straße, den Tunnel in Fahrtrichtung Süden von der Hofgartenstraße zur Berliner Allee mit Abzweigen nach Westen zur Elberfelder Straße, nach Osten zur Immermannstraße und zu den Tiefgaragen „Dreischeibenhäuser/Schauspielhaus“. Außerdem werden mit dem Bebauungsplan der Abriss der Hochstraße „Tausendfüßler“, die Errichtung von Gebäuden südlich des Gustaf-Gründgens-Platzes in vier Teilbereichen (MK 1-4), ein Baufeld vor der Börse (MK 7) und zwei pavillonartige Gebäude (MK 8 und 10) in den Fußgängerbereichen ermöglicht. Darüber hinaus wurden bestehende

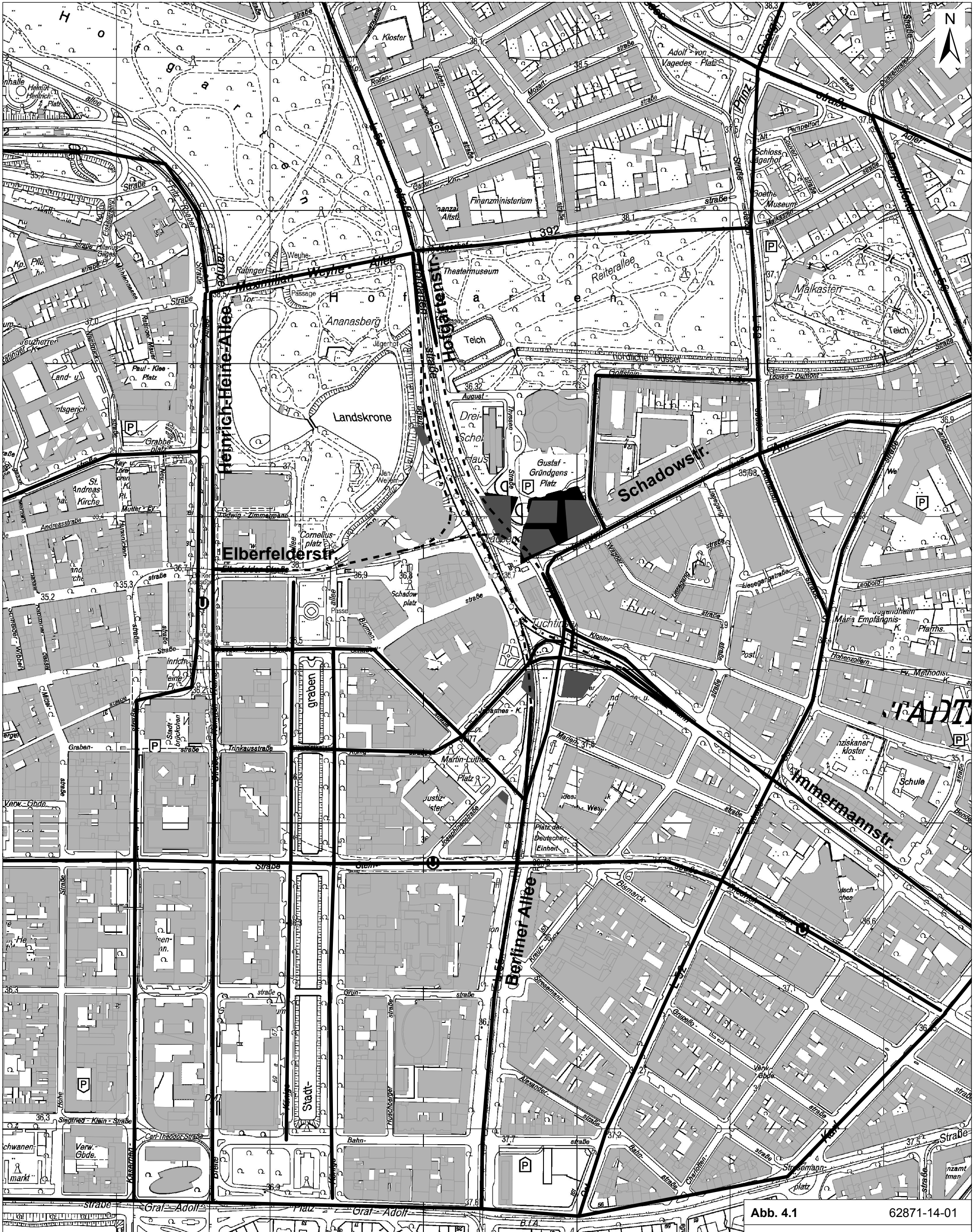


Abb. 4.1 62871-14-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes.
Die Tunnelstrecken sind getrichelt ein-
gezeichnet

- bestehende Gebäude
- geplante Gebäude
- Gebäude BA2.2

Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

0 125 250
Meter

Baublöcke mit den Teilbereichen MK 5, 6, 9 (mit Erweiterungsmöglichkeit), 11 bis 16 und die Johanneskirche in den Plan einbezogen. Es soll ein großer zentraler Fußgängerbereich entstehen - mit öffentlichen Grünflächen in Höhe des Hofgartens und vor dem Justizministerium. Als oberirdische Straßen für den Kfz-Verkehr im Plangebiet verbleiben: Elberfelder Straße (Westteil), Schadowstraße (zw. Berliner Allee und Bleichstraße), Berliner Allee, Immermannstraße, Bleichstraße, Klosterstraße, Blumenstraße, Josephinenstraße und Königstraße. In dem angestrebten Endzustand Alternative 2 ist eine unterirdische Anbindung aller Tiefgaragen im Bereich des Gustaf-Gründgens-Platzes an die beiden Tunnelröhren vorgesehen. Die Emissionsbestimmung erfolgt für das Jahr 2017.

Planfall: - Der neue Planfall sieht in den bisherigen Planflächen MK 1-4 südlich des Gustaf-Gründgens-Platzes die Errichtung von zwei Gebäuden vor. Es ist auch eine unterirdische Anbindung aller Tiefgaragen im Bereich des Gustaf-Gründgens-Platzes an die beiden Tunnelröhren vorgesehen. Die Emissionsbestimmung erfolgt für das Jahr 2017

Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung.

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden von der vorangegangenen Ausarbeitung für den Bebauungsplan Nr. 5477/123 - Kö-Bogen 2. BA übernommen. Begründet wird diese Vorgehensweise mit der Ausarbeitung „Kö-Bogen II Vergleichende Gegenüberstellung mit der Verkehrsprognose 2010“ (Schüßler-Plan, 2015).

Das sind für das Plangebiet mit direkter Umgebung Angaben der Lage der Straßen und Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV).

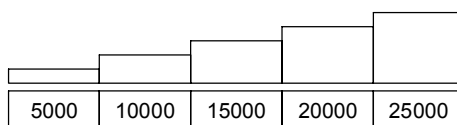
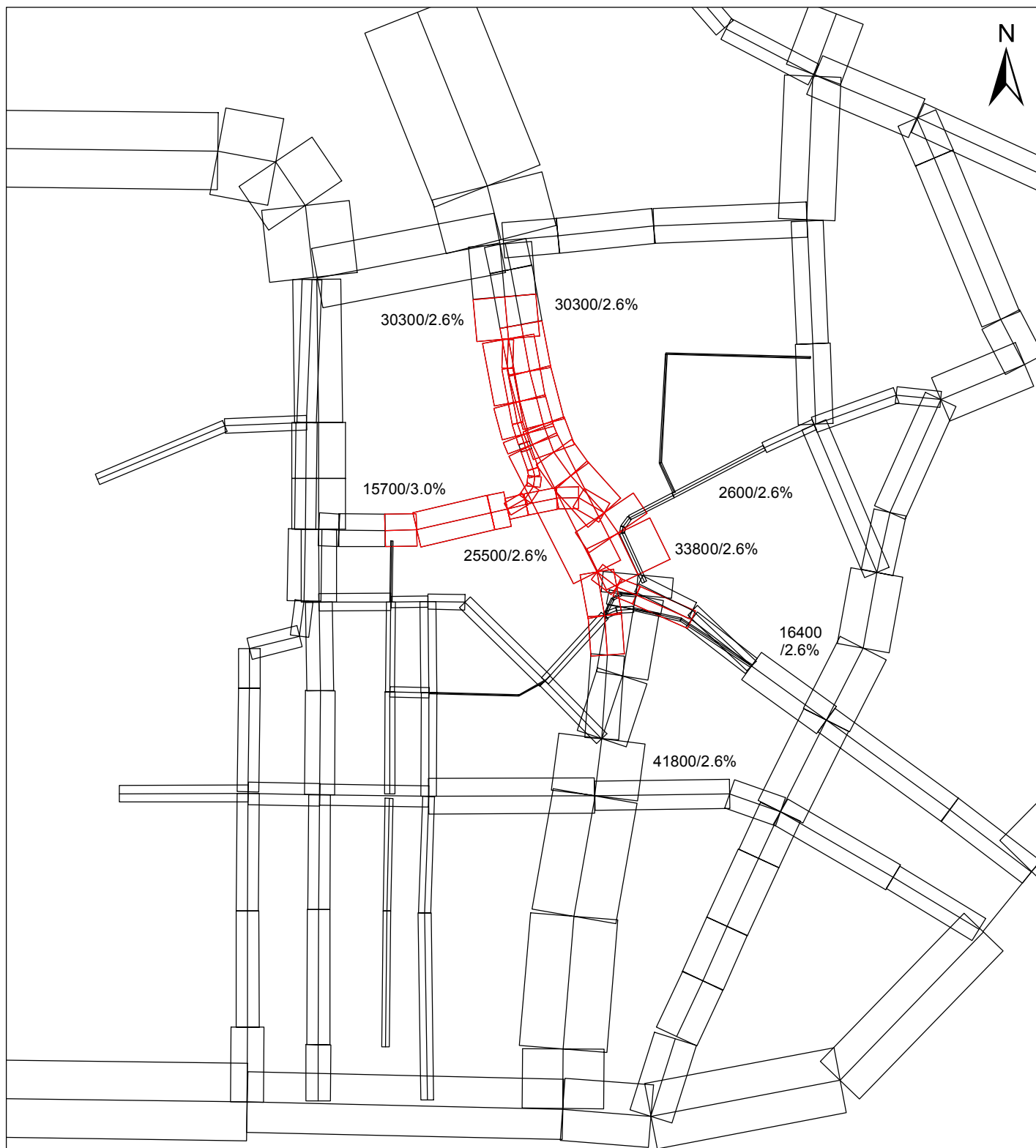
Die Verkehrsbelegungsdaten wurden für die zu berücksichtigenden Straßen in Form von Tagesverkehrsmengen von der Stadtverwaltung Düsseldorf, Amt für Verkehrsmanagement, mit dem Stand 21.12.2010 für den Nullfall und die Planvarianten mit dem Bauabschnitt 1,

Bauabschnitt 2, Alternative 1 und Bauabschnitt 2, Alternative 2 zur Verfügung gestellt. Die Daten bestehen aus Angaben in Kfz/16h für Werktage - die nach Angaben der Stadtverwaltung der auf ein Jahr bezogenen durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärke (DTV in Kfz/24h) entspricht. Die für die Untersuchung angesetzten Verkehrsdaten im Untersuchungsgebiet und den angrenzenden Bereichen sind für den Bauabschnitt 2, Alternative 2 und auch für den Planfall in **Abb. 4.2** dargestellt. Die LKW-Anteile wurden entsprechend der Verkehrszählungen und Angaben des Amtes für Verkehrsmanagement in der Elberfelder Straße mit 3% und ansonsten im gesamten Netz mit 2.6% angesetzt. Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt. Diese Ganglinien wurden anhand von Straßenverkehrszählungen in der Innenstadt von Düsseldorf und Angaben der Stadt Düsseldorf ermittelt.

4.2 Meteorologische Daten

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

In Abstimmung mit dem Umweltamt Düsseldorf werden die Daten der LUQS-Station Düsseldorf-Reisholz verwendet, die vom Landesumwelt Nordrhein-Westfalen (LUA NRW) betrieben wird. Die Winddaten der Station Düsseldorf-Reisholz werden als „für das Stadtgebiet repräsentativ“ betrachtet. Die Station steht im südlichen Vorort von Düsseldorf auf einem unbefestigten Parkplatz, umgeben von Wiesen. Das Gelände ist flach und eben, die Station frei anströmbar. Die Windmessdaten für den Zeitraum 01.01.1993 bis 31.12.2002 wurden vom LUA NRW besorgt und ausgewertet. Die ermittelte Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten für diesen Standort ist in der **Abb. 4.3** dargestellt. Die Hauptwindrichtungen sind Südost und Südwest bis West. Bei den geringen Windgeschwindigkeiten dominieren südöstliche bis östliche Richtungen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 3.1 m/s. Für die Ausbreitungsrechnungen werden die Daten der Station Düsseldorf-Reisholz unter Berücksichtigung der Rauigkeit in der Umgebung des Untersuchungsgebietes verwendet.



DTV [Kfz/24h]

Abb. 4.2

62871-14-01

Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall. Die Tunnelstrecken sind rot eingezeichnet



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

0 100 200 400 Meter

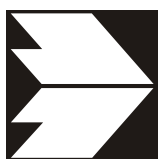
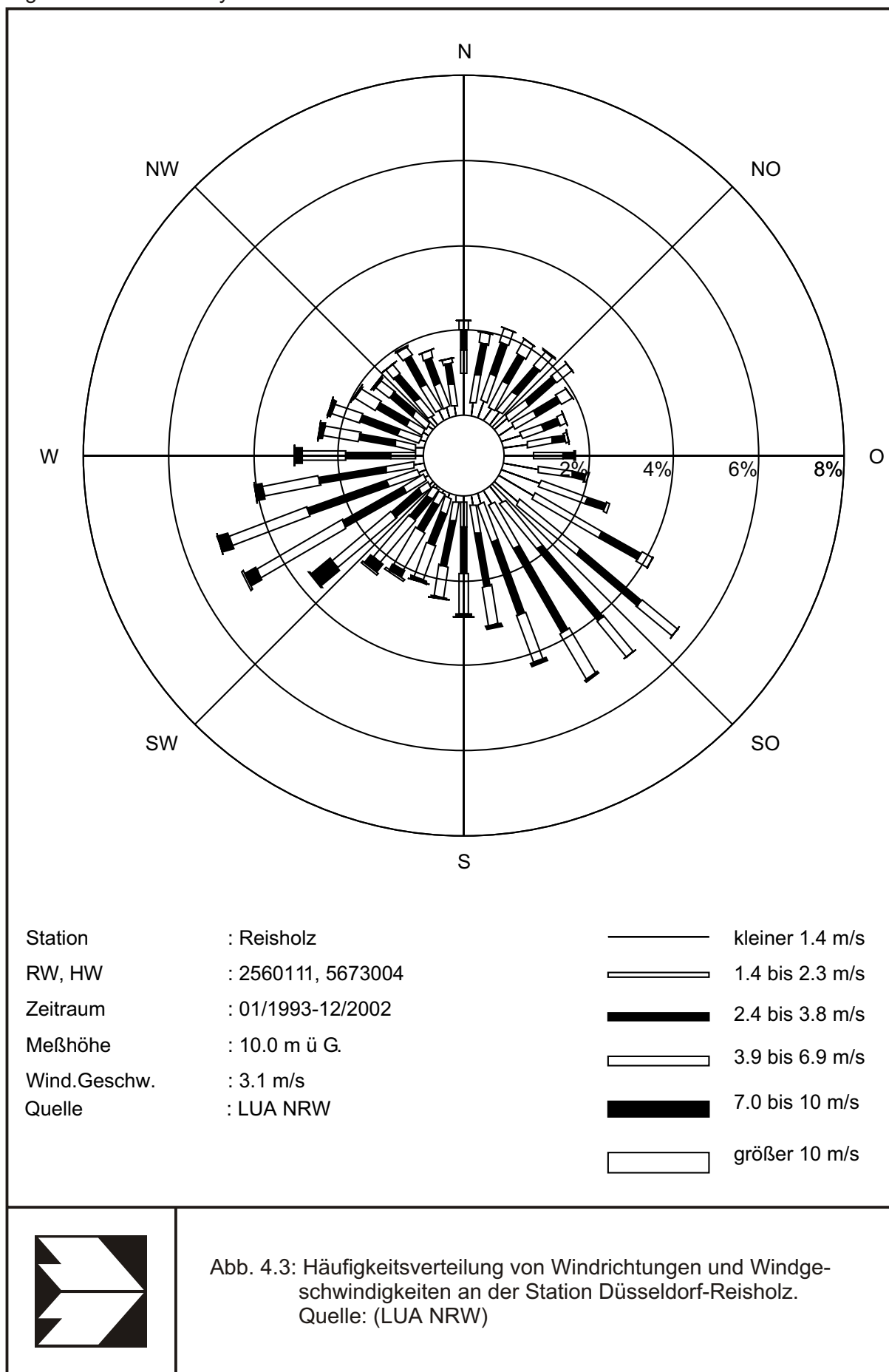


Abb. 4.3: Häufigkeitsverteilung von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der Station Düsseldorf-Reisholz.
 Quelle: (LUA NRW)

4.3 Schadstoffhintergrundbelastung

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.

Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) betreibt das Luftqualitätsüberwachungssystem in NRW (LUQS). In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden. Vorliegende Messwerte für die Schadstoffe NO₂ und Feinstaub (PM₁₀) von Standorten in Düsseldorf und Umgebung sind in der **Tab. 4.1** aufgeführt (LUQS, 2007 bis 2015). Die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen, kontinuierlich betriebenen LUQS-Messstationen sind Düsseldorf-Corneliusstraße (DDCS), ca. 1.5 km südlich, Düsseldorf-Mörsenbroich (VDDF), ca. 3 km nordöstlich, Düsseldorf-Lörick (LOER), ca. 4 km nordwestlich, Düsseldorf-Reisholz (REIS), ca. 7 km südöstlich, Ratingen-Tiefenbroich (RAT2), ca. 9 km nördlich und Krefeld-Linn (KREF), ca. 16 km nordwestlich. Ca. 3 km südlich werden an der Straßenstation Düsseldorf-Bilk NO₂-Immissionen erfasst.

Die Messungen an der LUQS-Station Düsseldorf-Reisholz wurden Ende 2005, die an der LUQS-Station Mörsenbroich wurden Ende 2007 eingestellt.

Die Stadt Düsseldorf betreibt innerhalb des Stadtgebietes vier Luftmessstationen: Verkehrsmessstationen Ludenberger Straße (ab 2014 von LANUV NRW betrieben), Dorotheenstraße und Brinckmannstraße sowie die Hintergrundstation Aaper Wald. Die Messdaten sind in **Tab. 4.2** aufgeführt. Weiterhin werden diskontinuierliche Messungen mit einem mobilen Messfahrzeug an stark befahrenen Straßen durchgeführt, die teilweise ebenfalls hohe Messwerte aufweisen, die hier jedoch nicht aufgeführt werden.

In Düsseldorf und in NRW wurde in den genannten letzten Jahren an keiner Messstation ein NO₂-Stundenwert von 200 µg/m³ mehr als 18 mal pro Jahr erfasst.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Düsseldorf-Corneliusstr.	Düsseldorf-Mörsenbroich	Düsseldorf-Lörick	Düsseldorf-Reisholz	Krefeld-Linn	Ratingen-Tiefenbroich	Düsseldorf-Bilk	Düsseldorf-Ludenberg-Str.
NO ₂ -Jahresmittel	2006	71	52	28	-	-	32	59	-
	2007	71	54	27	-	-	32	56	-
	2008	74	-	30	-	-	32	55	-
	2009	70	-	31	-	-	33	62	-
	2010	67	-	30	-	-	31	65	-
	2011	64	-	28	-	-	29	62	-
	2012	64	-	27	-	-	29	60	-
	2013	61	-	28	-	-	26	59	-
	2014	60	-	27	-	-	26	60	56
PM10-Jahresmittel	2006	37	31	24	-	25	23	-	-
	2007	37	33	24	-	24	23	-	-
	2008	36	-	24	-	23	21	-	-
	2009	35	-	24	-	22	22	-	-
	2010	35	-	25	-	23	22	-	-
	2011	32	-	25	-	26	23	-	-
	2012	28	-	23	-	21	21	-	-
	2013	28	-	23	-	25	20	-	-
	2014	25	-	19	-	16	16	-	-
PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2006	47	34	14	-	16	14	-	-
	2007	64	49	13	-	18	15	-	-
	2008	49	-	10	-	10	7	-	-
	2009	47	-	9	-	13	11	-	-
	2010	48	-	12	-	9	11	-	-
	2011	42	-	21	-	25	19	-	-
	2012	26	-	15	-	12	16	-	-
	2013	27	-	8	-	13	8	-	-
	2014	15	-	6	-	5	5	-	-

Tab. 4.1: Messwerte an den Stationen in der Umgebung des Plangebietes (LUQS 2007 bis 2015). - = keine Angabe.

Das LANUV NRW unterscheidet verschiedene Stationstypen. So werden D-Lörick, D-Reisholz, Ratingen-Tiefenbroich und Krefeld-Linn als Stationen im vorstädtischen Gebiet mit dem Stationstyp „Hintergrund“ eingestuft, während D-Corneliusstraße und D-Mörsenbroich dem Stationstyp „Verkehr“ zugeordnet werden. Im betrachteten Untersuchungsgebiet prägt der Kfz-Verkehr die Luftschadstoffbelastung, andere mögliche Emittenten sind hier weniger bedeutend.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Ludenberger Straße	Dorotheenstraße	Brinckmannstraße	Aaper Wald
NO ₂ -Jahresmittel	2006	57	50	-	28
	2007	56	51	-	24
	2008	59	53	34	26
	2009	60	53	34	22
	2010	66	53	35	24
	2011	64	49	33	24
	2012	57	55	32	23
	2013	54	45	29	21
	2014	-	49	28	-
PM ₁₀ Jahresmittel	2006	39	35	-	26
	2007	35	32	26	24
	2008	34	31	23	21
	2009	35	32	25	23
	2010	36	32	25	23
	2011	34	29	23	22
	2012	33	27	22	21
	2013	33	28	22	21
	2014	-	25	20	-
PM ₁₀ Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2006	69	48	-	19
	2007	65	42	32	20
	2008	43	32	10	6
	2009	40	38	12	8
	2010	43	31	10	8
	2011	40	35	15	11
	2012	45	26	17	15
	2013	32	23	8	7
	2014	-	14	6	-

Tab. 4.2: Messwerte an den Stationen der Stadt Düsseldorf (Stadt Düsseldorf 2007 bis 2015). - = keine Angabe.

Aber auch die Messdaten der vorstädtischen Stationen sind mehr oder weniger stark von Verkehrseinflüssen geprägt, d.h. in den Messwerten sind die Auswirkungen der Emissionen des Straßenverkehrs enthalten. Die Werte der genannten Stationen können daher nicht direkt als Hintergrundbelastung angesetzt werden, weil sonst der Einfluss der dominierenden Quelle Straßenverkehr bei der Überlagerung von Zusatzbelastung und Hintergrundbelastung quasi „doppelt“ berücksichtigt würde.

Gegenüber den Luftreinhalte- und Aktionsplänen von Düsseldorf (BR Düsseldorf (2004, 2005a, 2005b, 2012) zeigen die Messwerte der letzten Jahre überwiegend geringere Konzentrationen, sodass die hier angesetzte städtische Hintergrundbelastung geringer ist gegenüber den Ansätzen in den genannten Plänen.

Auf der Grundlage der Messdaten und den o.a. Einflüssen werden die in der **Tab. 4.3** angegebenen Werte für die aktuelle Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt.

Schadstoff	Jahresmittelwert [µg/m ³]
NO ₂	27
PM10	20

Tab. 4.3: Schadstoffhintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2014/2017

Aufgrund von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o.a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Für das zu betrachtende Prognosejahr 2017 zeigen Abschätzungen (RLuS, 2012) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen für PM10 um ca. 3% und NO₂ um ca. 8%. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen.

Für die Prognose der Immissionen im Jahr 2017 wird im Sinne einer konservativen Vorgehensweise auf Reduktionsansätze verzichtet und die Hintergrundbelastungswerte der **Tab. 4.3** angesetzt.

5 EMISSIONEN

5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ und PM₁₀ erreicht, deshalb werden diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet. Aus aktuellen Untersuchungen (De Leeuw et al., 2009; Bruckmann et al., 2009) mit vergleichenden Auswertungen von Messdaten für PM_{2.5} und PM₁₀ lässt sich ableiten, dass bei einer Einhaltung des Schwellenwertes von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM₁₀-Kurzzeitbelastung auch der PM_{2.5}-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ eingehalten wird.

5.2 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) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM₁₀, PM_{2.5}) 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).

5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.2 (UBA, 2014) berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW 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) und
- 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 2017 dem HBEFA (UBA, 2014) 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 Partikelgröße kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und der PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

Die Längsneigung der Straßen wird aus Höhenplänen, Lageplänen bzw. digitalen Geländedaten des Untersuchungsgebietes entnommen. Der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW bzw. Infz wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in der Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-HVS50: innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h

IOS-HVS50d: innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

Da das aktuelle HBEFA 3.2 für Lichtsignalanlagen gesteuerte Kreuzungen keine besonderen Emissionsfaktoren angibt, werden diese durch eine ungünstigere Verkehrssituationseinstufung (Level of Service) und damit verbundene höhere Emissionszuweisung nachgebildet.

In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2%-Stufen. Die angesetzten Verkehrssituationen sind in **Abb. 5.1** für den Planfall dargestellt. Für die Tunnelstrecken wird eine modifizierte PM10-Aufwirbelung angesetzt und durch ein T vor der Verkehrssituation kenntlich gemacht.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2017					
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO _x		PM10 / (nur Abgase)		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50	44.9	0.277	2.519	0.0073	0.0357	0.026	0.1
IOS-HVS50+6	44.9	0.672	4.281	0.0129	0.0724	0.026	0.1
IOS-HVS50d	37.0	0.310	3.101	0.0076	0.0439	0.033	0.35
IOS-HVS50d+6	37.0	0.651	4.464	0.0130	0.0816	0.033	0.35
TIOS-HVS50	44.9	0.277	2.519	0.0073	0.0357	0.005	0.13

Tab. 5.1: - Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2017

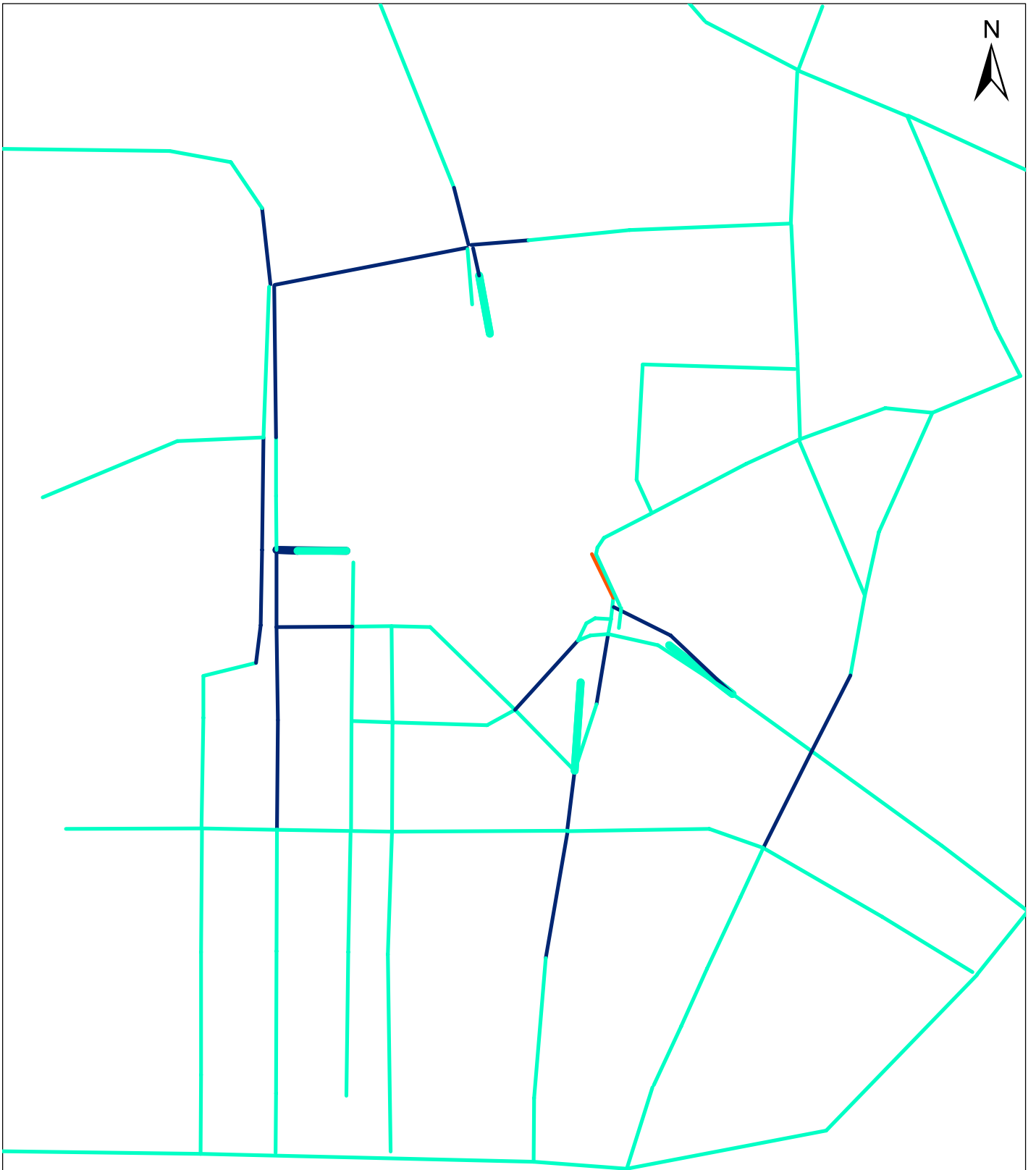
5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub in Anlehnung an BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) verwendet.

Auf Grundlage der o.a. Datenbasis werden zur Berechnung der PM10-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in der **Tab. 5.1** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

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.



Verkehrssituation

- IOS-HVS50
- IOS-HVS50+6
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50d+6
- TIOS-HVS50



Abb. 5.1 62871-14-01

Verkehrssituationen auf den berücksichtigten Straßennetz für den Planfall. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x , motorbedingtes NO_2 und PM_{10} werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

Im Anhang A3 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x und PM_{10} für den Planfall dargestellt.

In **Tab. 5.2** sind exemplarisch die Verkehrskennwerte und daraus abgeleitete Emissionen für die Berliner Allee nördlich der Steinstraße dargestellt.

Variante	DTV [Kfz/24 h]	LKW- Anteil [%]	Verkehrs- situation	NO_x [mg/(m s)]	NO_2 direkt [mg/(m s)]	PM_{10} [mg/(m s)]
Planfall	41 800	2.6	IOS-HVS50d	0.187	0.0498	0.0243

Tab. 5.2: Verkehrskennwerte und Emissionen an der Berliner Allee nördlich der Steinstraße

5.4 Emissionen des ruhenden Verkehrs

Im Betrachtungsgebiet befinden sich die Tiefgaragen vom Drei-Scheiben-Haus mit 330 Stellplätzen und unter dem Gustav-Gründgens-Platz mit ca. 540 Stellplätzen. Im Planfall wird die Tiefgarage unter dem Gustav-Gründgens-Platz erweitert auf ca. 750 Stellplätze.

Entsprechend den Ausarbeitungen von Schüßler-Plan (2015) sind im Mittel mit der Nutzung der Tiefgarage Drei-Scheiben-Haus ca. 800 Fahrten und im Planfall für die Tiefgarage unter dem Gustav-Gründgens-Platz ca. 6 010 Fahrten angegeben.

In den Tiefgaragen werden durch das An- und Abfahren der Stellplätze sowie durch Rangier- und Startvorgänge verkehrsbedingte Emissionen freigesetzt. Mit den Emissionsfaktoren für das Prognosejahr 2017 werden die Emissionen pro Tag für die Stellplätze in den Tiefgaragen ermittelt. Die in den geplanten Parkhäusern zurückgelegten mittleren Fahrwegelängen wurden anhand der Lagepläne abgeschätzt.

Die **Tab. 5.3** zeigt eine Aufstellung der mit der Nutzung der Tiefgaragen verbundenen mittleren täglichen Gesamtemissionen. Darin sind die Beiträge durch die Zu- und Abfahrt, Rangiermanöver und Startvorgänge zusammengefasst.

	Drei-Scheiben-Haus		Gustav-Gründgens-Platz	
	NO _x	PM10	NO _x	PM10
Planfall	94.1	3.7	2403.4	95.3

Tab. 5.3: Mittlere Gesamtemissionen des ruhenden Verkehrs in den Tiefgaragen für das Bezugsjahr 2017 in g/Tag.

Für die Immissionsberechnung wird angesetzt, dass ca. 20% der in der Tiefgarage entstehenden Schadstoffe über die Zu- und Ausfahrten freigesetzt werden und der überwiegende Anteil über dem Dach der angrenzenden Bebauung austritt. In den hier betrachteten Planfällen erfolgt die Zu- und Ausfahrt ausschließlich über die Tunnelröhre, sodass die anteiligen 20% an den Schadstoffen der nach Norden orientierten Tunnelröhre und damit dem nördlichen Tunnelportal zugeschlagen werden.

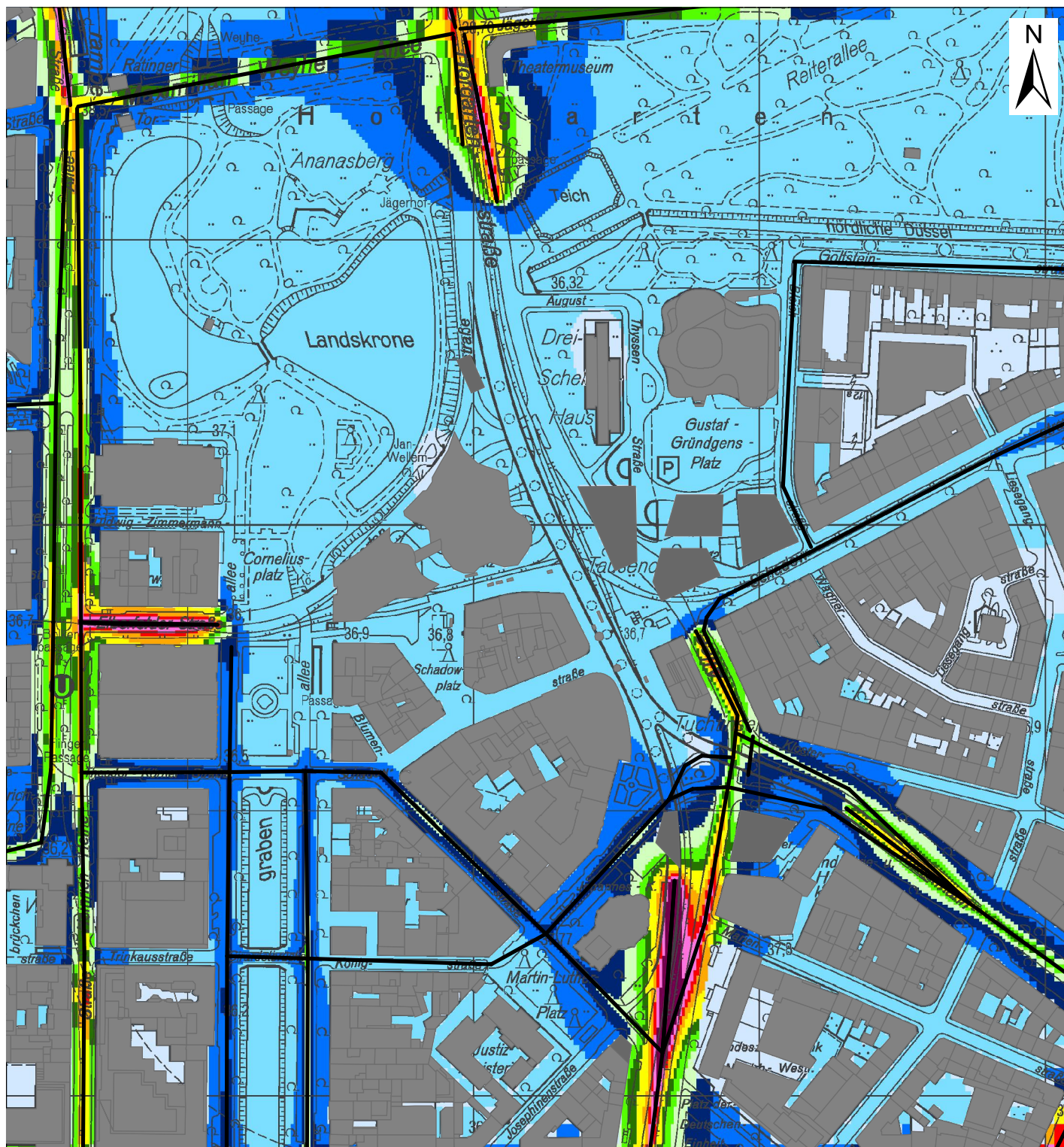
6 ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen, bestehend aus der Überlagerung der Hintergrundbelastung und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung innerhalb des Untersuchungsgebietes, werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevanten Kenngrößen sind einheitliche Farben zugeordnet. Damit werden derzeit geltende Beurteilungswerte mit gelben bzw. violetten Farben belegt.

In den Grafiken wird der innere Bereich des Rechengebietes dargestellt, der das Gebiet des Bebauungsplans beinhaltet. Entsprechend der Aufgabenstellung sind die Auswirkungen der Planungen auf die Immissionen aufzuzeigen; dementsprechend wurden die Bereiche mit geplanten baulichen Änderungen fein aufgelöst und zu den Randbereichen gröber aufgelöst. Die Randbereiche dienen zur Ansteuerung der Berechnungen bezüglich der bodennahen Windanströmungen und Emissionen in angrenzenden Gebieten. Die Abbildungen zeigen die ermittelten Immissionskenngrößen für den Referenzfall (BA2, Alternative 2) und den Planfall mit modifizierter Bebauung. Es wird jeweils die Gesamtbelastung von NO₂ und Feinstaub (PM₁₀) dargestellt und diskutiert.

6.1 Stickstoffdioxidimmissionen

Im Referenzfall (BA2, Alternative 2) im Bezugsjahr 2017 (**Abb. 6.1**) sind an den Tunnelportalen hohe NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte) prognostiziert. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite NO₂-Immissionen bis 42 µg/m³ berechnet; an der von der Hofgartenstraße abgewandten Gebäudeseite sind NO₂-Immissionen unter 36 µg/m³ berechnet. Am westlichen Tunnelportal in der Elberfelder Straße sind an der nördlichen Randbebauung NO₂-Immissionen bis ca. 46 µg/m³ berechnet. Am südlichen Tunnelportal sind an der Randbebauung der Berliner Allee in Teilbereichen an der Randbebauung NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ prognostiziert. Innerhalb des weiteren Bebauungsplangebietes und dem dargestellten, ausgewerteten Bereich des Betrachtungsgebietes sind an der Bebauung NO₂-Immissionen unter 40 µg/m³ berechnet. In der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes sind an der Bebauung NO₂-Immissionen unter 30 µg/m³ ermittelt. Lediglich an der Tunneleinfahrt an der



NO2 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- > 60
- > 52
- > 48
- > 44
- > 40
- > 38
- > 36
- > 34
- > 32
- > 30
- > 28
- >= 27

Abb. 6.1

62871-14-01

NO2-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Referenzfall 2017

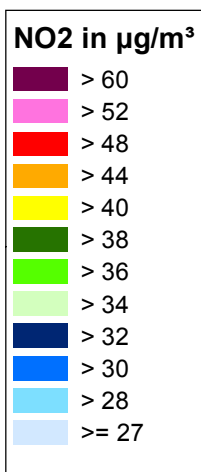
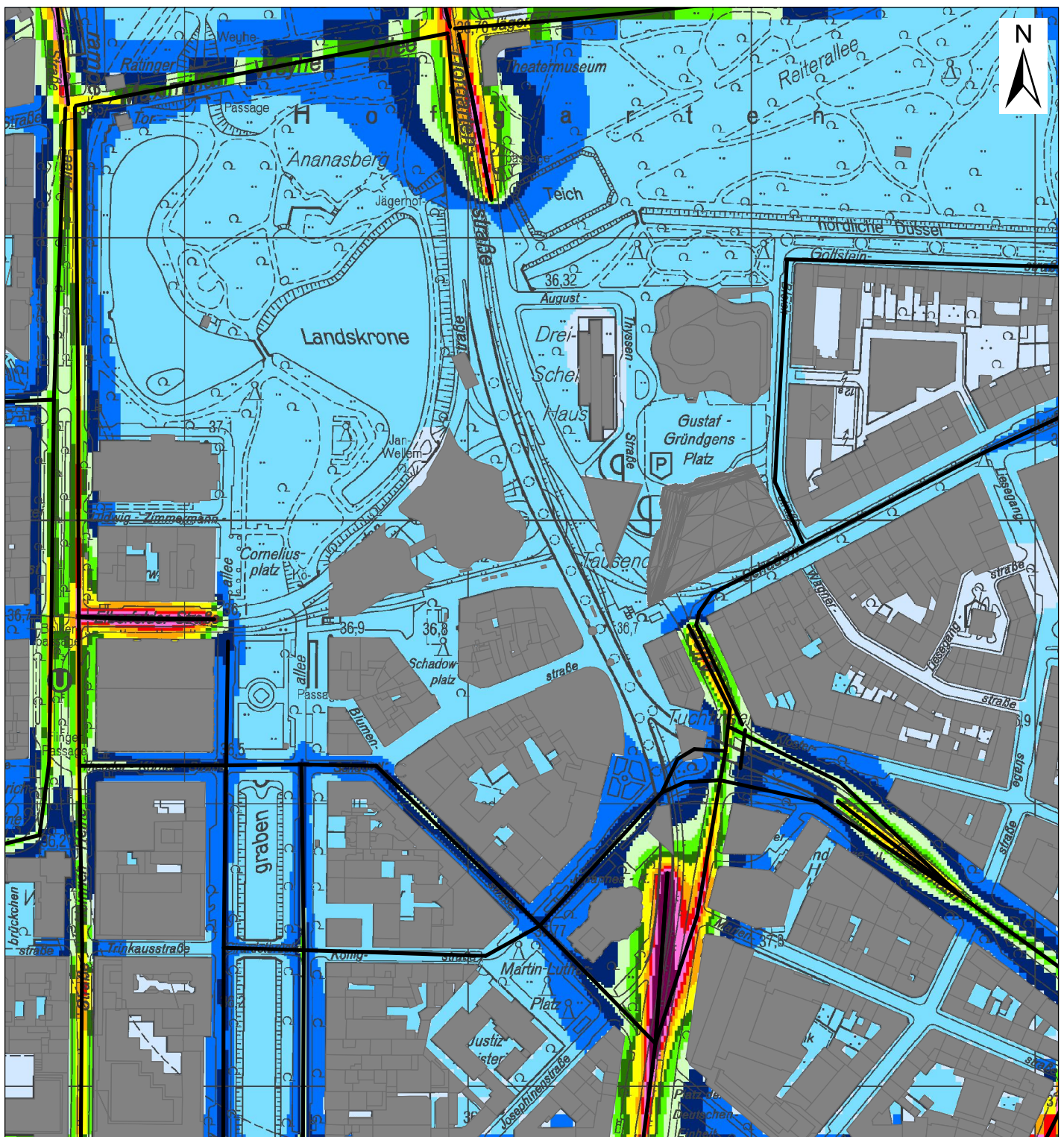


Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

0 100 200
Meter

Berliner Allee sind an der Randbebauung NO_2 -Immissionen bis $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Referenzfall an der Bebauung in der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes nicht erreicht und nicht überschritten; an der Randbebauung der westlichen, nördlichen und südlichen Tunnelportale wird er überschritten. Die NO_2 -Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung in der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes entsprechend **Tab. 3.2** als leicht erhöht bis erhöht zu bezeichnen; in wenigen Bereichen des Betrachtungsgebietes, wie an der Berliner Allee und an der Randbebauung der Tunnelausgänge sind hohe Belastungen bis deutliche Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.

Im Planfall im Bezugsjahr 2017 mit realisiertem Bauabschnitt 2 und der modifizierten Bebauung südlich des Gustav-Gründgens-Platzes (**Abb. 6.2**) sind mit dem Referenzfall vergleichbare NO_2 -Immissionen prognostiziert. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite NO_2 -Immissionen bis $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; an der von der Hofgartenstraße abgewandten Gebäudeseite sind NO_2 -Immissionen unter $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Am westlichen Tunnelportal in der Elberfelder Straße sind an der nördlichen Randbebauung NO_2 -Immissionen bis ca. $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Am südlichen Tunnelportal sind an der Randbebauung der Berliner Allee in Teilbereichen an der Randbebauung NO_2 -Immissionen über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Innerhalb des weiteren Bebauungsplangebietes und dem dargestellten, ausgewerteten Bereich des Betrachtungsgebietes sind an der Bebauung NO_2 -Immissionen unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. In der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes sind an der Bebauung NO_2 -Immissionen unter $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt; die modifizierte Bebauung und die Freisetzung der Tiefgaragenabluft über dem Dach der geplanten Bebauung führen nicht zu wesentlichen Änderungen der bodennahen NO_2 -Immissionen. Lediglich an der Tunneleinfahrt an der Berliner Allee sind an der Randbebauung NO_2 -Immissionen bis $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt. Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Planfall an der Bebauung in der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes nicht erreicht und nicht überschritten; an der Randbebauung der westlichen, nördlichen und südlichen Tunnelportale wird er überschritten. Die NO_2 -Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung in der Umgebung des Gustav-Gründgens-Platzes entsprechend **Tab. 3.2** als leicht erhöht bis erhöht zu bezeichnen; in wenigen Bereichen des Betrachtungsgebietes, wie an der Berliner Allee und an der Randbebauung der Tunnelausgänge sind hohe Belastungen bis deutliche Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.



0 100 200
Meter

Abb. 6.2

62871-14-01

NO2-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Planfall 2017



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

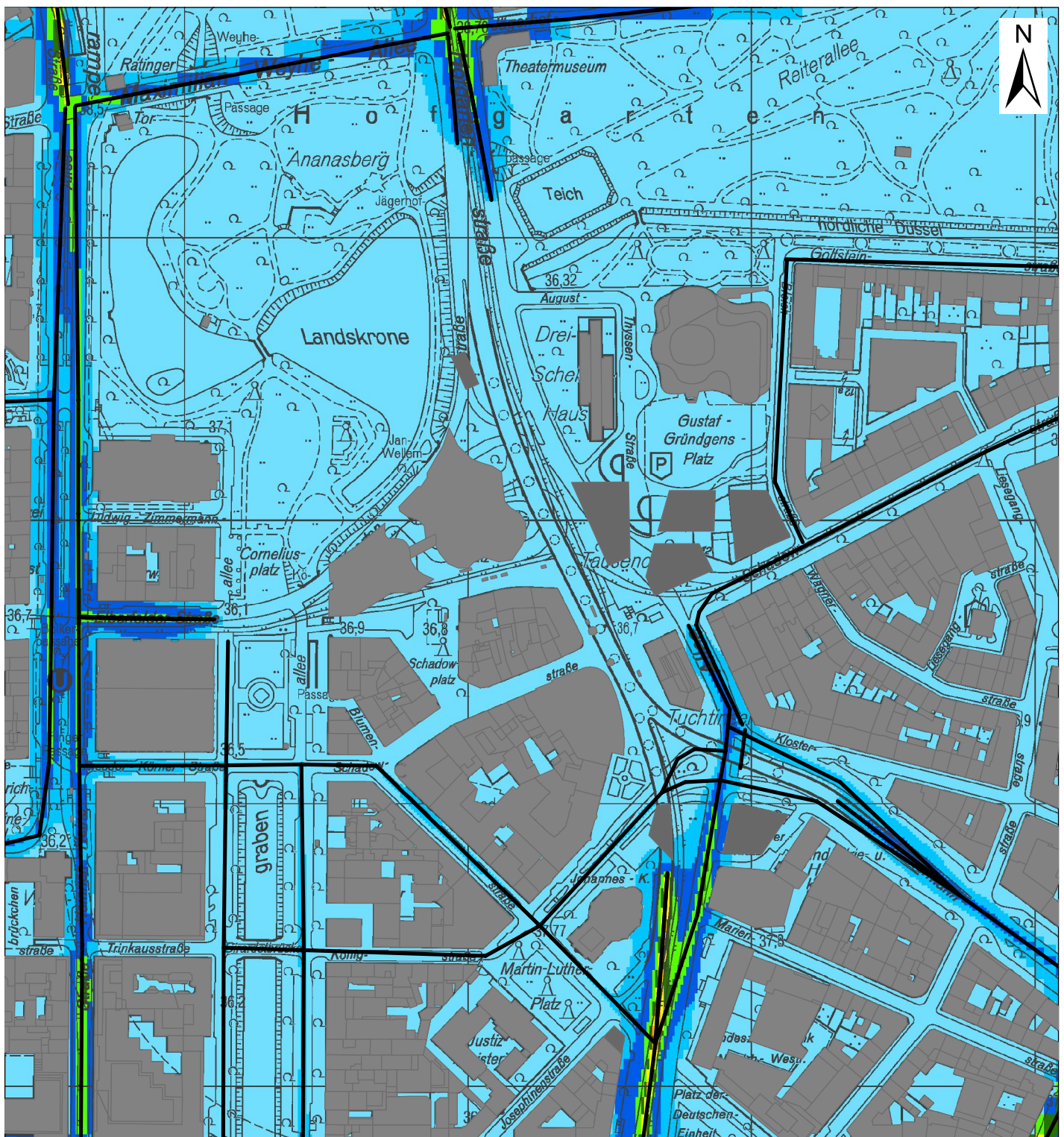
6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ in einem Jahr erlaubt. Die Auswertungen von Messdaten zeigen, dass der Kurzzeitwert die strengere Größe darstellt. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3 gibt es für den Kurzzeitwert einen Schwellenwert. Dieser besagt, dass ab einem PM_{10} -Jahresmittelwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Kurzzeitwert überschritten wird. Im Folgenden werden die berechneten PM_{10} -Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diskutiert.

Die Ergebnisse der Berechnungen der PM_{10} -Belastungen (Jahresmittelwerte) sind für den Referenzfall (BA2, Alternative 2) im Bezugsjahr 2017 in **Abb. 6.3** aufgeführt. Im gesamten Betrachtungsgebiet sind PM_{10} -Jahresmittelwerte unter $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt, wobei nur in den Straßenräumen der stark frequentierten Hauptverkehrsstraßen bzw. an den Tunnelportalen verkehrsbedingte Beiträge dargestellt sind. Der geltende Grenzwert für den PM_{10} -Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Referenzfall entsprechend den Berechnungsergebnissen an der Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Der Schwellenwert zur Ableitung des Kurzzeitwertes wird an der Randbebauung im Betrachtungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten. Die PM_{10} -Belastungen (Jahresmittelwerte) an der Bebauung sind in Bezug auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als leicht erhöht zu bezeichnen.

Im Planfall sind ebenfalls im gesamten Betrachtungsgebiet PM_{10} -Belastungen (Jahresmittelwerte) unter $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet (**Abb. 6.4**). Die PM_{10} -Immissionen sind im Planfall vergleichbar mit dem Referenzfall; die modifizierte Bebauung führt zu keinen wesentlichen Änderungen der bodennahen PM_{10} -Immissionen. Der geltende Grenzwert für den PM_{10} -Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird im Planfall entsprechend den Berechnungsergebnissen an der Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Der Schwellenwert zur Ableitung des Kurzzeitwertes wird an der Randbebauung im Betrachtungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten. Die PM_{10} -Belastungen (Jahresmittelwerte) an der Bebauung sind in Bezug auf den Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als leicht erhöht zu bezeichnen.

Auf der Grundlage der Berechnungsergebnisse für PM_{10} kann eine Übertragung auf $\text{PM}_{2.5}$ erfolgen.



PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Abb. 6.3

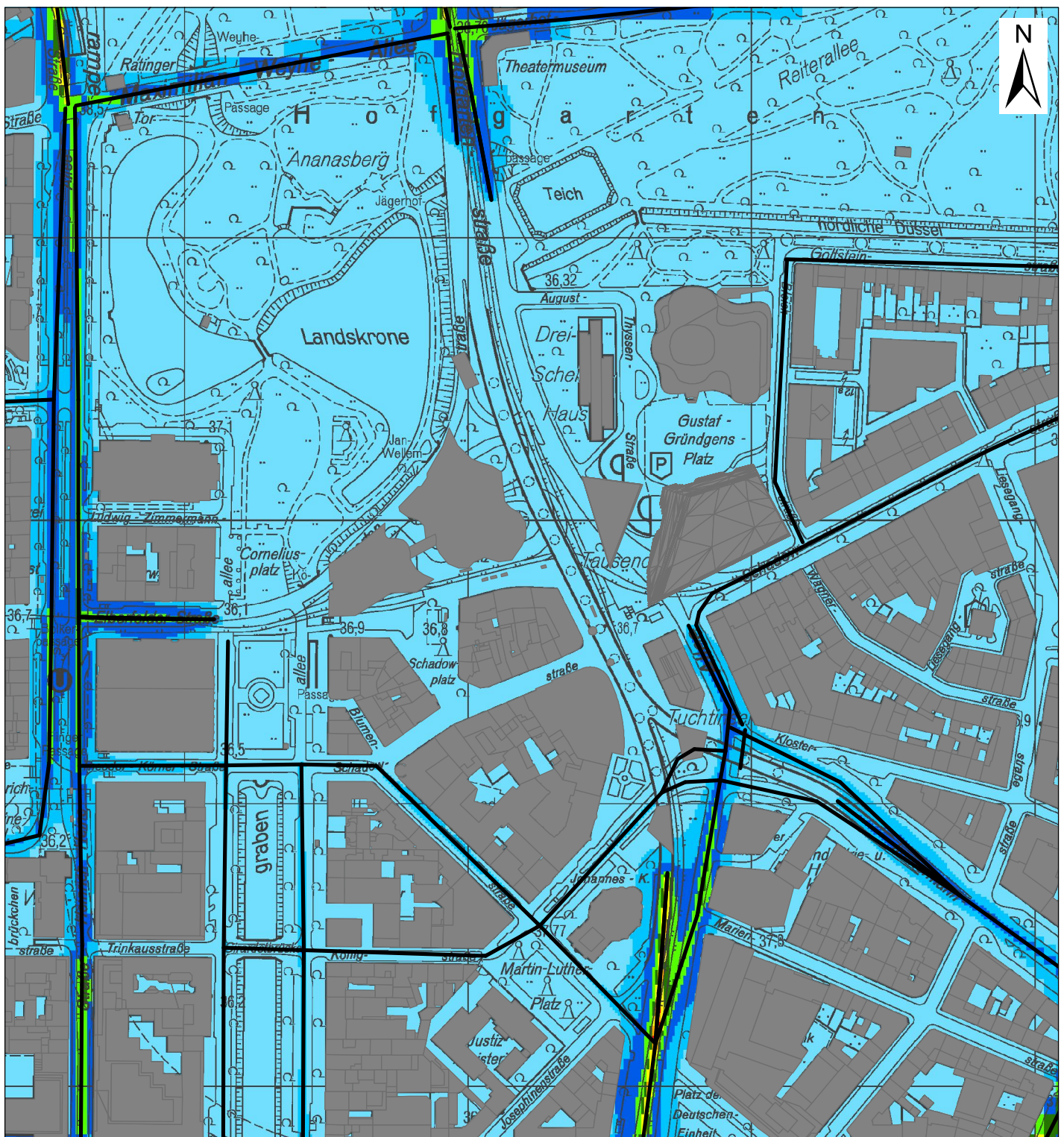
62871-14-01

PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Referenzfall 2017



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

0 100 200
Meter



PM10 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



0 100 200
Meter

Abb. 6.4

62871-14-01

PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Planfall 2017



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

Aktuelle Untersuchungen (De Leeuw et al., 2009; Bruckmann et al., 2009) leiten aus Auswertungen von Messdaten ein PM_{2.5} zu PM₁₀-Verhältnis zwischen 0.5 und 0.8 ab. Bruckmann et al. (2009) beziffern das Verhältnis zwischen 0.63 und 0.71. Dabei wird hier an Hintergrundstationen im Vergleich zu Stationen in Quellnähe (Verkehr und Industrie) ein höheres PM_{2.5}- zu PM₁₀-Verhältnis bestimmt.

Daraus lässt sich ableiten, dass unter Einbezug der o.g. PM_{2.5} zu PM₁₀-Verhältnisse bei einer Einhaltung des Schwellenwertes von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM₁₀-Kurzzeitbelastung auch der PM_{2.5}-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ eingehalten wird. Die oben beschriebenen Ergebnisse für die PM₁₀-Jahresmittelwerte mit weniger als 26 µg/m³ an der Bebauung liegen noch unterhalb dieses Schwellenwertes. Daher wird im Luftschadstoffgutachten auf eine explizite Betrachtung der Feinstaubfraktion PM_{2.5} verzichtet.

7 LITERATUR

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.
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.
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- BR Düsseldorf (2004): Luftreinhalteplan Düsseldorf – Südliche Innenstadt. Hrsg.: Bezirksregierung Düsseldorf, 11.10.2004.
- BR Düsseldorf (2005a): Aktionsplan Düsseldorf – Südliche Innenstadt. Hrsg.: Bezirksregierung Düsseldorf, 21.06.2005.
- BR Düsseldorf (2005b): Fortschreibung des Luftreinhalteplanes Düsseldorf – Südliche Innenstadt. Hrsg.: Bezirksregierung Düsseldorf, 21.10.2005.
- BR Düsseldorf (2012): Luftreinhalteplan Düsseldorf 2013. Hrsg.: Bezirksregierung Düsseldorf (www.brd.nrw.de).

- Bruckmann, P., Otto, R., Wurzler, S., Pfeffer, U., Doppelfeld, A., Beier, R. (2009): Welche Anforderungen stellen die neuen europäischen Regelungen zu den Feinstaubfraktion PM_{2.5} an den Immissionsschutz? In: Immissionsschutz 3/09.
- CORINAIR (2007): Automobile tyre and brake wear. Web-site supporting the development of chapter B770 (SNAP 0707) of the EMEP/Corinair Emission Inventory Guidebook. <http://vergina.eng.auth.gr/mech/lat/PM10/title.htm>
- De Leeuw, F., Horálek, J. (2009): Assessment of the health impacts of exposure to PM_{2.5} at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009/1. European Topic Centre on Air and Climate change, June 2009.
- Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Band 20, Heft 1 (2011), 67-73. <http://schweizerbart.de/papers/metz/detail/20/75684>
- 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., Ries, R., Beltz, N. (1995): Naturmessungen verkehrsbedingter Immissionen als Grundlage zur Validierung des mikroskaligen Ausbreitungsmodells MISKAM. VDI-Bericht Nr. 1228, S. 473-494.
- Eichhorn, J. (2003): Validierung von MISKAM 4.22. Institut für Physik der Atmosphäre, Johannes Gutenberg-Universität, Mainz.
- Eichhorn, J. (2004): Application of a new evaluation guideline for microscale flow models. Presented at „9th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes“, 1.-4. Juni 2004, Garmisch-Partenkirchen.

- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, 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., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., Baltensperger, U. (2003): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Abschlussbericht der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) und des Paul Scherrer Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.
www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1.
- Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994): Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: Staub - Reinhaltung der Luft 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.
- Ketzel, M., Berkowicz, R. and A. Lohmeyer (1999): Dispersion of traffic emissions in street canyons - Comparison of European numerical models with each other as well as with results from wind tunnel and field measurements. Contribution to Second International Conference on Urban Air Quality - Measurement, Modelling and Management, 3.-5. March 1999, Madrid.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Hg.: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.
- Lohmeyer (2011): Fachgutachten Lufthygiene (Luftschadstoffe) zum Bebauungsplan Nr. 5477/125 – Kö-Bogen 2. BA der Landeshauptstadt Düsseldorf. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Düsseldorf. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Projekt 61831-10-01, 2011.
- Lohmeyer (2007): Fachgutachten Lufthygiene (Luftschadstoffe/Feinstaub) zum Bebauungsplan Nr. 5477/123 der Landeshauptstadt Düsseldorf – Kö-Bogen (1. Bauabschnitt). Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Projekt 60734-06-01, 2007.
- 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.

- LUQS (2007-2015): Berichte über die Luftqualität in Nordrhein-Westfalen (LUQS) - Jahreskenngrößen und Jahresberichte der Messungen von Konzentrationen verschiedener Schadstoffe in der Luft. Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, www.lua.nrw.de
- RLuS (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, veröffentlicht 2013.
- 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).
- Schüßler-Plan (2015): Vergleichende Gegenüberstellung mit der Verkehrsprognose 2010. Kö-Bogen II. Gutachten der Schüßler-Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Köln im Auftrag der Development Partner AG, Düsseldorf.
- Stadt Düsseldorf (2007-2015): Luftmessberichte. Luftbelastung in Düsseldorf. Landeshauptstadt Düsseldorf.
- TREMOD (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2014): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.2 / Juli 2014. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.
- VDI (2005): 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, November 2005.

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

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

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

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 , 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 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 PM10-Fraktion über ein Kalenderjahr 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 ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	ab 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	seit 2005

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

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EG-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 ab 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 PM_{2.5}-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ aus, der ab dem Jahr 2015 ein Grenzwert wird.

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m³ 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_{2.5}-Richtgrenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 wird dieser Richtgrenzwert von der EU-Kommission anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten überprüft.

A N H A N G A2

FEHLERDISKUSSION

A2 FEHLERDISKUSSION

A2.1 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%.

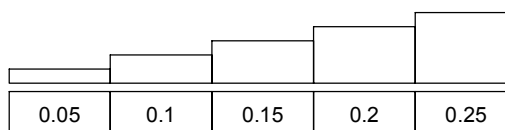
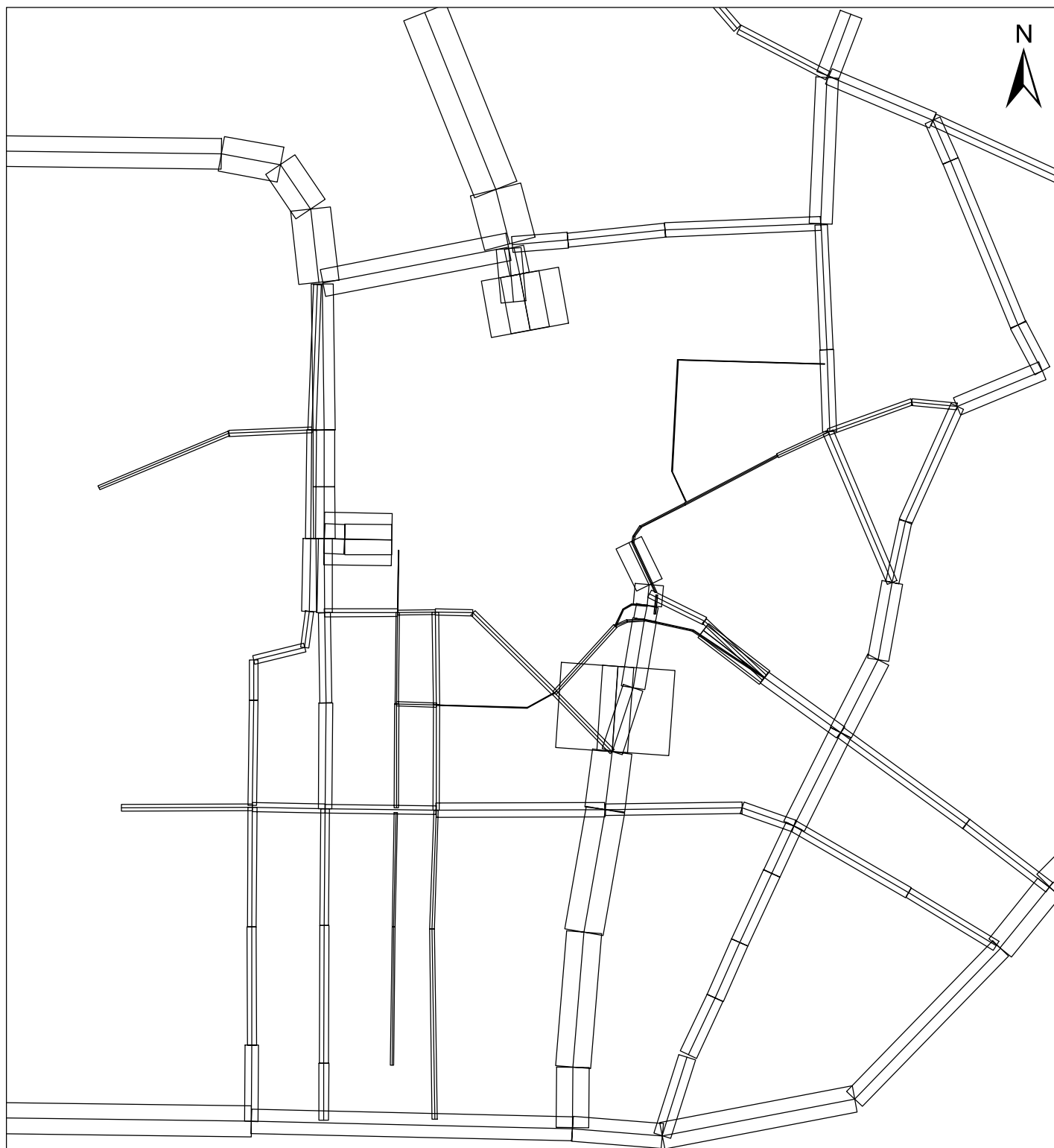
Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein leicht erhöhter Schätzwert von ca. 20% angenommen.

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

Die Güte von Ausbreitungsmodellierungen war Gegenstand weiterer PEF-Projekte (Röckle & Richter, 1995 und Schädler et al., 1996). Schädler et al. führten einen ausführlichen Vergleich zwischen gemessenen Konzentrationskenngrößen in der Göttinger Straße, Hannover, und MISKAM-Rechnenergebnissen 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
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE



Emission in [mg/(m s)]

Abb. A3.1

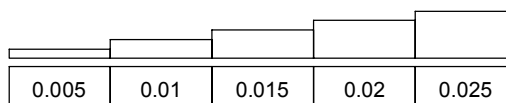
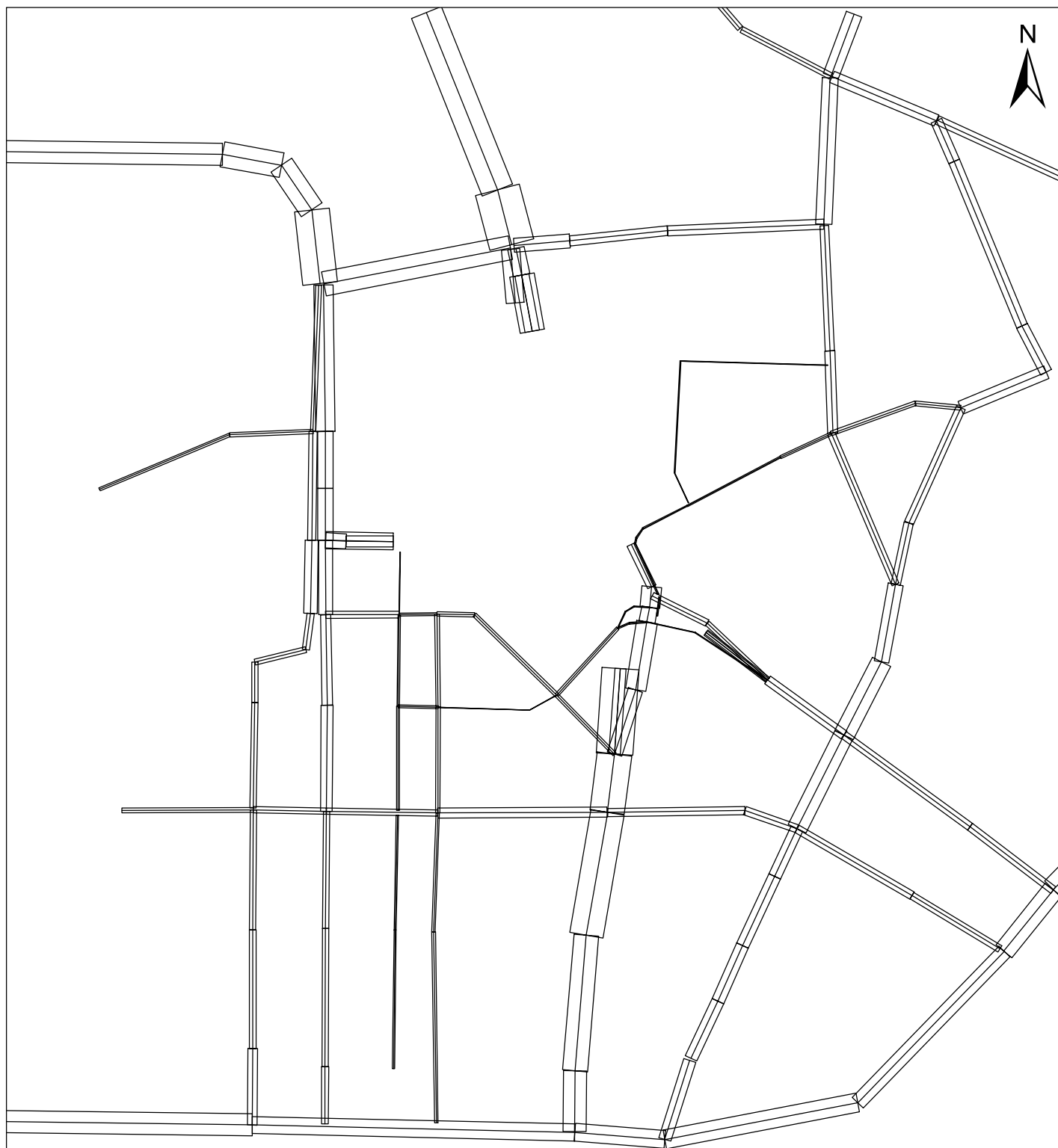
62871-14-01

Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall 2017



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

0 100 200
Meter



Emission in [mg/(m s)]

Abb. A3.2

62871-14-01

Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall 2017



Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG

0 100 200
Meter