



**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](mailto:info.ka@lohmeyer.de)

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

**Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG**

**FACHGUTACHTEN LUFTHYGIENE  
(LUFTSCHADSTOFFE) ZUM BEBAU-  
UNGSPLAN NR. 5477/125 - KÖ-BOGEN  
2. BA DER LANDESHAUPTSTADT  
DÜSSELDORF**

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dipl.-Met. K. Lehner

Dr.-Ing. W. Bächlin

April 2011  
Projekt 61831-10-01  
Berichtsumfang 76 Seiten

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN</b> .....	<b>1</b>
<b>1 ZUSAMMENFASSUNG</b> .....	<b>3</b>
<b>2 AUFGABENSTELLUNG</b> .....	<b>6</b>
<b>3 VORGEHENSWEISE</b> .....	<b>8</b>
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungswerte .....	8
3.2 Berechnungsverfahren .....	9
3.3 Überschreitungshäufigkeit der PM10-Tagesmittelwerte .....	11
<b>4 EINGANGSDATEN</b> .....	<b>14</b>
4.1 Verkehrsdaten .....	17
4.2 Meteorologische Daten .....	17
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung .....	22
<b>5 EMISSIONEN</b> .....	<b>28</b>
5.1 Betrachtete Schadstoffe .....	28
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	28
5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren .....	28
5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren .....	30
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes .....	32
<b>6 ERGEBNISSE</b> .....	<b>34</b>
6.1 Stickstoffdioxidimmissionen .....	34
6.2 Feinstaubimmissionen (PM10) .....	41
6.3 Feinstaubimmissionen (PM2.5) .....	46
<b>7 LITERATUR</b> .....	<b>53</b>

<b>A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN.....</b>	<b>58</b>
<b>A2 FEHLERDISKUSSION .....</b>	<b>62</b>
<b>A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE .....</b>	<b>65</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 / 98-Perzentilwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)**

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

tagsüber sehr hohe und nachts sehr niedrige Konzentration. Der Gesetzgeber hat deshalb zusätzlich zum Jahresmittelwert z.B. den so genannten 98-Perzentilwert (oder 98-Prozent-Wert) der Konzentrationen eingeführt. Das ist derjenige Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung weiterer Kurzzeitwerte 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 98-Perzentil- bzw. Jahresmittelwerte. Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

### **Verkehrssituation**

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

### **Feinstaub / PM10 / PM2.5**

Mit Feinstaub 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

Im Rahmen der Planungen des Bebauungsplans Kö-Bogen 2. BA in Düsseldorf werden hiermit aktualisierte Immissionsberechnungen vorgelegt. Das geplante Gebiet liegt zentral in der Landeshauptstadt Düsseldorf am nördlichen Ende der Königsallee. Für den Bebauungsplan Kö-Bogen 1. BA wurde im Jahr 2007 ein Luftschadstoffgutachten erstellt. Diese Ausarbeitungen waren mit aktuellen Planungen und Verkehrsdaten zu aktualisieren.

Bestandteil der Planungen ist die Errichtung von Tunnelbauwerken, die zukünftig zu einem großen Teil den heutigen oberirdischen Straßenverkehr aufnehmen sollen. Im Zuge des 1. Bauabschnitts sollen die Straßenverbindungen in Nord-West-Richtung (Hofgartenstraße / Elberfelder Straße), in Süd-Nord-Richtung (Berliner Allee / Hofgartenstraße) und in Süd-West-Richtung (Berliner Allee / Elberfelder Straße) im Abschnitt zwischen Immermannstraße und Maximilian-Weyhe-Allee in Tunnel verlegt werden. Dazu werden der so genannte Süd-Nord-Tunnel und der so genannte Süd-West-Tunnel gebaut. Vom Süd-Nord-Tunnel wird eine Tunnelröhre in westlicher Richtung (Elberfelder Straße) zum Süd-West-Tunnel abzweigen. Im 1. Bauabschnitt wird für die Verkehre aus nördlicher Richtung ein provisorisches Rampenbauwerk zur Anbindung an den Süd-West-Tunnel errichtet.

Im 2. Bauabschnitt der Tunnelbaumaßnahmen soll der Bau des Nord-Süd-Tunnels mit dem Nord-West-Tunnel als Abzweig zum Süd-West-Tunnel umgesetzt werden. Damit wird das Gesamt-Verkehrskonzept vervollständigt. Die Rampenbauwerke sind in der Hofgartenstraße (südlich des Theatermuseums) sowie in der Berliner Allee (Höhe Johanneskirche) und der Immermannstraße geplant.

Betrachtet werden die verkehrsbedingten Immissionen durch den Straßenverkehr und eine maximal mögliche Bebauung innerhalb der Baufelder des Bebauungsplangebietes im Prognosejahr 2015 für den 2. Bauabschnitt in zwei Alternativen (Alternative 1 und 2). Ergänzend wird der Planzustand mit dem Bauabschnitt 1 aufgezeigt. Zusätzlich wird der Nullfall im Prognosejahr 2015 betrachtet, um die Änderungen der lufthygienischen Situation aufzuzeigen. Betrachtet werden die in der 39. BImSchV genannten verkehrsrelevanten Schadstoffe  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$ .

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 2015 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. Die Unterschiede zwischen den Planvarianten führen nicht zu Änderungen der Beurteilungen. Entsprechend den Berechnungsergebnissen sind an der Randbebauung vereinzelt Überschreitungen des Beurteilungswertes für  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte gegeben. Die Grenzwerte für die  $\text{PM}_{10}$ -Jahresmittelwerte,  $\text{PM}_{10}$ -Kurzzeitbelastungswerte (Überschreitungshäufigkeit) und die  $\text{PM}_{2.5}$ -Jahresmittelwerte werden an der Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten.

Im Prognosenullfall werden nur an der Bebauung an der Kreuzung Hofgarten / Jägerhofstraße  $\text{NO}_2$ -Immissionen bis  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Sonst sind innerhalb des Bebauungsplangebietes und des Betrachtungsgebietes an der Bebauung  $\text{NO}_2$ -Immissionen unter  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der Randbebauung der Berliner Allee sind in mehreren Abschnitten  $\text{NO}_2$ -Immissionen bis  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ausgewiesen, wie z.B. in dem Abschnitt der Berliner Allee direkt nördlich der Steinstraße und nördlich der Immermannstraße. Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Prognosenullfall an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen überwiegend nicht überschritten. Die  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung im Betrachtungsgebiet im Prognosenullfall als erhöht bis hoch zu bezeichnen; am Hofgarten sind an einem Nutzgebäude Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.

Im Planfall mit Bauabschnitt 1 (BA1) werden an der Bebauung am nördlichen Tunnelportal  $\text{NO}_2$ -Immissionen bis  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , am westlichen Portal in der Elberfelder Straße  $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , an der Randbebauung der Berliner Allee bis  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und an weiterer Bebauung innerhalb des Bebauungsplangebietes und des Betrachtungsgebietes unter  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der geltende Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Planfall BA1 an der Randbebauung des westlichen und nördlichen Tunnelportals überschritten; an weiteren Abschnitten der Hauptverkehrsstraßen wird er nicht überschritten. Die  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung im Betrachtungsgebiet im Planfall BA1 als erhöht bis hoch zu bezeichnen; am

westlichen und nördlichen Tunnelausgang sind Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.

Bei den Planalternativen mit dem 2. Bauabschnitt wird der Kfz-Verkehr der bisherigen Hofgartenstraße und Berliner Allee überwiegend in Tunnellagen geführt, sodass dort ebenerdig geringe verkehrsbedingte Schadstoffbeiträge auftreten. An den Tunnelportalen und in deren Zufahrtsbereichen werden die NO<sub>2</sub>-Immissionen durch den Kfz-Verkehr geprägt. Am nördlichen und westlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 46 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Entlang der Immermannstraße sind gegenüber dem Prognosenullfall höhere NO<sub>2</sub>-Immissionen berechnet, die an der Randbebauung nicht über 38 µg/m<sup>3</sup> liegen. Entlang der Berliner Allee zwischen Steinstraße und Immermannstraße sind gegenüber dem Prognosenullfall höhere NO<sub>2</sub>-Immissionen prognostiziert, die an der Randbebauung teilweise gering über 40 µg/m<sup>3</sup> betragen. Das betrifft vor allem die geplante Bebauung entlang der Berliner Allee mit NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 42 µg/m<sup>3</sup>. An den bestehenden Gebäuden an der Westseite der Berliner Allee wie auch an der Johanneskirche werden NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 42 µg/m<sup>3</sup> erwartet.

Der geltende Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird in den Planalternativen mit dem Bauabschnitt 2 an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen überwiegend nicht überschritten, in der Umgebung des nördlichen, westlichen und südlichen Tunnelportals sind Überschreitungen prognostiziert. Dort sollte eine Belüftung der angrenzenden Räume über die zur Berliner Allee bzw. Hofgartenstraße orientierten Gebäudeseite vermieden werden. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung im Betrachtungsgebiet in den Planalternativen mit dem Bauabschnitt 2 als erhöht bis hoch zu bezeichnen; am nördlichen, westlichen und südlichen Tunnelausgang sind an der Randbebauung Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.

Im Prognosenullfall und für die Planfälle sind an der Bebauung entlang den Hauptverkehrsstraßen entsprechend den Berechnungen keine Überschreitungen des Grenzwertes für die PM10-Kurzzeitbelastung abzuleiten.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass im innerstädtischen Bereich von Düsseldorf und an den Hauptverkehrsstraßen deutliche Luftschadstoffbelastungen vorherrschen; die geplante Straßenführung in Tunnelstrecken führt über den Tunnelabschnitten zu deutlichen Verringerungen der Immissionen, in den Bereichen der geplanten Tunnelportale sind an der nächstgelegenen Bebauung Konflikte mit dem Grenzwert für NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte nicht auszuschließen. Diese Belange sind im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

Im Rahmen der Planungen des Bebauungsplans Kö-Bogen 2. BA in Düsseldorf sind aktualisierte Immissionsberechnungen durchzuführen. Für den Bebauungsplan Kö-Bogen 1. BA wurde das „Fachgutachten Lufthygiene (Luftschadstoffe/Feinstaub) zum Bebauungsplan Nr. 5477/123 der Landeshauptstadt Düsseldorf - Kö-Bogen (1. Bauabschnitt) Verkehrslösung gem. Ratsbeschluss vom 13.12.2007“ (Lohmeyer, 2007) vorgelegt. Diese Ausarbeitungen sind mit aktuellen Planungen und Verkehrsdaten zu aktualisieren. Damit sind Aussagen über die Auswirkungen der durch die Nutzungsänderungen beeinflussten Verkehrsmengen auf den umliegenden Straßen und der geplanten Bebauung auf die Luftschadstoffbelastung benachbarter Anwohner erforderlich. Das geplante Gebiet liegt zentral in der Landeshauptstadt Düsseldorf am nördlichen Ende der Königsallee.

Bestandteil der Planungen ist die Errichtung von Tunnelbauwerken, die zukünftig zu einem großen Teil den heutigen oberirdischen Straßenverkehr aufnehmen sollen. Im Zuge des 1. Bauabschnitts sollen die Straßenverbindungen in Nord-West-Richtung (Hofgartenstraße / Elberfelder Straße), in Süd-Nord-Richtung (Berliner Allee / Hofgartenstraße) und in Süd-West-Richtung (Berliner Allee / Elberfelder Straße) im Abschnitt zwischen Immermannstraße und Maximilian-Weyhe-Allee in Tunnel verlegt werden. Dazu werden der so genannte Süd-Nord-Tunnel und der so genannte Süd-West-Tunnel gebaut. Vom Süd-Nord-Tunnel wird eine Tunnelröhre in westlicher Richtung (Elberfelder Straße) zum Süd-West-Tunnel abzweigen. Im 1. Bauabschnitt wird für die Verkehre aus nördlicher Richtung ein provisorisches Rampenbauwerk zur Anbindung an den Süd-West-Tunnel errichtet.

Im 2. Bauabschnitt der Tunnelbaumaßnahmen soll der Bau des Nord-Süd-Tunnels mit dem Nord-West-Tunnel als Abzweig zum Süd-West-Tunnel umgesetzt werden. Damit wird das Gesamt-Verkehrskonzept vervollständigt. Die Rampenbauwerke sind in der Hofgartenstraße (südlich des Theaternuseums) sowie in der Berliner Allee (Höhe Johanneskirche) und der Immermannstraße geplant.

Die zu betrachtenden Varianten sind in Kap. 4.1 aufgeführt. Zum Vergleich ist als Referenzzustand der Nullfall ohne Tunnelstrecken zu betrachten.

Das lufthygienische Gutachten soll die durch den Straßenverkehr und eine maximal mögliche Bebauung innerhalb der Baufelder des Bebauungsplangebietes beeinflussten Schadstoffimmissionen im Prognosejahr 2015 für den 2. Bauabschnitt in zwei Alternativen be-

schreiben. Zusätzlich ist der Nullfall im Prognosejahr 2015 als Referenzzustand sowie der erste Bauabschnitt zu betrachten, um die Änderungen der lufthygienischen Situation aufzuzeigen. Es ist die zu erwartende Luftschadstoffbelastung im Plangebiet und an der Wohnbebauung in dessen unmittelbarer Umgebung zu ermitteln und zu beurteilen. Zu betrachten sind die in der 39. BImSchV genannten verkehrsrelevanten Schadstoffe  $\text{NO}_2$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$ . Die Beurteilung soll im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV und im relativen Vergleich zum Nullfall 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 NO<sub>2</sub> und PM10 von der 22. BImSchV aktuell in die 39. BImSchV überführt wurde.

Die Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgt aufgrund der Lage im städtischen 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 / PM2.5. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Blei, Schwefeldioxid SO<sub>2</sub>, Benzol 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 <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 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 fordert 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/software](http://www.lohmeyer.de/software)). 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 mal 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 ist 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 2.9.7 vom 11.01.2011 ([www.lohmeyer.de/software](http://www.lohmeyer.de/software)) und dem Modell MISKAM Version 5.02 vom 07.03.2007. 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 2015 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 3.1 (UBA, 2010) für das Jahr 2010 bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM10 und PM2.5) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA 3.1 nicht behandelt. Die Feinstaub-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse aktueller Forschungsarbeiten (BASt, 2005, CORINAIR, 2007). 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 Immissionskenngrößen 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 NO<sub>2</sub> wird über eine empirische Konversionsformel berücksichtigt (Romberg et al. 1996), modifiziert für hohe Werte nach Bächlin et al. (2007).

### 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/m<sup>3</sup> 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/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 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  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .“*

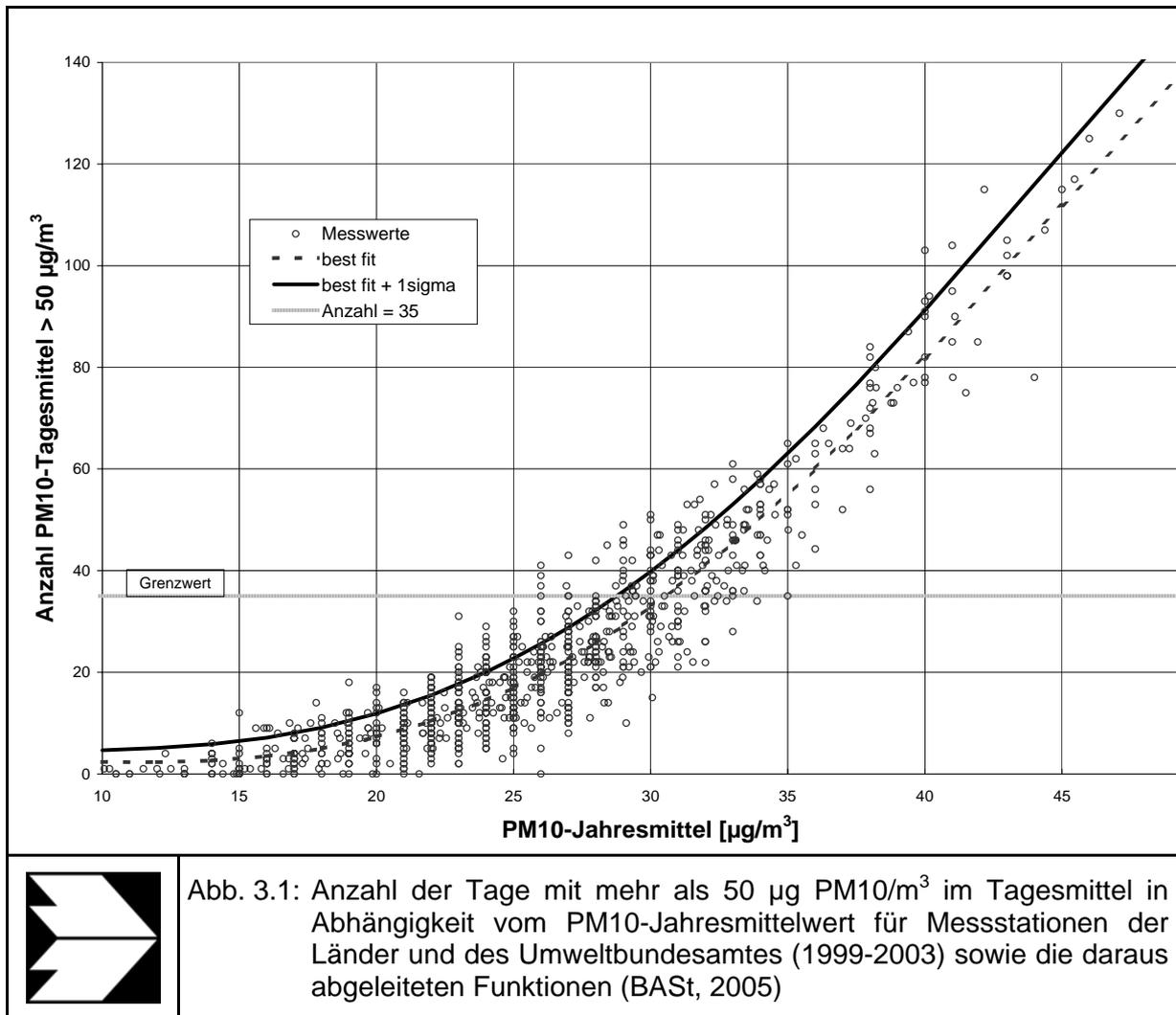


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BAST, 2005)

## 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 Verkehrsdaten und Lagedaten zu betrachten:

Prognosenullfall: Der Prognose-Nullfall 1. und 2. BA entspricht dem oben beschriebenen Bestand,

Planfall BA1: Der Planfall 1. BA entspricht der Realisierung des rechtskräftigen Bebauungsplanes Nr. 5477/123 - Kö-Bogen 1. BA -, d.h. es wurden bereits die Tunnel von der Berliner Allee in Fahrtrichtung Norden zur Hofgartenstraße und der Abzweig nach Westen zur Elberfelder Straße sowie der Tunnel in Fahrtrichtung Süden von der Hofgartenstraße (provisorische Einfahrt) nach Westen zur Elberfelder Straße führend gebaut. Außerdem wurden die Baukörper des sog. „Libeskind-Gebäudes“ auf dem Jan-Wellem-Platz errichtet.

Gesondert betrachtet wurde die provisorische - gegenüber dem Nullfall verlegte - Führung der Straßenbahngleise in Ost-West-Richtung im Bereich Jan-Wellem-Platz und Elberfelder Straße, so lange die U-Bahn-Strecke „Wehrhahnlinie“ noch nicht in Betrieb gegangen ist,

Planfall BA 2, Alternative 1 (BA 2.1): 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 „Dreischeibenhaus“/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 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. Die beiden Tiefgaragen von „Dreischeibenhaus“ und Schauspielhaus sowie die neu geplanten Tiefgaragen unter den Teilbereichen MK 1-4 werden in dieser Variante nicht an die beiden Tunnelröhren angebunden. Der gesamte Zu- und Abfahrtverkehr dieser Tiefgaragen wird stattdessen über die Bleichstraße/Goltsteinstraße bzw. Schadowstraße geführt.

Planfall BA2, Alternative 2 (BA 2.2): Wie Planfall BA2. Alternative 1 aber: In dem angestrebten Endzustand Alternative 2 ist eine unterirdische Anbindung aller Tiefgaragen im Bereich des Gustaf-Gründgens-Platzes an die beiden Tunnelröhren vorgesehen.

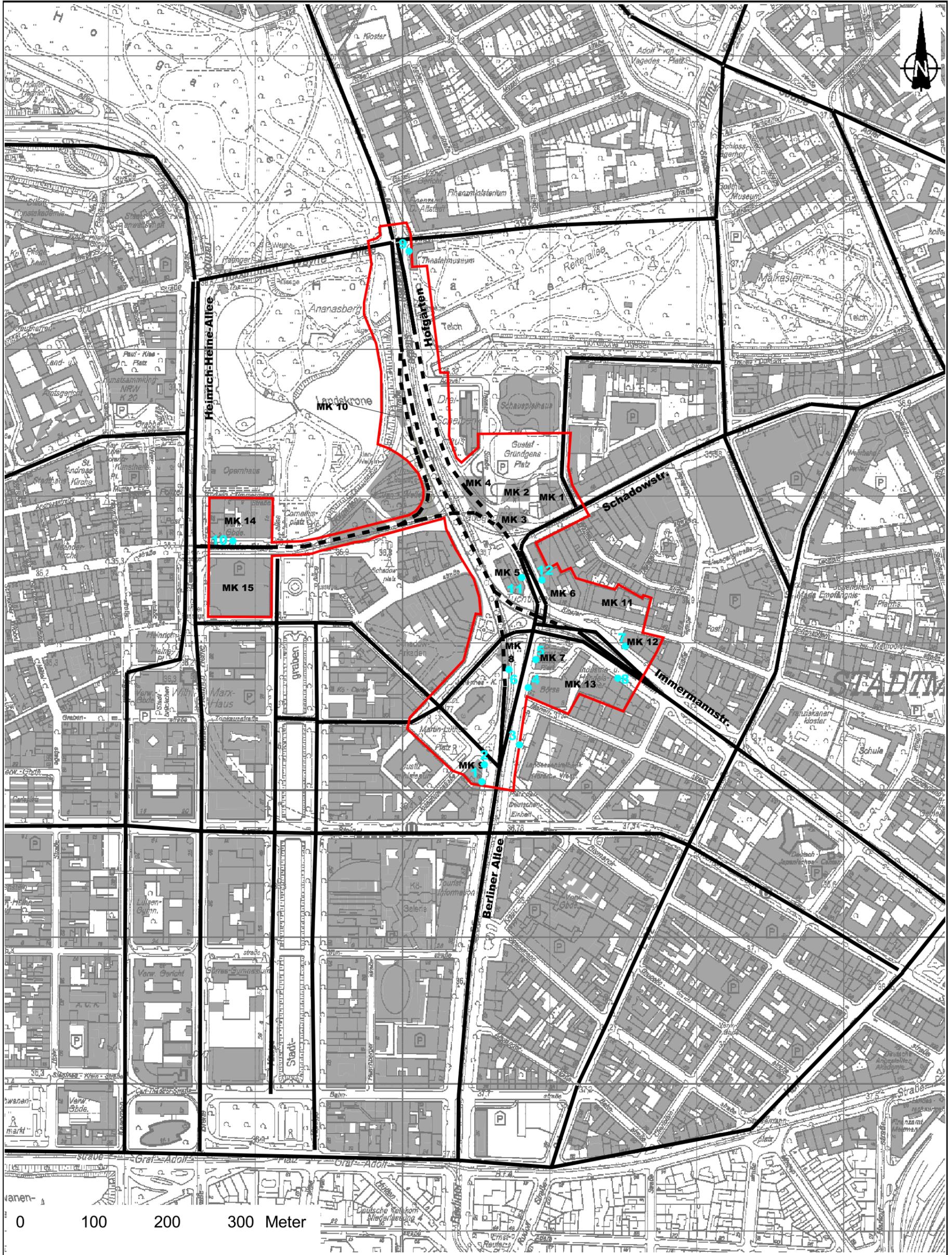


Abb. 4.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes. Die Tunnelstrecken sind gestrichelt und die Abgrenzung des Bebauungsplangebietes ist rot eingezeichnet

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 durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. 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 in **Abb. 4.2** bis **Abb. 4.5** 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.

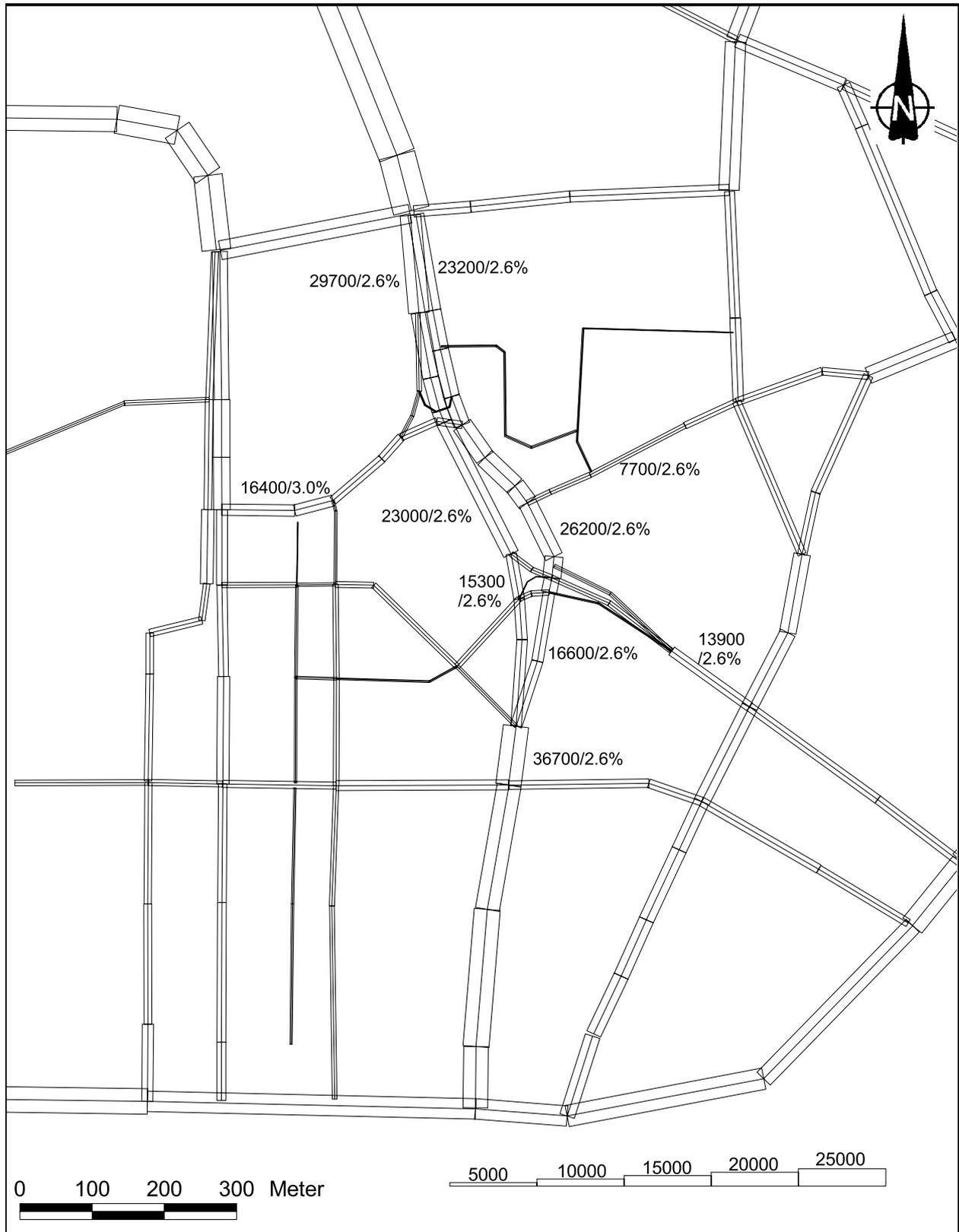


Abb. 4.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Nullfall.

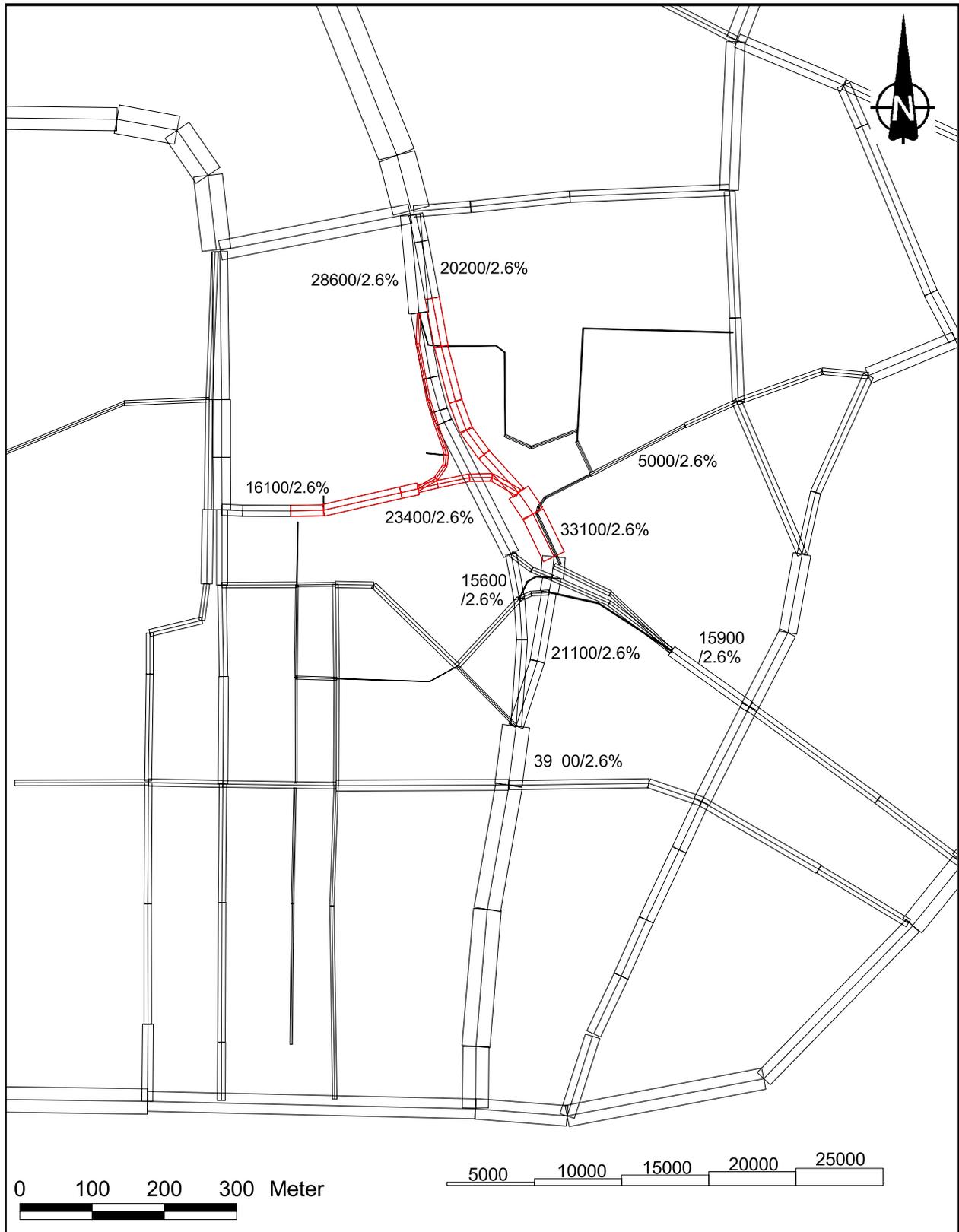


Abb. 4.3: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall BA1.  
Die Tunnelstrecken sind rot eingezeichnet

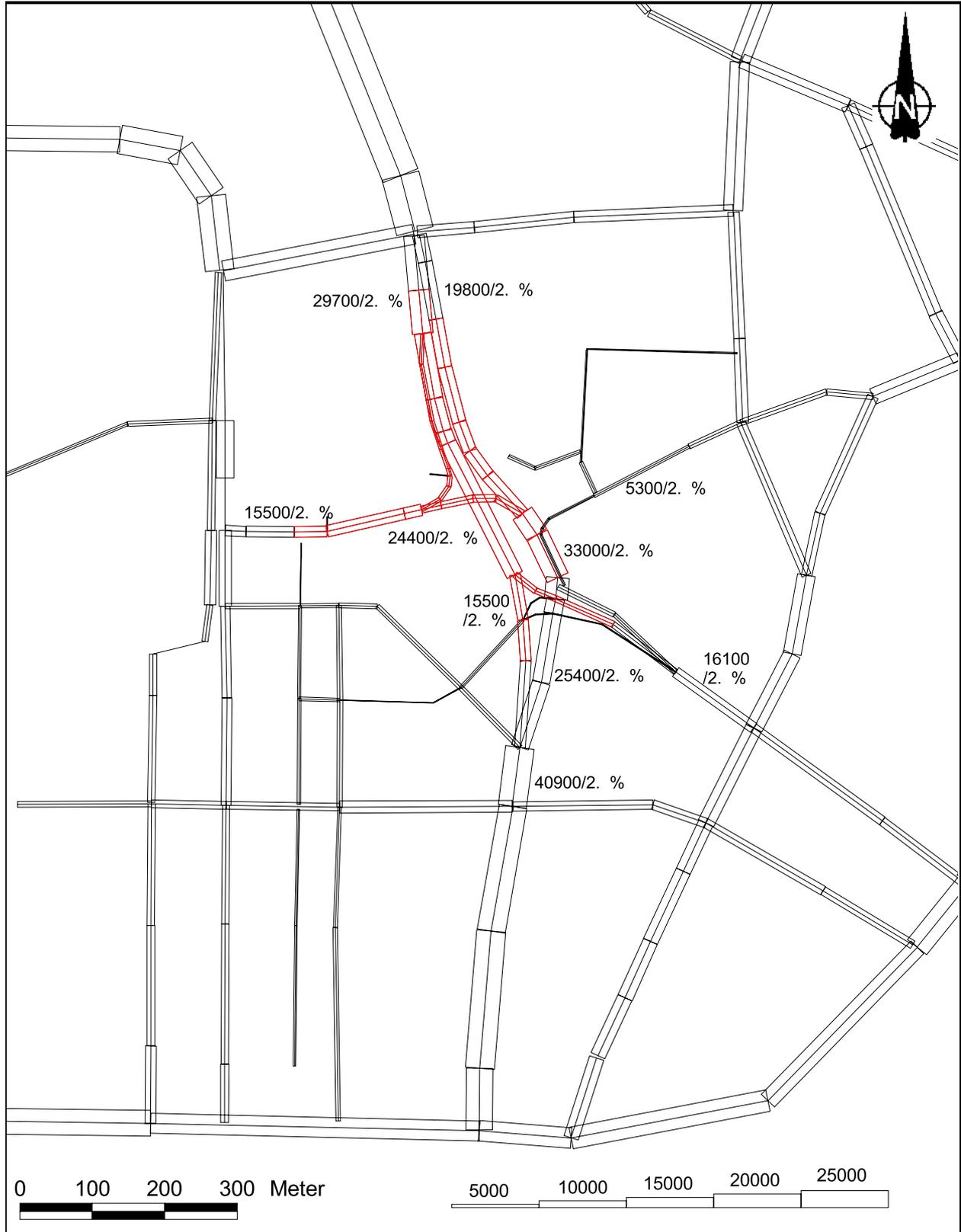


Abb. 4.4: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall BA2 Alternative 1. Die Tunnelstrecken sind rot eingezeichnet

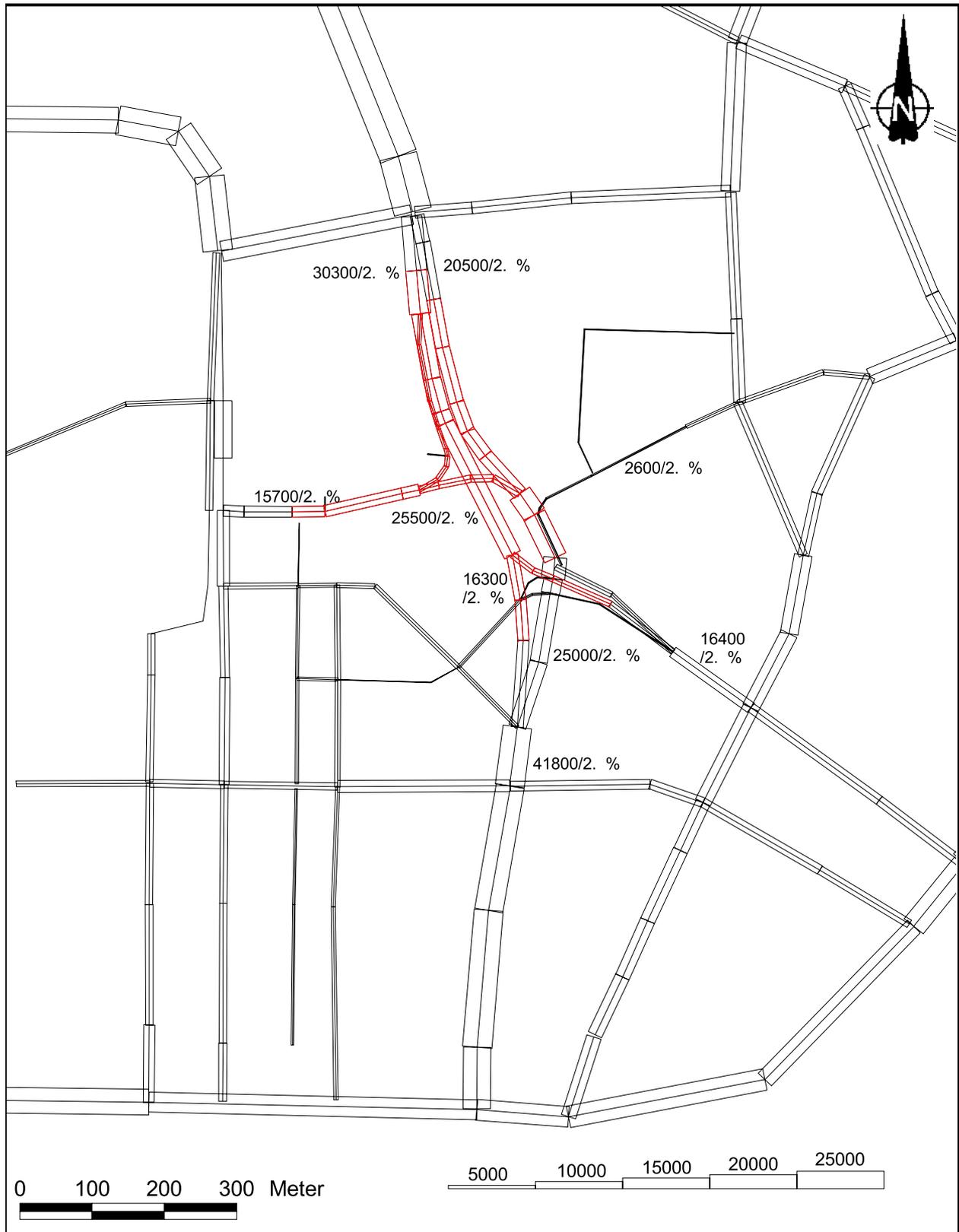


Abb. 4.5: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall BA2 Alternative 2. Die Tunnelstrecken sind rot eingezeichnet

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. 4.6** 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.

### 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 NO<sub>2</sub> und Feinstaub (PM<sub>10</sub>) von Standorten in Düsseldorf und Umgebung sind in der **Tab. 4.1** aufgeführt (LUQS, 2004 bis 2011). 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 NO<sub>2</sub>-Immissionen erfasst.

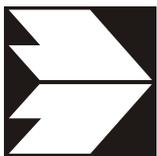
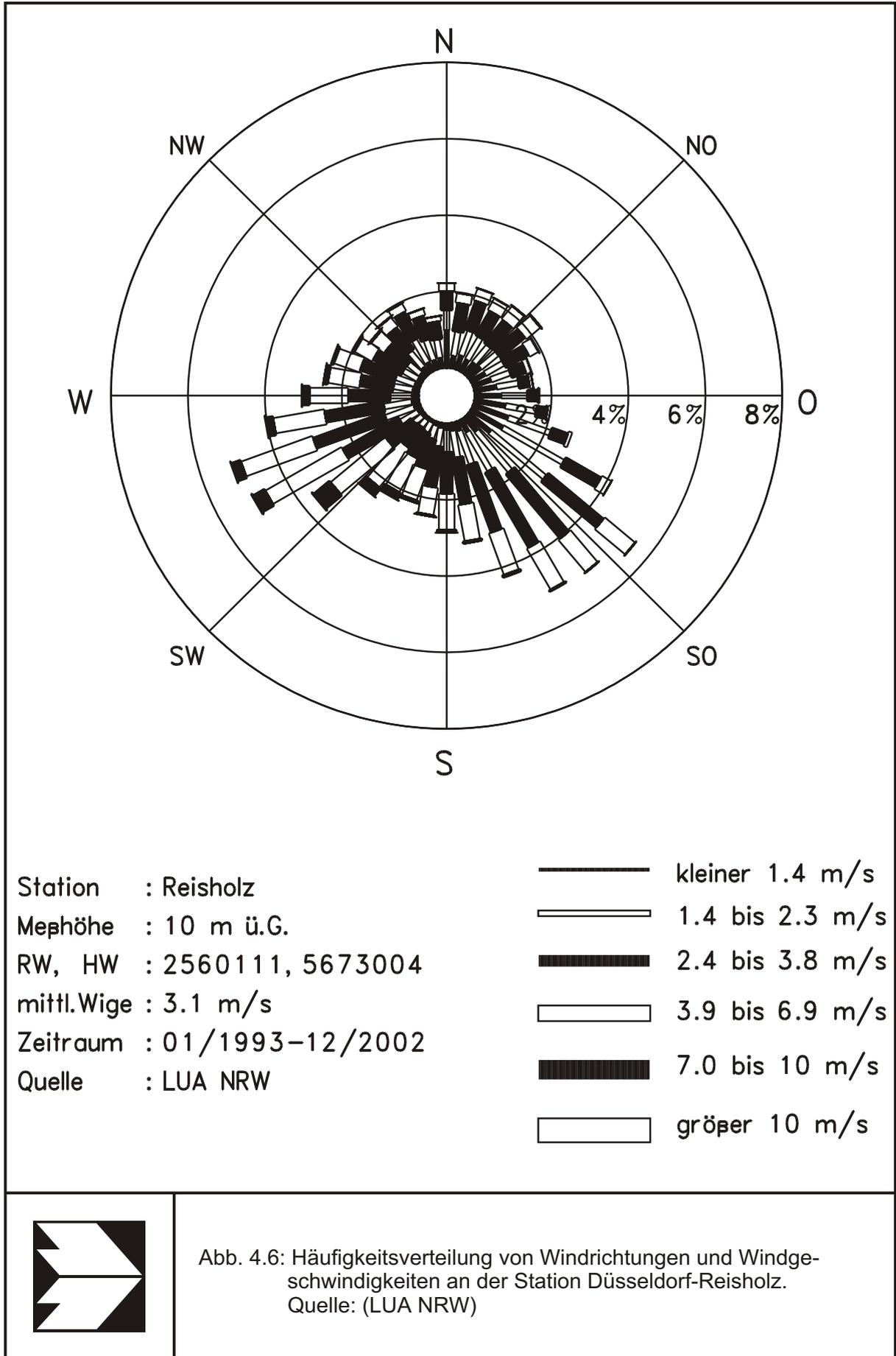


Abb. 4.6: Häufigkeitsverteilung von Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten an der Station Düsseldorf-Reisholz.  
 Quelle: (LUA NRW)

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Düsseldorf-Corne-liusstr.	Düsseldorf-Mörsenbroich	Düsseldorf-Lörick	Düsseldorf-Reisholz	Krefeld-Linn	Ratingen-Tiefenbroich	Düsseldorf-Bilk
NO <sub>2</sub> -Jahresmittel	2003	62	57	34	44	-	34	-
	2004	68	53	32	39	-	32	-
	2005	70	52	29	38	-	31	-
	2006	71	52	28	-	-	32	-
	2007	71	54	27	-	-	32	56
	2008	74	-	30	-	-	32	55
	2009	70	-	31	-	-	33	62
	2010	67	-	30	-	-	31	65
PM10-Jahresmittel	2003	45	31	26	30	28		-
	2004	41	29	22	26	24	22	-
	2005	38	29	22	26	24	21	-
	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	-
PM10-Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m <sup>3</sup> )	2003	108	29	23	31	31		-
	2004	83	31	8	21	12	11	-
	2005	69	22	6	22	10	6	-
	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	-
PM2.5-Jahresmittel	2008	23	-	-	-	-	-	-
	2009	22	-	17	-	-	-	-
	2010	23	-	18	-	-	-	-

Tab. 4.1: Messwerte an den Stationen in der Umgebung des Plangebietes (LUQS 2004 bis 2011). - = keine Angabe.

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, 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.

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Ludenberger Straße	Dorotheenstraße	Brinckmannstraße	Aaper Wald
NO <sub>2</sub> - Jahresmittel	2003	58	53	-	29
	2004	54	47	-	24
	2005	58	50	-	21
	2006	57	50	-	28
	2007	56	51	-	24
	2008	59	53	34	26
	2009	60	53	34	22
PM10 Jahresmittel	2003	-	-	-	-
	2004	34	29	-	21
	2005	35	30	-	21
	2006	39	35	-	26
	2007	35	32	26	24
	2008	34	31	23	21
	2009	35	32	25	23
PM10 Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m <sup>3</sup> )	2003	-	-	-	-
	2004	59	29	-	7
	2005	54	35	-	8
	2006	69	48	-	19
	2007	65	42	32	20
	2008	43	32	10	6
	2009	40	38	12	8
	2010	43	31	10	8

Tab. 4.2: Messwerte an den Stationen der Stadt Düsseldorf (Stadt Düsseldorf 2004 bis 2011). - = keine Angabe. Werte für 2010 sind vorläufig.

In Düsseldorf und in NRW wurde in den genannten letzten Jahren an keiner Messstation ein NO<sub>2</sub>-Stundenwert von 200 µg/m<sup>3</sup> mehr als 18 mal pro Jahr erfasst.

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.

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.

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. Diese stimmen gut mit den für das Rhein-Ruhr-Gebiet als Mittel angegebenen Schadstoffbelastungen überein (LUQS, 2004-2011).

Im Rahmen des Luftreinhalte- bzw. Aktionsplans (LRP) für die südliche Innenstadt von Düsseldorf, ausgelöst durch die hohen Messwerte an der LUQS-Station D-Corneliusstraße, wurden ebenfalls die Hintergrundbelastungen für die NO<sub>2</sub>- und PM10-Immissionen für die Innenstadt von Düsseldorf abgeschätzt (BR Düsseldorf, 2004, 2005a und 2005b). Das Plangebiet des LRP liegt unmittelbar südlich des Untersuchungsgebietes. Der lokale Anteil des Straßenverkehrs an der Immissionssituation in der Corneliusstraße wurde mit MISKAM bestimmt. Die Modellierung entspricht also weitgehend der im vorliegenden Gutachten angewandten Vorgehensweise. Die in den o.g. LRP angegebenen Hintergrundbelastungen stimmen mit den hier angesetzten Werten der **Tab. 4.3** überein.

Schadstoff	Jahresmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]
NO <sub>2</sub>	30
PM10	22
PM2.5	17

Tab. 4.3: Schadstoffhintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2009/2015

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 zeigen Abschätzungen (MLuS 02, 2005) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen für PM10 um ca. 4% und NO<sub>2</sub> um ca. 5%. Diese Abschätzungen beziehen sich auf

das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktionen verzichtet.

Das Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW) hat das Institut für Geophysik und Meteorologie der Universität zu Köln beauftragt, mithilfe des EURAD-Systems die regionalen Hintergrundbelastungen in einem Raster von 25 x 25 km<sup>2</sup> für verschiedene Bezugsjahre zu berechnen. Das EURAD-Modell (EURAD: Europäisches Ausbreitungs- und Depositionsmodell) beschreibt die physikalischen, chemischen und dynamischen Prozesse, die für die Emission, die chemische Produktion, den Transport und die Deposition atmosphärischer Spurenstoffe von Bedeutung sind. Als Ergebnis liefert das EURAD-System die Konzentrationen atmosphärischer Spurenstoffe in der Troposphäre über Europa. Die EURAD-Prognosen sind in dem o.g. LRP für die südliche Innenstadt von Düsseldorf für Prognosen verwendet worden. Der Vergleich der EURAD-Berechnungen aus dem Jahr 2004 für den LRP Düsseldorf weist Minderungen um 22% bei NO<sub>2</sub>- und um 14% bei PM10-Immissionen für das Jahr 2005 und das Jahr 2010 aus. Diese Minderungen werden als zu optimistisch eingeschätzt. Aktuellere EURAD-Berechnungen sind im Entwurf des LRP Köln vom 28.08.2006 zu finden. Demnach sinkt die regionale Hintergrundbelastung des NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwertes um 2 µg/m<sup>3</sup> von 19 µg/m<sup>3</sup> auf 17 µg/m<sup>3</sup> und des PM10-Jahresmittelwertes ebenfalls um 2 µg/m<sup>3</sup> von 21 µg/m<sup>3</sup> auf 19 µg/m<sup>3</sup>.

Für die Prognose der Immissionen im Jahr 2015 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 NO<sub>2</sub> und PM<sub>10</sub> erreicht, deshalb werden diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet. Zudem werden die PM<sub>2.5</sub>-Immissionen berechnet.

### 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 (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>) 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 3.1 (UBA, 2010) 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 dem HBEFA (UBA, 2010) 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; Israel 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 3.1 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] 2015							
Verkehrssituation	Geschwindigkeit (PKW)	NO <sub>x</sub>		PM10 / PM2.5 (nur Abgase)		PM 10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50	45.1	0.286	3.456	0.0076	0.03283	0.04	0.38	0.0266	0.1273
IOS-HVS50+6	45.1	0.659	5.546	0.0132	0.06765	0.04	0.38	0.0326	0.1722
IOS-HVS50d	37.1	0.373	4.312	0.0088	0.04852	0.05	0.45	0.0281	0.1452
IOS-HVS50d+6	37.1	0.743	5.799	0.0139	0.08426	0.05	0.45	0.0340	0.1911
TIOS-HVS50	45.1	0.286	3.456	0.0076	0.03283	0.01	0.20	0.0266	0.1273

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015

### 5.2.2 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 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 (2004) verwendet.

Die nicht motorbedingten PM2.5-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 in verschiedene Straßentypen (z.B. Bundesautobahn oder innerorts) 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 PM2.5 nicht mit berücksichtigt.

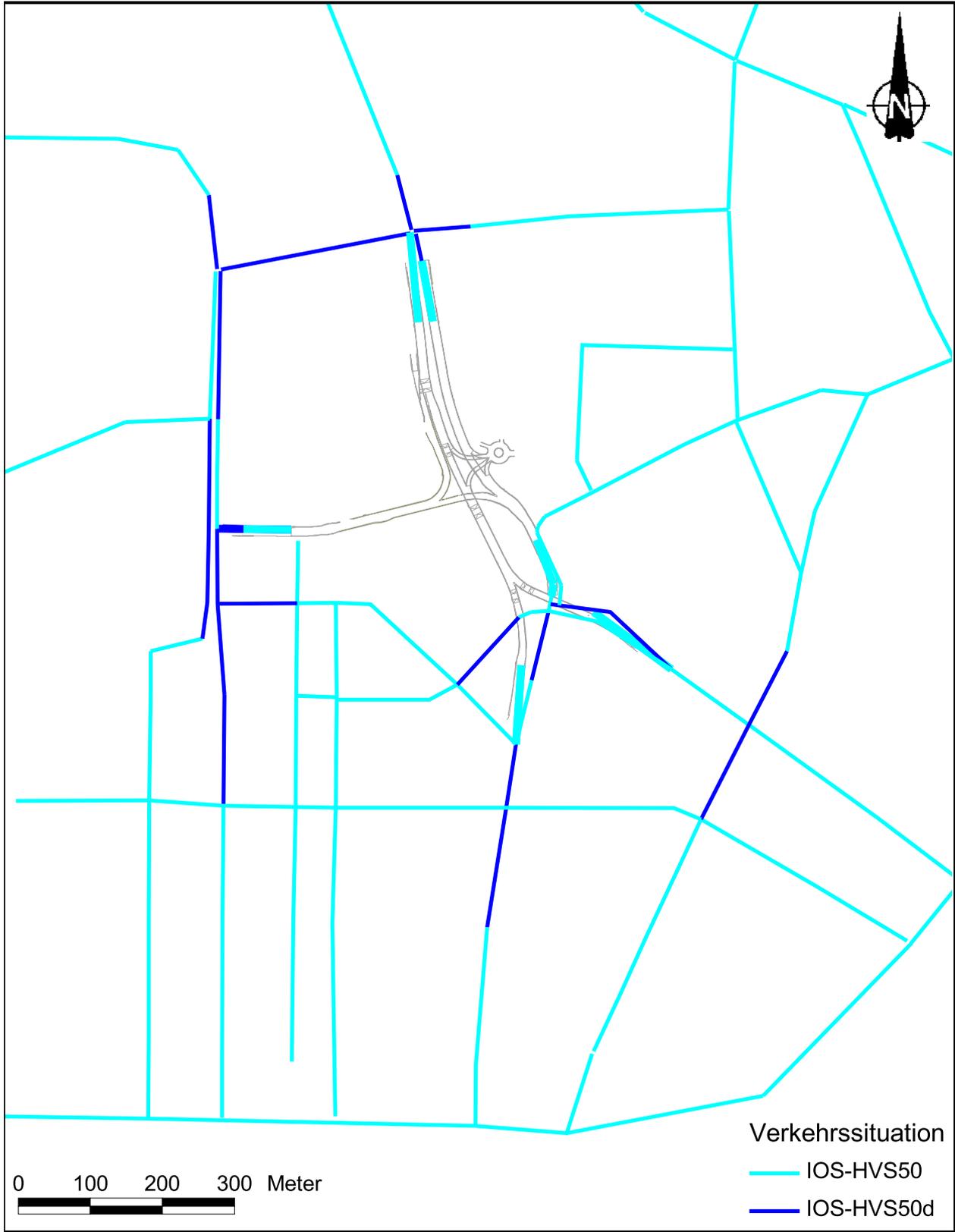


Abb. 5.1: Verkehrssituationen auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Planfall BA2, Alternative 2. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

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>-Straßenabriebemissionen 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.

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.

### **5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes**

In Düsseldorf besteht seit dem 15. Februar 2009 ein Fahrverbot in der Umweltzone von Düsseldorf für Kraftfahrzeuge der Schadstoffgruppe 1 (Stufe 1). Ab dem 1. März 2011 soll entsprechend dem aktuellen Luftreinhalteplan dieses Fahrverbot auf Fahrzeuge der Schadstoffgruppe 2 (Stufe 2) ausgeweitet werden.

Für das Prognosejahr 2015 wird in diesem Gutachten die Umweltzone Stufe 2 in den Berechnungen berücksichtigt, indem durch eine variierte Flottenzusammensetzung die Emissionsfaktoren geändert werden. Dabei wurden die Anteile der Fahrten herausgenommen, die vom Fahrverbot betroffen sind, unter Berücksichtigung dass ein Anteil von 20% dieser Fahrten aufgrund von Ausnahmegenehmigungen dennoch erfolgt. Die entfallenen Fahrten werden anteilmäßig auf die restlichen Fahrten entsprechend der bestehenden Verteilung auf die Fahrzeugkonzepte verteilt. Damit wird die Fahrzeugflotte erneuert; durch die anteilmäßige Aufteilung entsprechend der vorliegenden Verteilung wird berücksichtigt, dass auch gebrauchte Fahrzeuge die entfallenen ersetzen, also nicht immer die neueste verfügbare Technik eingesetzt wird.

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  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  $\text{NO}_x$ ,  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2.5}$  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	$\text{NO}_x$ [mg/(m s)]	$\text{PM}_{10}$ [mg/(m s)]	$\text{PM}_{2.5}$ [mg/(m s)]
Nullfall	36 700	2.6	IOS-HVS50d	0.205	0.0251	0.0138
BA 1	39 700	2.6	IOS-HVS50d	0.221	0.0272	0.0149
BA 2.1	40 900	2.6	IOS-HVS50d	0.228	0.0280	0.0154
BA 2.2	41 800	2.6	IOS-HVS50d	0.233	0.0286	0.0157

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

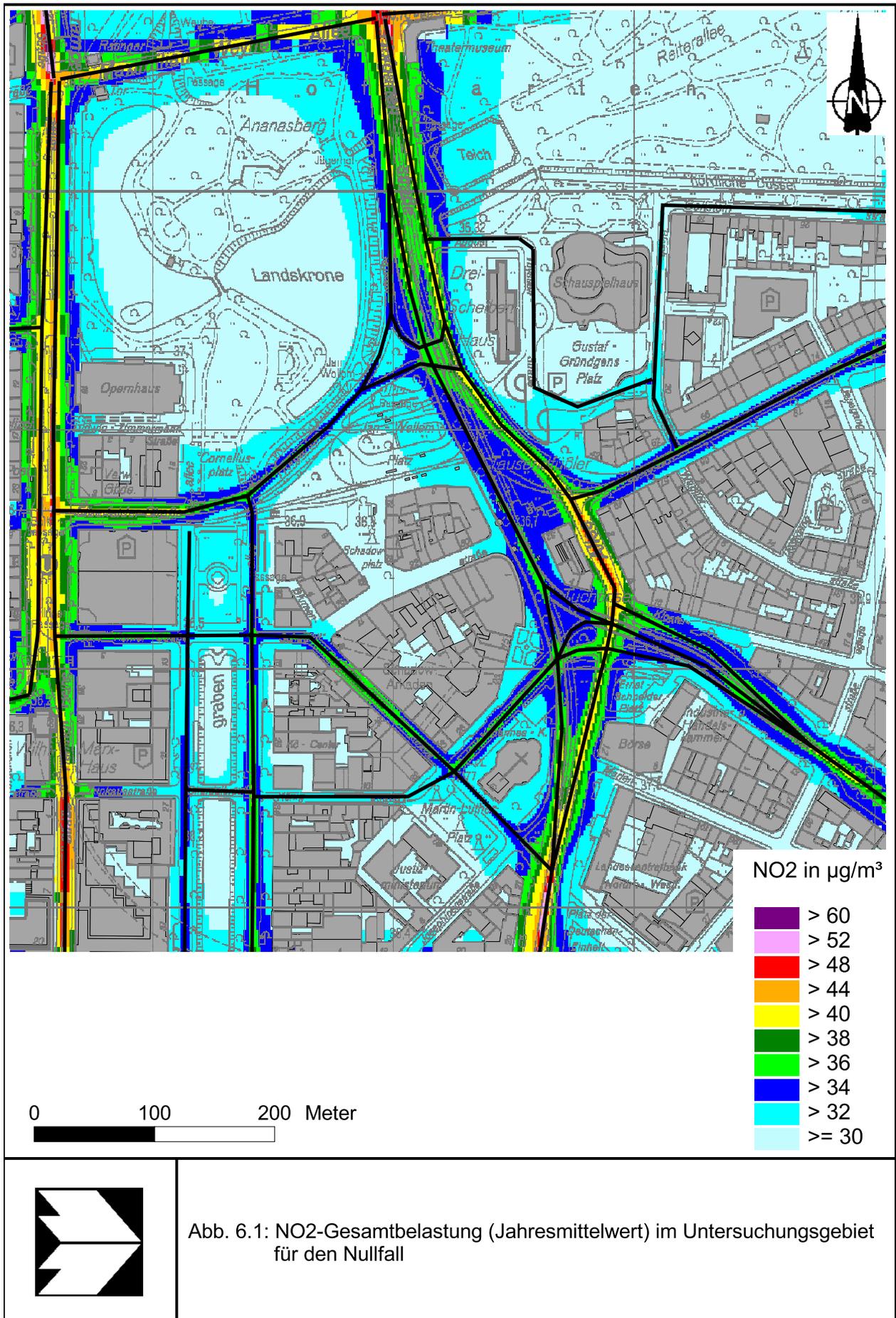
## 6 ERGEBNISSE

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. roten 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 Nullfall und drei Planvarianten. Es wird jeweils die Gesamtbelastung von NO<sub>2</sub> und Feinstaub mit PM<sub>10</sub> bzw. PM<sub>2.5</sub> dargestellt und diskutiert.

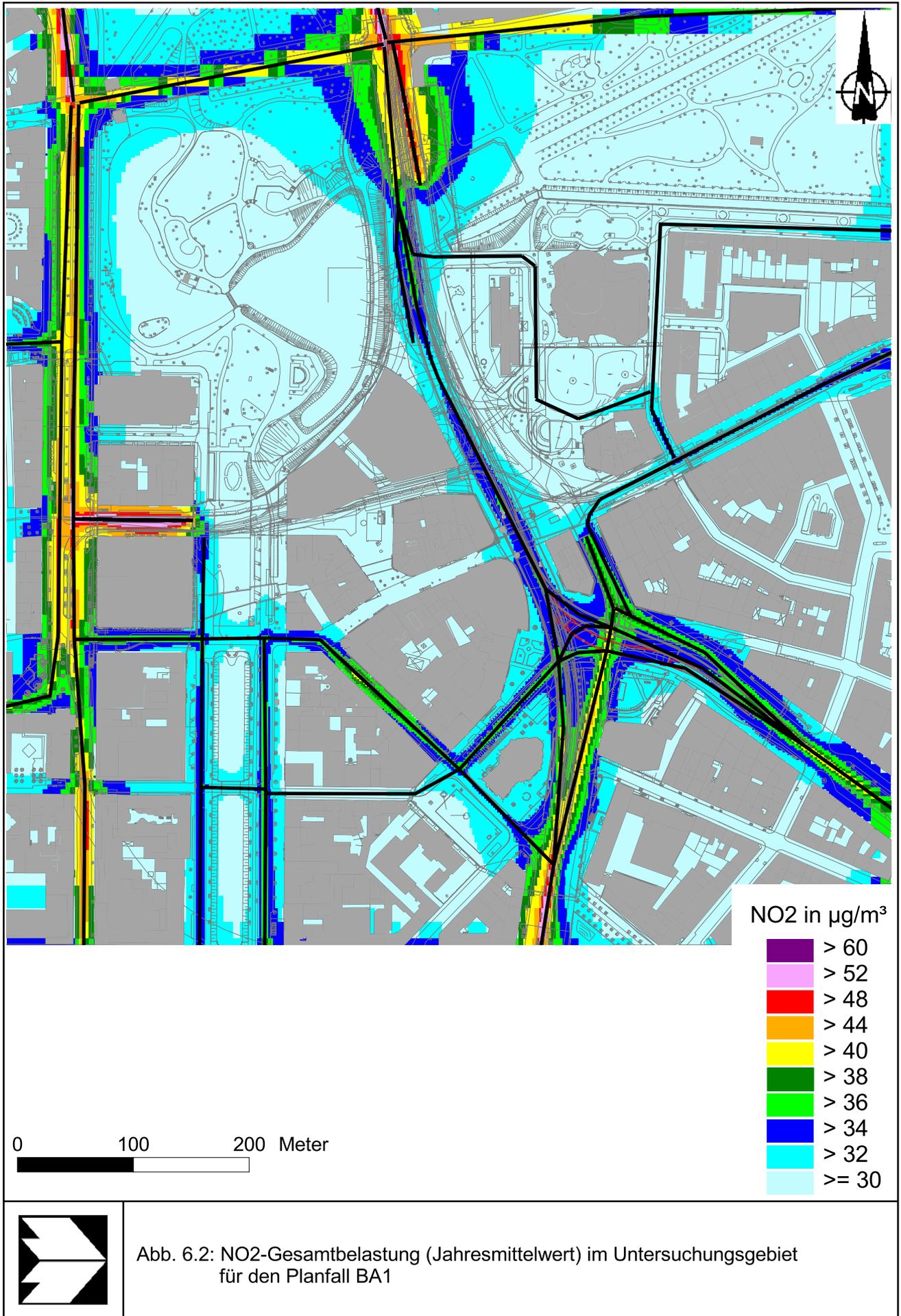
### 6.1 Stickstoffdioxidimmissionen

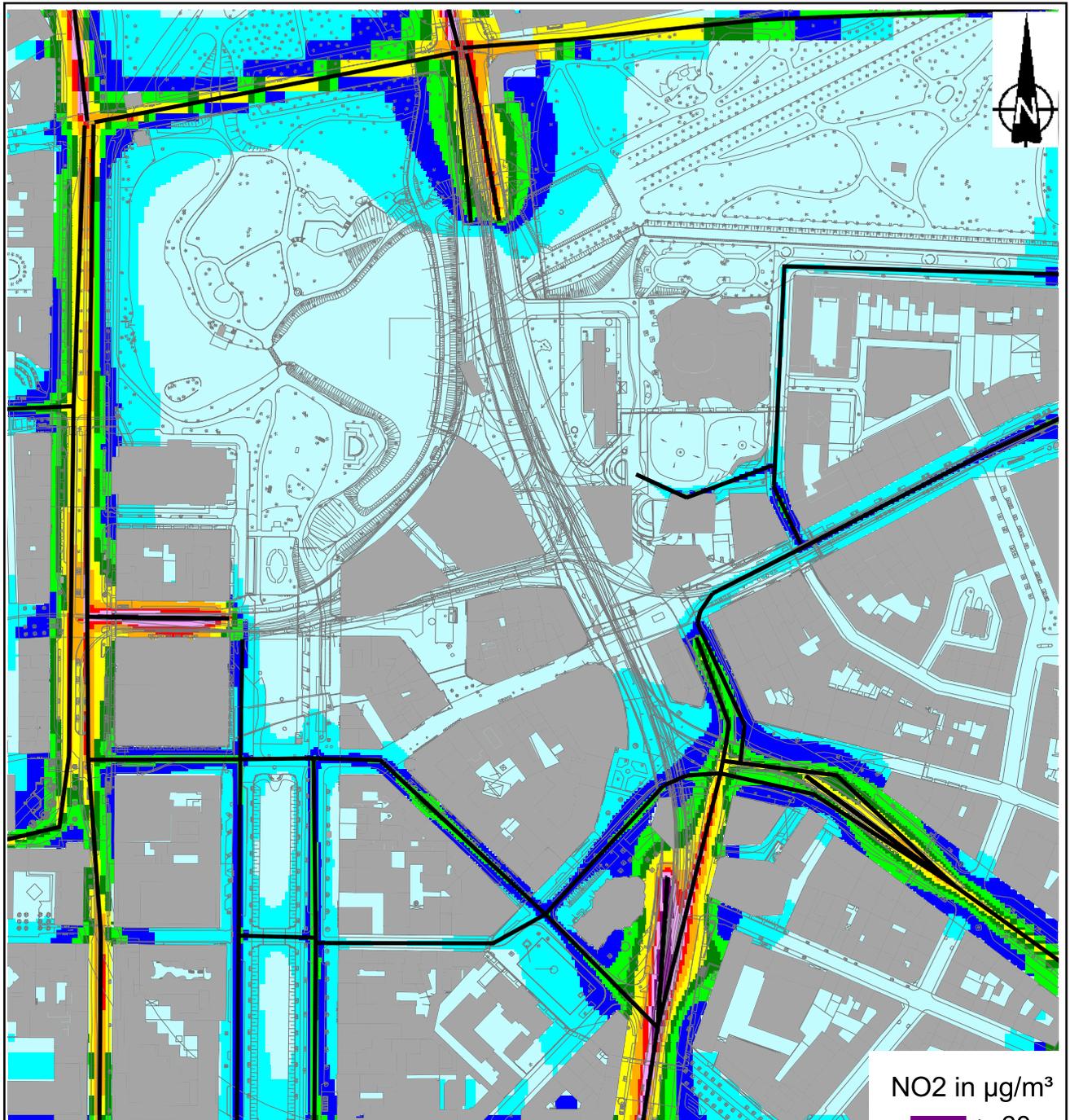
Im Prognosenullfall (**Abb. 6.1**) werden die NO<sub>2</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) insbesondere durch den Verkehr auf den Hauptverkehrsstraßen geprägt. An der Kreuzung Hofgarten/Jägerhofstraße werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 44 µg/m<sup>3</sup> berechnet; an der von der Hofgartenstraße abgewandten Gebäudeseite sind NO<sub>2</sub>-Immissionen unter 36 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. Innerhalb des Bebauungsplangebietes und dem dargestellten, ausgewerteten Bereich des Betrachtungsgebietes sind an der Bebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen unter 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An der Randbebauung der Berliner Allee sind in mehreren Abschnitten NO<sub>2</sub>-Immissionen knapp bis 40 µg/m<sup>3</sup> ausgewiesen, wie z.B. in dem Abschnitt der Berliner Allee direkt nördlich der Steinstraße und nördlich der Immermannstraße. Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird im Prognosenullfall an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen überwiegend nicht überschritten. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung im Betrachtungsgebiet im Prognosenullfall entsprechend **Tab. 3.2** als erhöht bis hoch zu bezeichnen; am Hofgarten sind an einem Nutzgebäude Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.



Im Planfall mit dem Bauabschnitt 1 (**Abb. 6.2**), werden die NO<sub>2</sub>-Immissionen (Jahresmittelwerte) insbesondere durch den Verkehr auf den Hauptverkehrsstraßen und das nördliche Tunnelportal geprägt. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 47 µg/m<sup>3</sup> berechnet; an der von der Hofgartenstraße abgewandten Gebäudeseite sind NO<sub>2</sub>-Immissionen unter 39 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. Am westlichen Tunnelportal in der Elberfelder Straße sind an der nördlichen Randbebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen bis ca. 46 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Innerhalb des weiteren Bebauungsplangebietes und dem dargestellten, ausgewerteten Bereich des Betrachtungsgebietes sind an der Bebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen unter 40 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An der Randbebauung der Berliner Allee sind in mehreren Abschnitten NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 40 µg/m<sup>3</sup> ausgewiesen, wie z.B. in dem Abschnitt der Berliner Allee direkt nördlich der Steinstraße. Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird im Planfall BA1 an der Randbebauung des westlichen und nördlichen Tunnelportals überschritten; an weiteren Abschnitten der Hauptverkehrsstraßen wird er nicht überschritten. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung im Betrachtungsgebiet im Planfall BA1 entsprechend **Tab. 3.2** als erhöht bis hoch zu bezeichnen; am westlichen und nördlichen Tunnelausgang sind deutliche Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.

In **Abb. 6.3** sind die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für den Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 1 (BA 2.1) dargestellt. Damit wird der Kfz-Verkehr der bisherigen Hofgartenstraße und Berliner Alle überwiegend in Tunnellagen geführt, sodass dort ebenerdig geringe verkehrsbedingte Schadstoffbeiträge auftreten. An den Tunnelportalen und in deren Zufahrtsbereichen werden die NO<sub>2</sub>-Immissionen durch den Kfz-Verkehr geprägt. Am westlichen Tunnelportal in der Elberfelder Straße sind an der nördlichen Randbebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen bis ca. 46 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite ebenfalls NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 46 µg/m<sup>3</sup> berechnet; an der von der Hofgartenstraße abgewandten Gebäudeseite sind NO<sub>2</sub>-Immissionen unter 39 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. Entlang der Immermannstraße sind gegenüber dem Prognosenullfall aufgrund höherer Verkehrsbelegung und den Auswirkungen des Tunnelportals höhere NO<sub>2</sub>-Immissionen berechnet, die an der Randbebauung nicht über 38 µg/m<sup>3</sup> liegen. Entlang der Berliner Allee zwischen Steinstraße und Immermannstraße sind gegenüber dem Prognosenullfall höhere NO<sub>2</sub>-Immissionen prognostiziert, die an der Randbebauung teilweise gering über 40 µg/m<sup>3</sup> betragen.





NO<sub>2</sub> in µg/m<sup>3</sup>

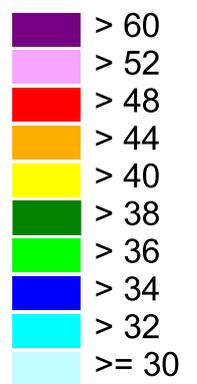
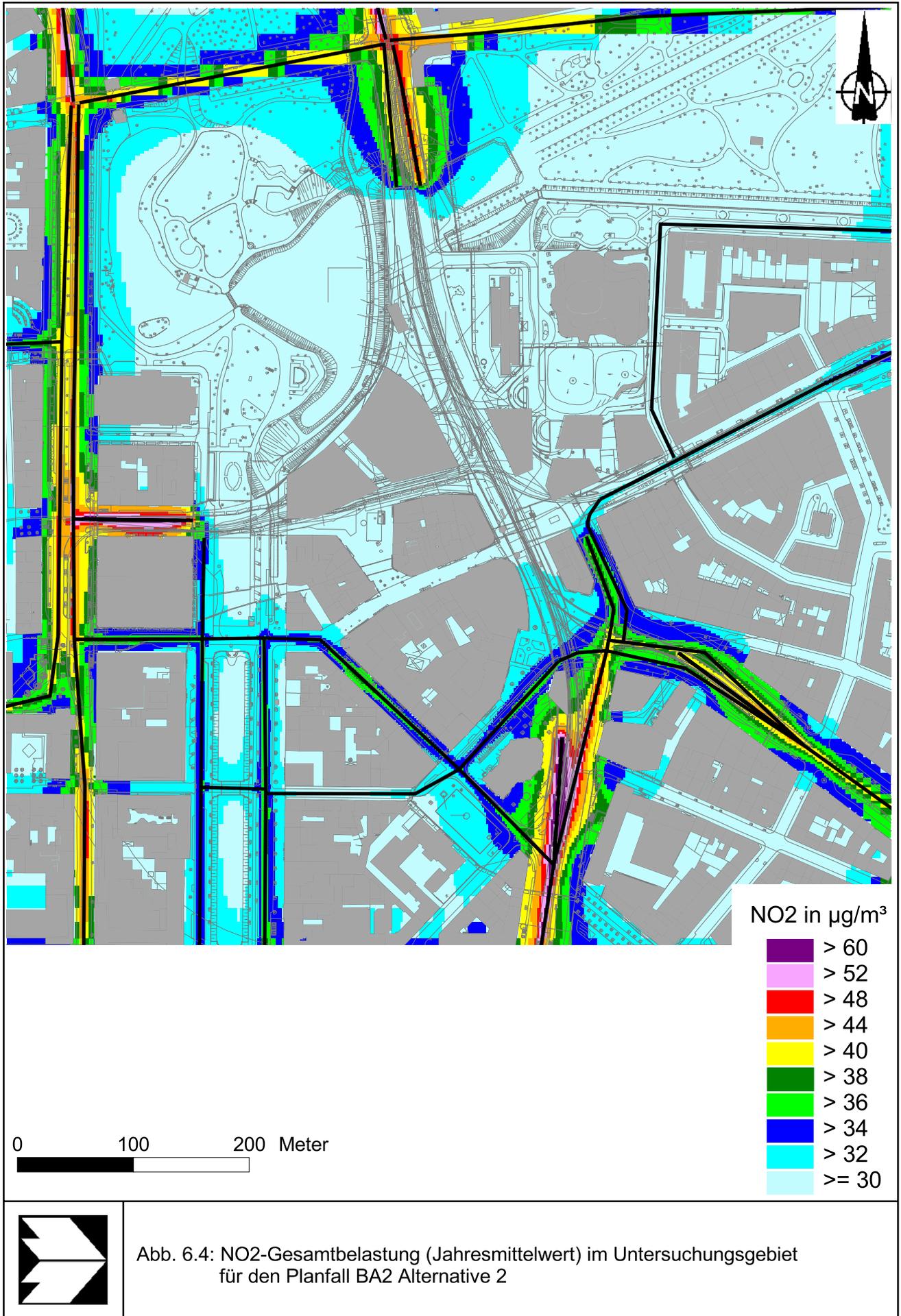


Abb. 6.3: NO<sub>2</sub>-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Planfall BA2 Alternative 1

Das betrifft vor allem geplante Bebauung entlang der Berliner Allee, wie z.B. den Bereich MK 7 an der Einmündung der Immermannstraße in die Berliner Allee. An der bestehenden Bebauung des Bereichs MK 13, der im Stadtplan als Börse ausgewiesen ist, sind an der Westseite NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 42 µg/m<sup>3</sup> berechnet. An den bestehenden Gebäuden an der Westseite der Berliner Allee wie auch an der Johanneskirche werden NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 42 µg/m<sup>3</sup> erwartet. Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 1 (BA 2.1) an der Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen überwiegend nicht überschritten, in der Umgebung des nördlichen, westlichen und südlichen Tunnelportals sind Überschreitungen prognostiziert. Dort sollte eine Belüftung der angrenzenden Räume über die zur Berliner Allee, Hofgartenstraße und Elberfelder Straße orientierten Gebäudeseiten vermieden werden. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung im Betrachtungsgebiet im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 1 (BA 2.1) entsprechend **Tab. 3.2** als erhöht bis hoch zu bezeichnen; am nördlichen, westlichen und südlichen Tunnelausgang sind an der Randbebauung Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.

In **Abb. 6.4** sind die berechneten NO<sub>2</sub>-Immissionen für den Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 2 (BA 2.2) dargestellt. Entlang den Hauptverkehrsstraßen sowie an den Tunnelportalen und in deren Zufahrtsbereichen sind vergleichbare NO<sub>2</sub>-Immissionen zum oben beschriebenen Planfall (BA 2.1) ermittelt. Damit werden am nördlichen Tunnelportal an der nächstgelegenen Bebauung und am westlichen Portal an der nördlichen Seite der Elberfelder Straße NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 46 µg/m<sup>3</sup> berechnet. Entlang der Immermannstraße sind an der Randbebauung NO<sub>2</sub>-Immissionen unter 38 µg/m<sup>3</sup> und entlang der Berliner Allee zwischen Steinstraße und Immermannstraße teilweise über 40 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert. Das betrifft vor allem geplante Bebauung entlang der Berliner Allee, wie z.B. den Bereich MK 7 an der Einmündung der Immermannstraße in die Berliner Allee und an der Berliner Allee bestehende Bebauung, wie die Börse und die Johanneskirche mit NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 42 µg/m<sup>3</sup>. An der Berliner Allee nördlich der Immermannstraße sind NO<sub>2</sub>-Immissionen bis 36 µg/m<sup>3</sup> prognostiziert, das bewirkt aufgrund der abfallenden Tunnelzufahrt eine Verringerung gegenüber dem Prognosenullfall. Entlang der Schadowstraße und Bleichstraße sind gegenüber dem Prognosenullfall verringerte Immissionen zu erwarten. In **Tab. 6.1** ist eine Gegenüberstellung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte für den Planfall BA2, Alternative 2 und den Prognosenullfall an ausgewählten Untersuchungspunkten aufgelistet. Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert von 40 µg/m<sup>3</sup> wird im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 2 (BA 2.2) an der



Randbebauung der Hauptverkehrsstraßen überwiegend nicht überschritten, in der Umgebung des nördlichen, westlichen und südlichen Tunnelportals sind Überschreitungen prognostiziert. Dort sollte eine Belüftung der angrenzenden Räume über die zur Berliner Allee, Hofgartenstraße und Elberfelder Straße orientierten Gebäudeseiten vermieden werden. Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen (Jahresmittelwerte) sind an der Bebauung im Betrachtungsgebiet im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 2 (BA 2.2) entsprechend **Tab. 3.2** als erhöht bis hoch zu bezeichnen; am nördlichen, westlichen und südlichen Tunnelausgang sind an der Randbebauung Überschreitungen des Grenzwertes berechnet.

Punktnr.			Nullfall, NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Planfall BA2.2, NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
1	MK 9	Berliner Allee	37	43
2	MK 9	Berliner Allee	36	41
3		Berliner Allee / Bundesbank	34	39
4	MK 13	Berliner Allee / Börse	36	42
5	MK 7	Berliner Allee	35	41
6	MK 8	Berliner Allee, südl. Spitze	36	40
7	MK 12	Immermannstraße	35	37
8	MK 13	Immermannstraße	34	37
9		am Theatermuseum	44	46
10		Elberfelder Straße	37	46
11	MK 5	Berliner Allee	41	36
12	MK 6	Berliner Allee	40	36

Tab. 6.1: Zusammenstellung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an ausgewählten Untersuchungspunkten (Lage siehe **Abb. 4.1**) für den Nullfall und den Planfall BA 2.2

## 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 µg PM10/m<sup>3</sup> 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 PM10-Jahresmittelwert von 29 µg/m<sup>3</sup> der Kurzzeitwert überschritten wird. Im folgen-

den werden die berechneten PM10-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 PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) sind für den Prognosenullfall in **Abb. 6.5** aufgeführt. Entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßen sind Beiträge des Kfz-Verkehrs an den PM10-Immissionen ermittelt. An der nächstgelegenen Bebauung zu den betrachteten Hauptverkehrsstraßen sind PM10-Immissionen unter  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , überwiegend unter  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der geltende Grenzwert für den PM10-Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Prognosenullfall 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 überschritten. Die PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) an der Bebauung sind in Bezug auf den Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als leicht erhöht zu bezeichnen.

Die Ergebnisse der Berechnungen der PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) sind für den Planfall BA1 in **Abb. 6.6** aufgeführt. Entlang den stark frequentierten Hauptverkehrsstraßen und am nördlichen und westlichen Tunnelportal sind teils deutliche Beiträge des Kfz-Verkehrs an den PM10-Immissionen ermittelt. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite PM10-Immissionen bis  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert. An der nächstgelegenen Bebauung zu den Hauptverkehrsstraßen sind PM10-Immissionen unter  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , überwiegend unter  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der geltende Grenzwert für den PM10-Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Prognosenullfall 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 überschritten. Die PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) an der Bebauung sind in Bezug auf den Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als leicht erhöht zu bezeichnen.

In **Abb. 6.7** sind die berechneten PM10-Immissionen für den Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 1 (BA 2.1) dargestellt. An den Tunnelportalen und in deren Zufahrtsbereichen sind deutliche Beiträge des Kfz-Verkehrs an den PM10-Immissionen berechnet. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite PM10-Immissionen bis  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert. An der nächstgelegenen Bebauung zu den Hauptverkehrsstraßen sind PM10-Immissionen unter  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , überwiegend unter  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der geltende Grenzwert für den PM10-Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 1 (BA 2.1)

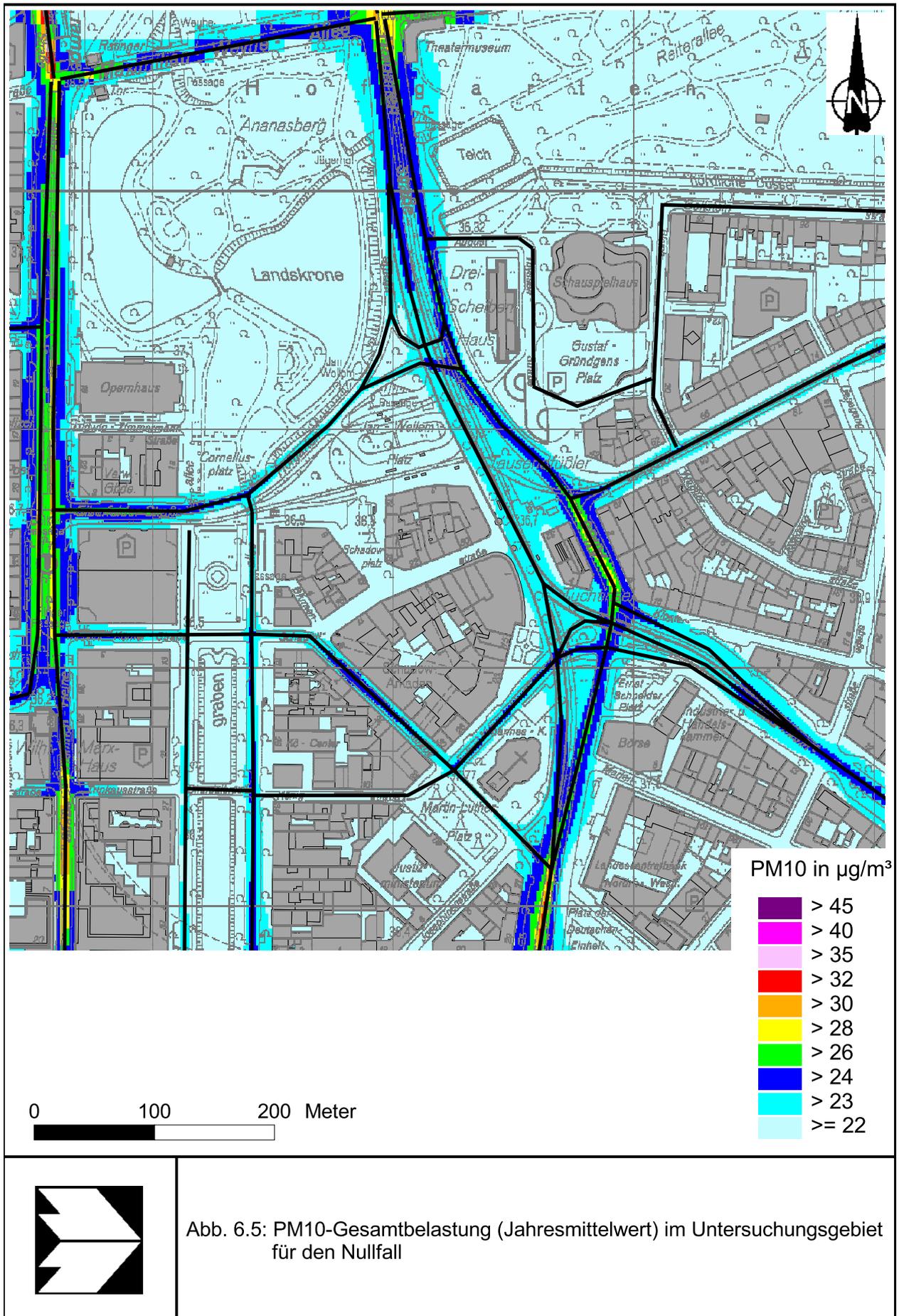
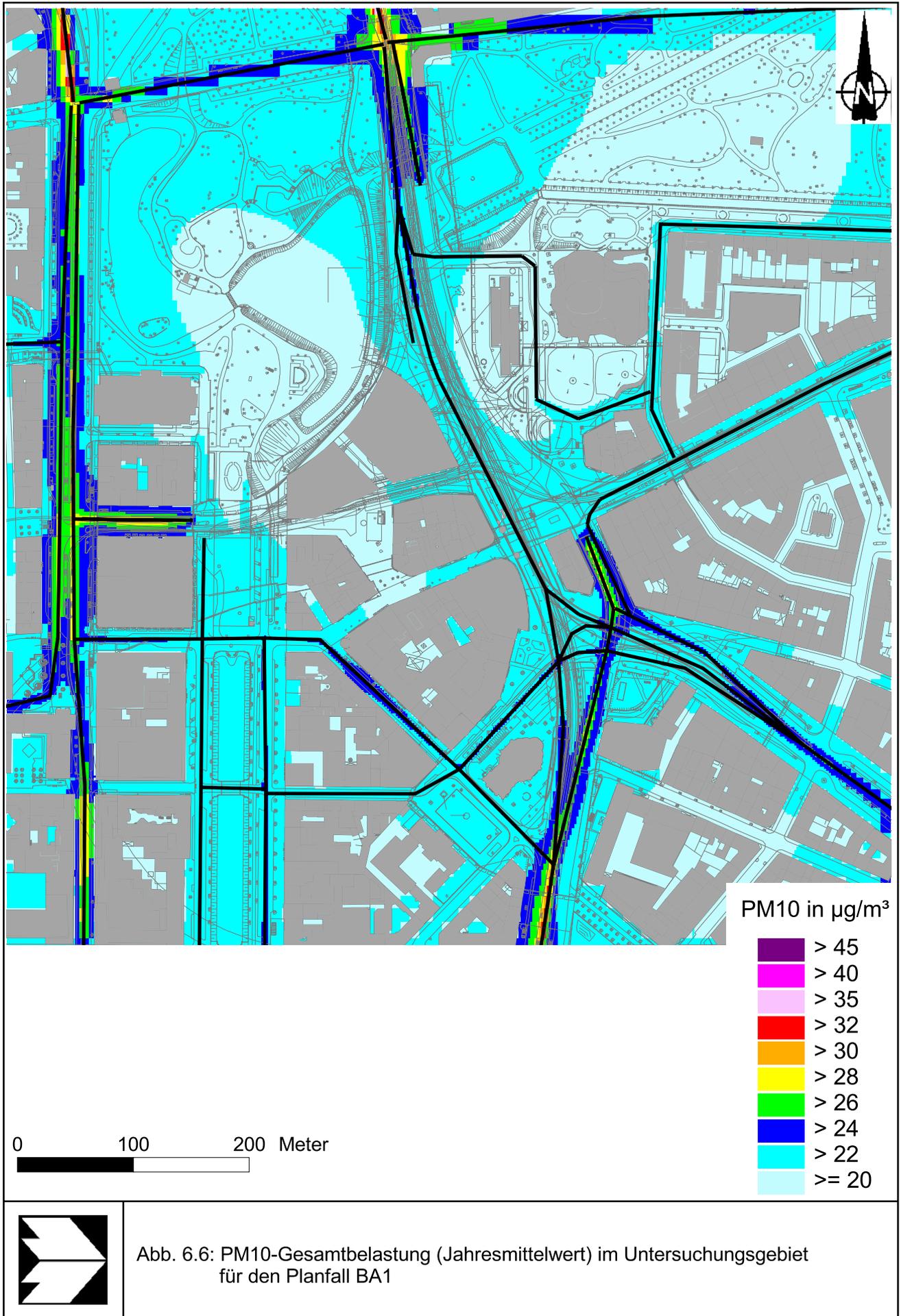
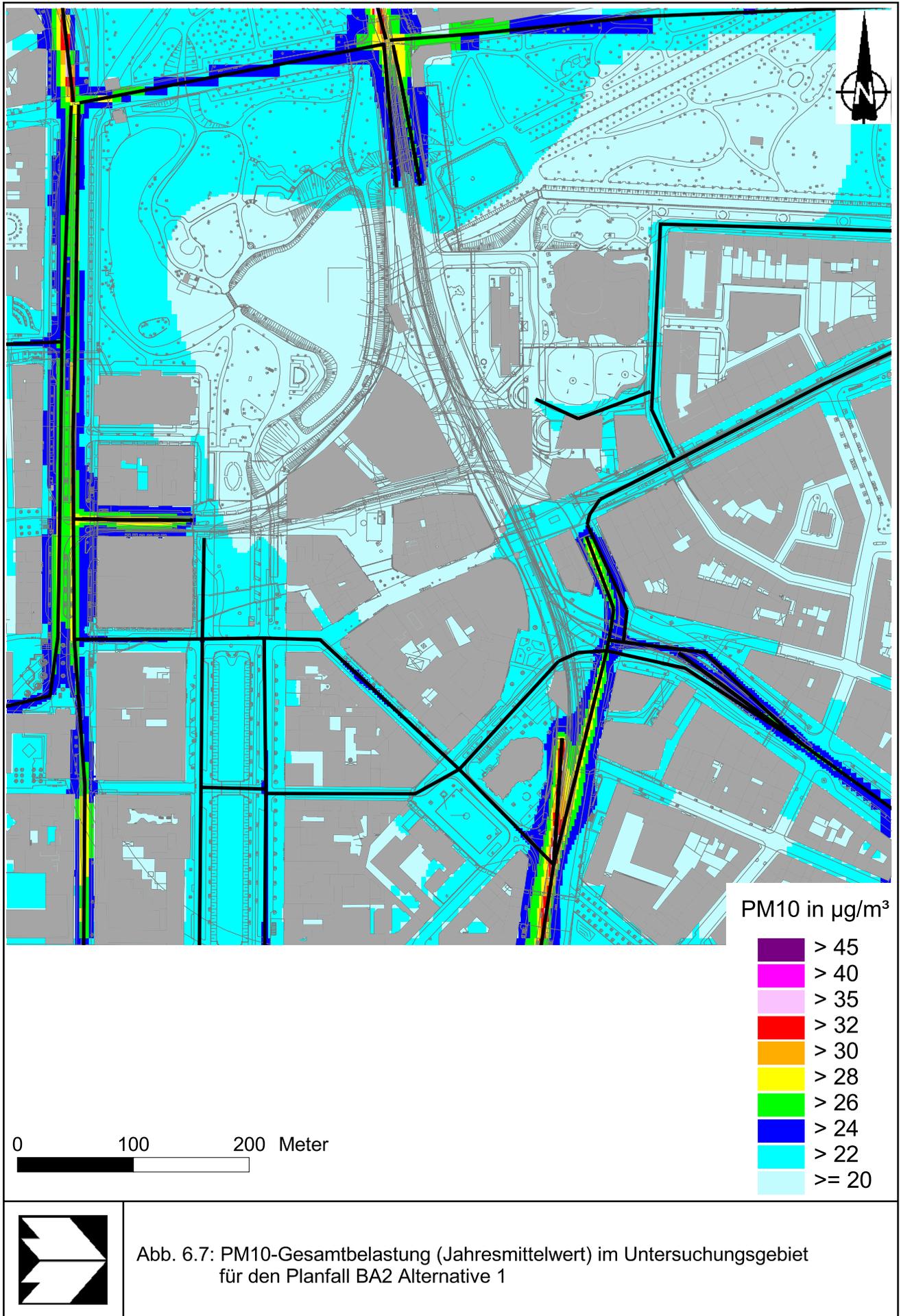


Abb. 6.5: PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Nullfall





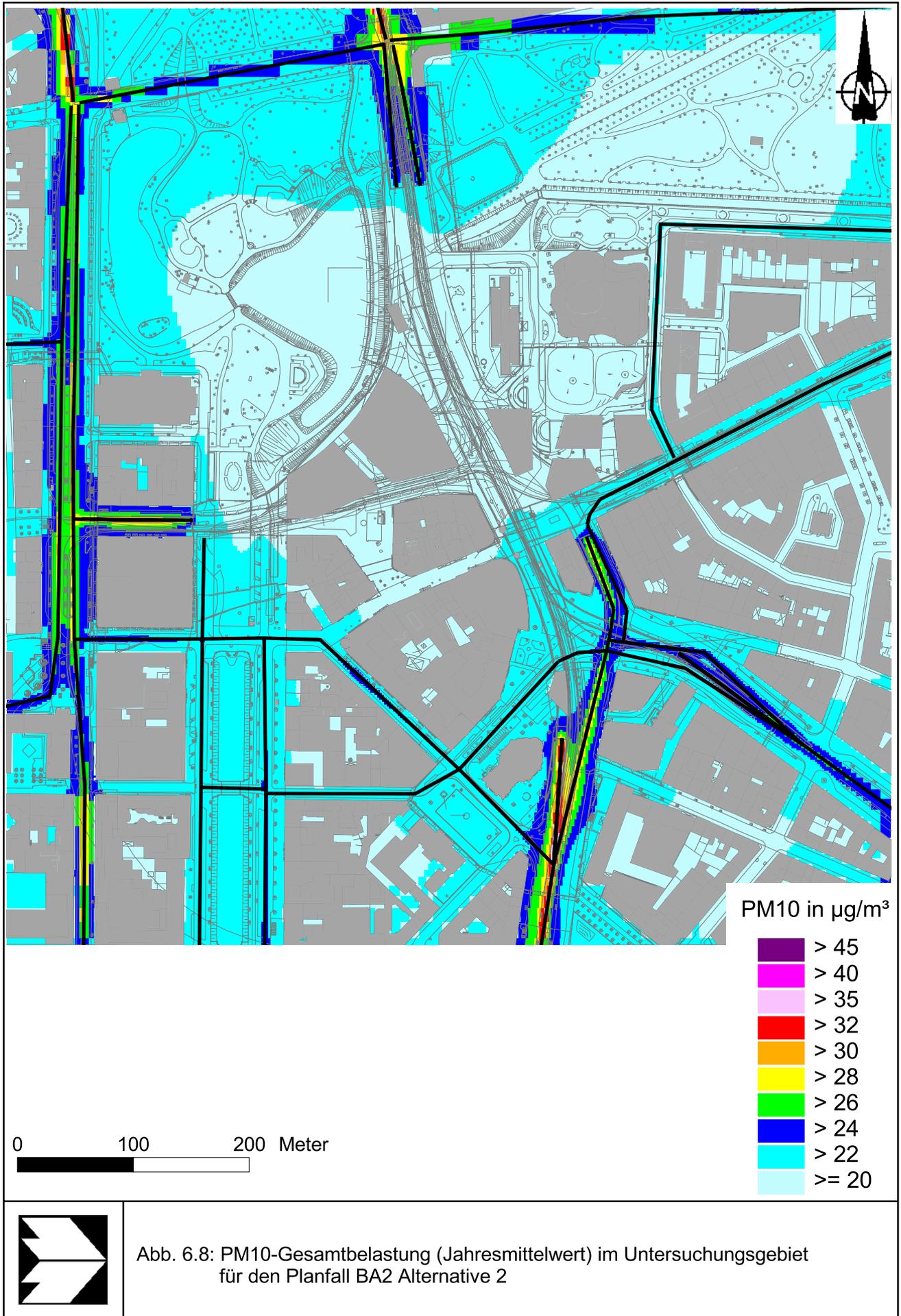
entsprechend den Berechnungsergebnissen an der Bebauung im Betrachtungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Der Schwellenwert zur Ableitung des Kurzzeitwertes wird an der Randbebauung im Betrachtungsgebiet nicht überschritten.

In **Abb. 6.8** sind die berechneten PM10-Immissionen für den Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 2 (BA 2.2) aufgezeigt. Entlang den Hauptverkehrsstraßen sowie an den Tunnelportalen und in deren Zufahrtsbereichen sind vergleichbare PM10-Immissionen zum oben beschriebenen Planfall (BA 2.1) ermittelt. Damit werden am nördlichen Tunnelportal an der nächstgelegenen Bebauung PM10-Immissionen bis  $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. An der nächstgelegenen Bebauung zu den Hauptverkehrsstraßen sind PM10-Immissionen unter  $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , überwiegend unter  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der geltende Grenzwert für den PM10-Jahresmittelwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 2 (BA 2.2) 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 überschritten. Die PM10-Belastungen (Jahresmittelwerte) an der Bebauung sind in Bezug auf den Grenzwert von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als leicht erhöht zu bezeichnen.

### 6.3 Feinstaubimmissionen (PM2.5)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen (PM2.5) werden zwei Beurteilungswerte festgelegt. Diese sind der Grenzwert (Jahresmittelwert), der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert), der ab dem Jahr 2020 einzuhalten ist. Im folgenden werden die berechneten PM2.5-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  diskutiert.

In **Abb. 6.9** sind die berechneten PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Prognose-nullfall dargestellt. Entlang den Hauptverkehrsstraßen sind Auswirkungen des Kfz-Verkehrs auf die PM2.5-Immissionen berechnet, die an der Randbebauung deutlich unter  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und auch unter  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  betragen. Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird entsprechend den Immissionsberechnungen im Prognose-nullfall an der Bebauung deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) als leicht erhöht bis erhöht zu bezeichnen. Der zukünftige Richtgrenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird schon im Prognose-nullfall an der Randbebauung eingehalten.



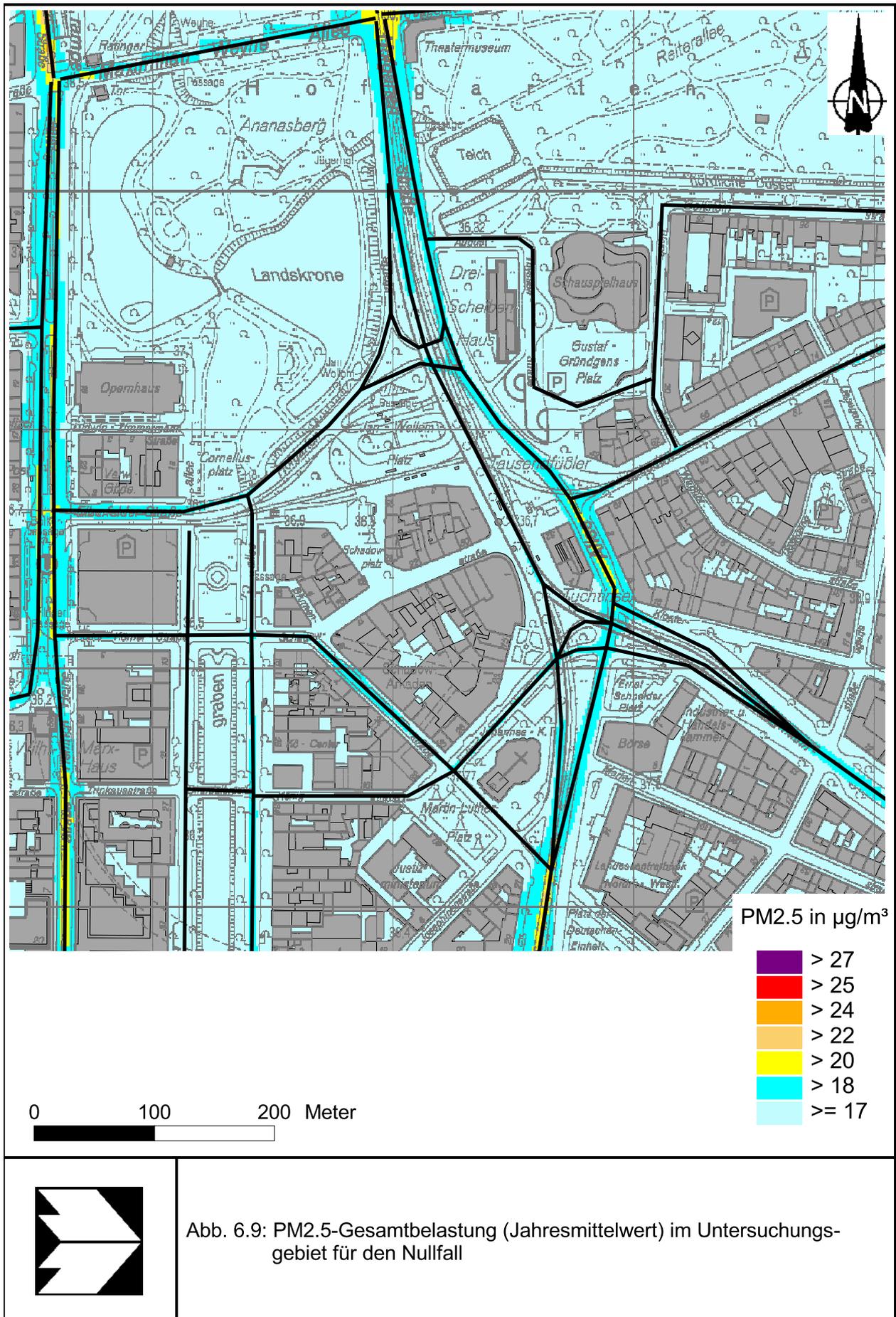
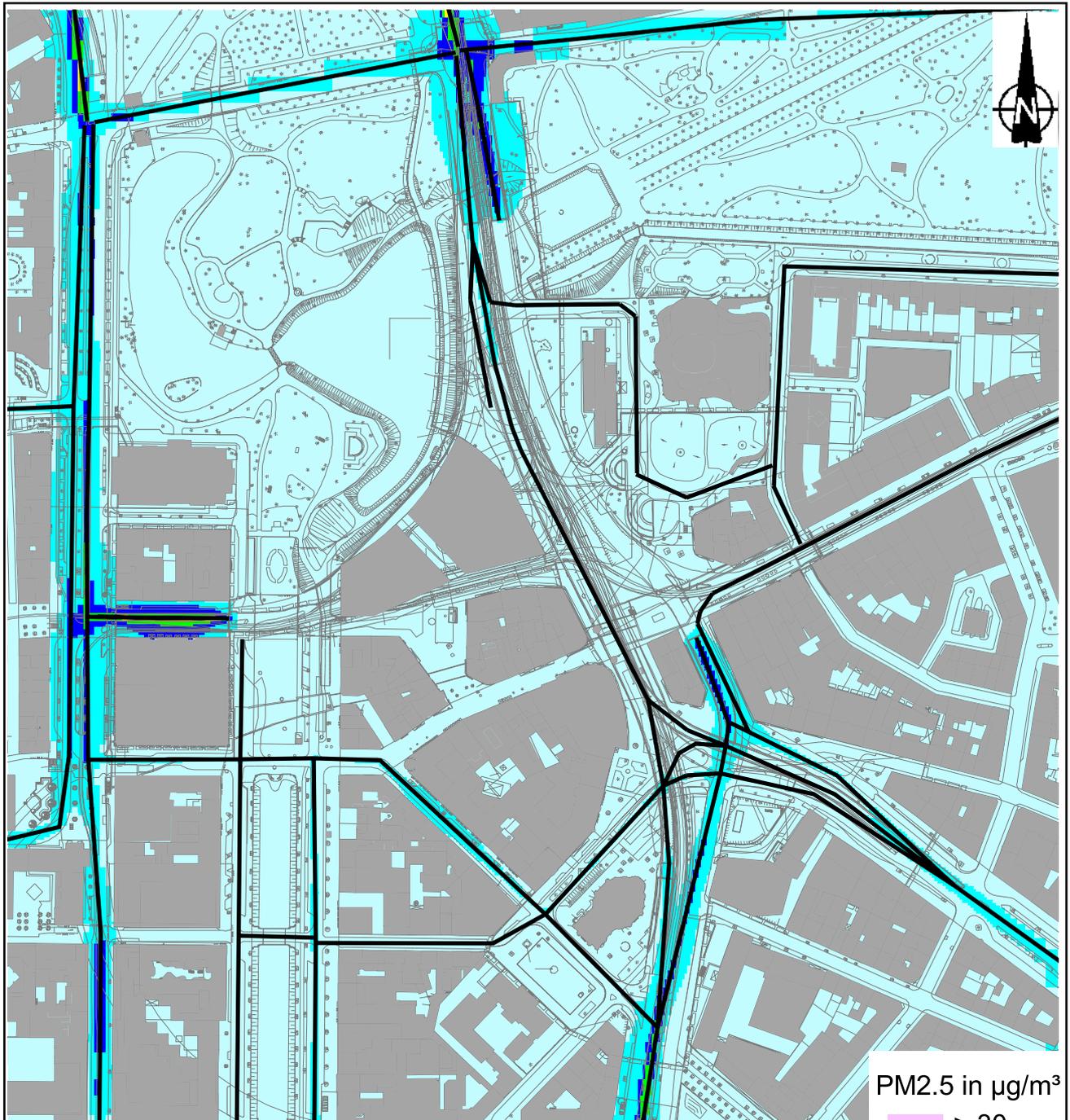


Abb. 6.9: PM2.5-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Nullfall

In **Abb. 6.10** sind die berechneten PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Planfall BA1 dargestellt. Die höchsten Konzentrationen werden, wie bei PM10, an der Berliner Allee und am westlichen sowie nördlichen Tunnelportal ermittelt und betragen an der Randbebauung deutlich unter  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Am Theatermuseum sind PM2.5-Immissionen bis  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , an weiterer Bebauung im Betrachtungsgebiet unter  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird entsprechend den Immissionsberechnungen im Planfall BA1 an der Bebauung deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) als leicht erhöht bis erhöht zu bezeichnen. Der zukünftige Richtgrenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird überwiegend auch im Planfall BA1 an der Randbebauung eingehalten.

In **Abb. 6.11** sind die berechneten PM2.5-Immissionen für den Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 1 (BA 2.1) aufgezeigt. Am nördlichen Tunnelportal werden an der nächstgelegenen Bebauung, dem Theatermuseumsgebäude, an der Westseite PM2.5-Immissionen bis  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  prognostiziert. An der Elberfelder Straße am westlichen Tunnelportal werden an der nördlichen Randbebauung PM2.5-Immissionen bis  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , an weiterer Bebauung entlang den Hauptverkehrsstraßen unter  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird entsprechend den Immissionsberechnungen im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 1 (BA 2.1) an der Bebauung deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) als leicht erhöht bis erhöht zu bezeichnen. Der zukünftige Richtgrenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird überwiegend im Planfall BA 2.1 an der Randbebauung eingehalten.

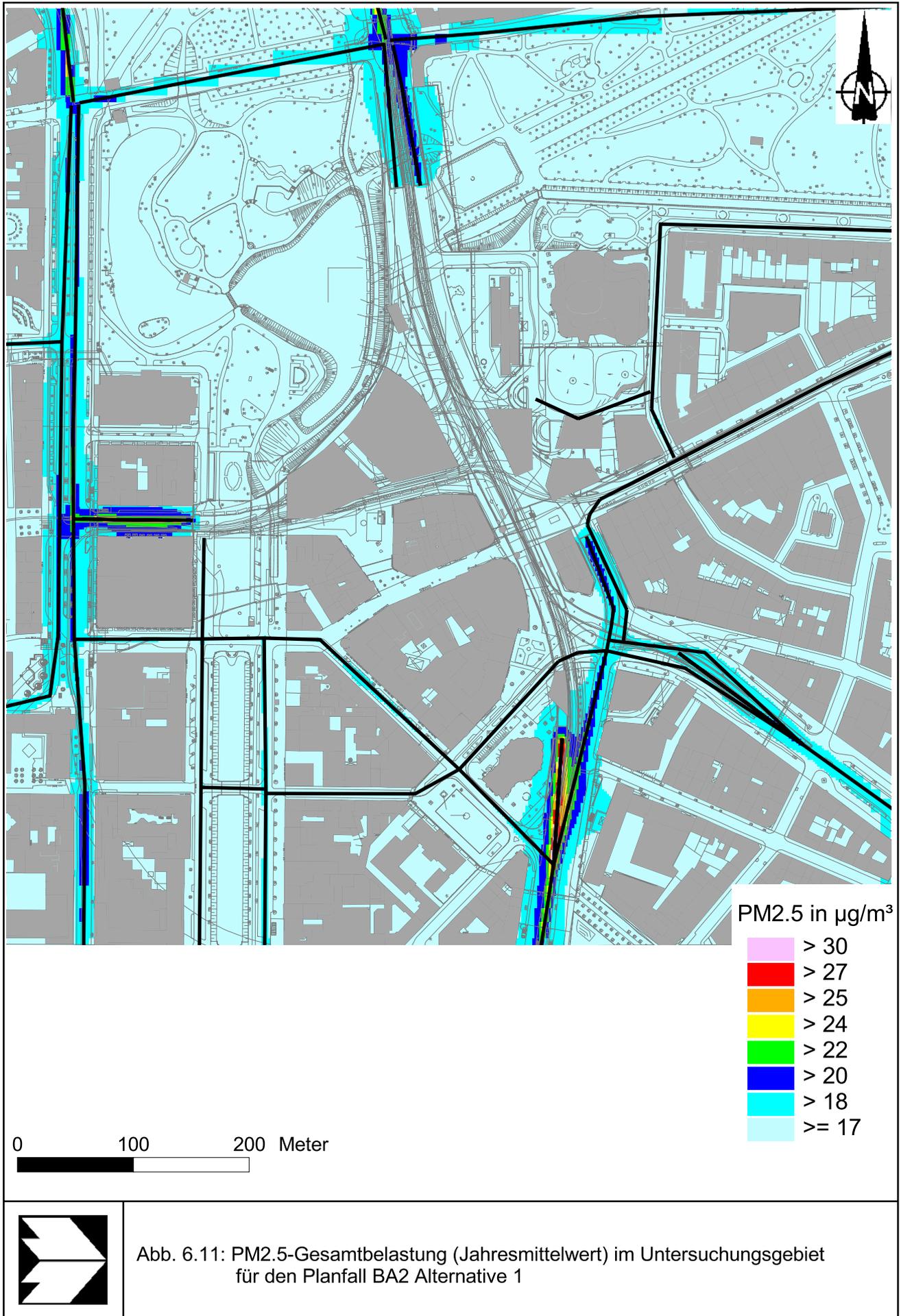
In **Abb. 6.12** sind die berechneten PM2.5-Immissionen für den Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 2 (BA 2.2) angegeben. Entlang den Hauptverkehrsstraßen sowie an den Tunnelportalen und in deren Zufahrtbereichen sind vergleichbare PM2.5-Immissionen zum oben beschriebenen Planfall (BA 2.1) ermittelt. Damit werden am nördlichen Tunnelportal an der nächstgelegenen Bebauung PM2.5-Immissionen bis  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , am westlichen Portal an der nördlichen Randbebauung der Elberfelder Straße bis  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  berechnet. Der ab dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird entsprechend den Immissionsberechnungen im Planfall mit dem Bauabschnitt 2, Alternative 2 (BA 2.2) an der Bebauung deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sind die PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) als leicht erhöht bis erhöht zu bezeichnen. Der zukünftige Richtgrenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird überwiegend im Planfall BA2, Alternative 2 (BA 2.2) an der Randbebauung eingehalten.

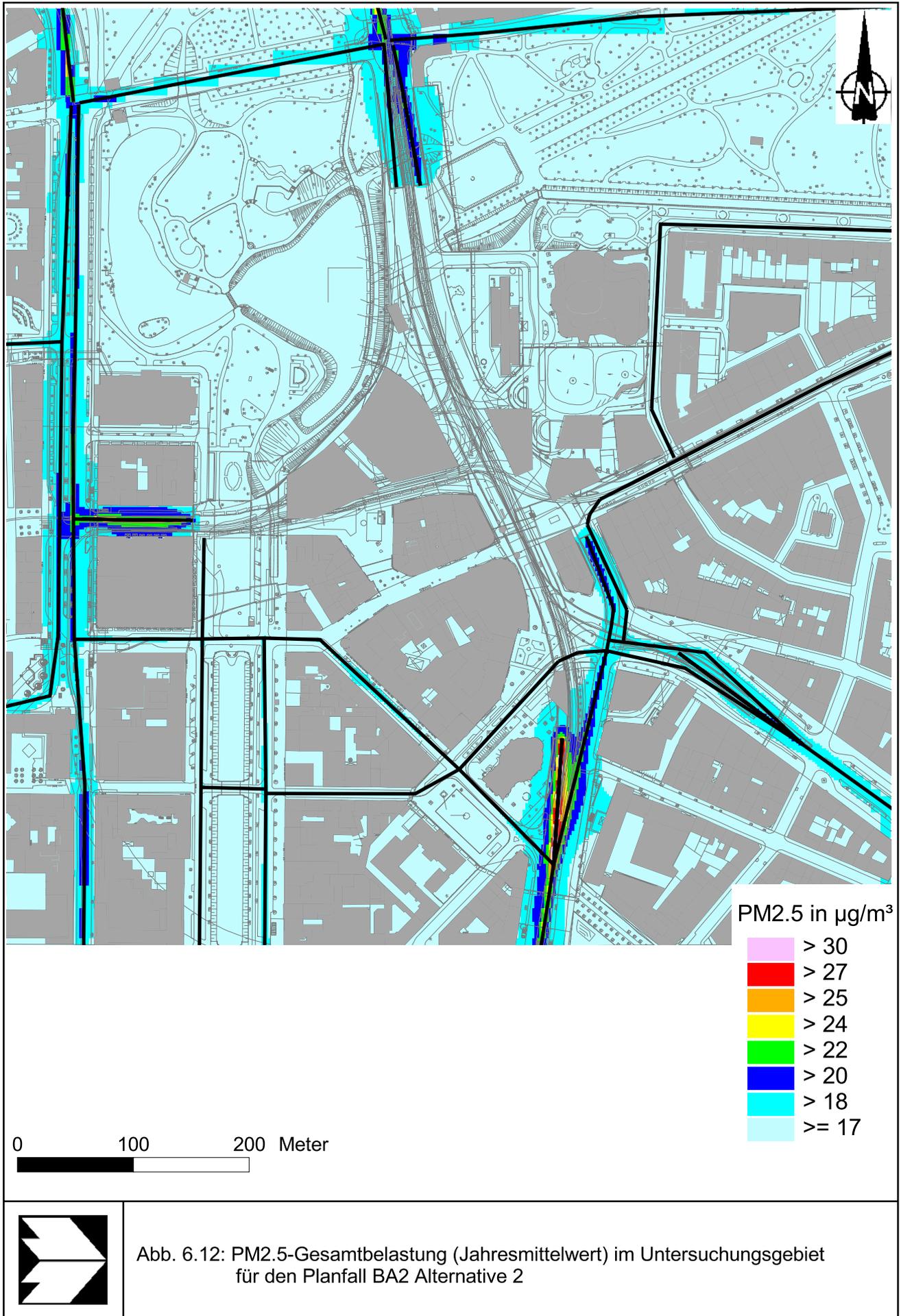


PM2.5 in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Abb. 6.10: PM2.5-Gesamtbelastung (Jahresmittelwert) im Untersuchungsgebiet für den Planfall BA1





## 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.
- Bächlin, W., Böisinger, R. (2007): Aktualisierung des NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Projekt 60976-04-01. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen (unveröffentlicht).
- 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.
- 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>
- Düring, I., Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen. KRdL-Experten-Forum „Staub und Staubinhaltsstoffe“, 10./11. November 2004, Düsseldorf. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN - Normenausschuss KRdL, KRdL-Schriftenreihe Band 33.
- 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., 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., 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](http://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 (2009): Immissionsplanungen für die Planungen des Kö-Bogens in Düsseldorf. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Düsseldorf. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Projekt 61687-10-01, 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](http://www.lanuv.nrw.de).
- LUQS (2004-2011): 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](http://www.lua.nrw.de)
- MLuS 02 (2005): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung - MLuS 02 geänderte Fassung 2005. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Bergisch Gladbach, April 2005.
- 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. Hrsg.: Ministry of Environment – National Envi-

- ronmental Research Institut / Denmark.  
[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.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.
- 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).
- Stadt Düsseldorf (2004-2011): Luftmessberichte. Luftbelastung in Düsseldorf. Landeshauptstadt Düsseldorf.
- TREMODO (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.1 / Jan. 2010. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. [www.hbefa.net](http://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 A 1**  
**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 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 <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>	ab 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. Die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV werden u.a. in der 39. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben werden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist. Für davor liegende Jahre werden Toleranzmargen genannt, die hier im Kap. A1.2 beschrieben werden.

## A1.2 Vorsorgewerte

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

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

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

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

## A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

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

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

**A N H A N G A 2**  
**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 Zählwerten aus automatischen Dauerzählstellen bei ca. 10%.

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

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

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

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

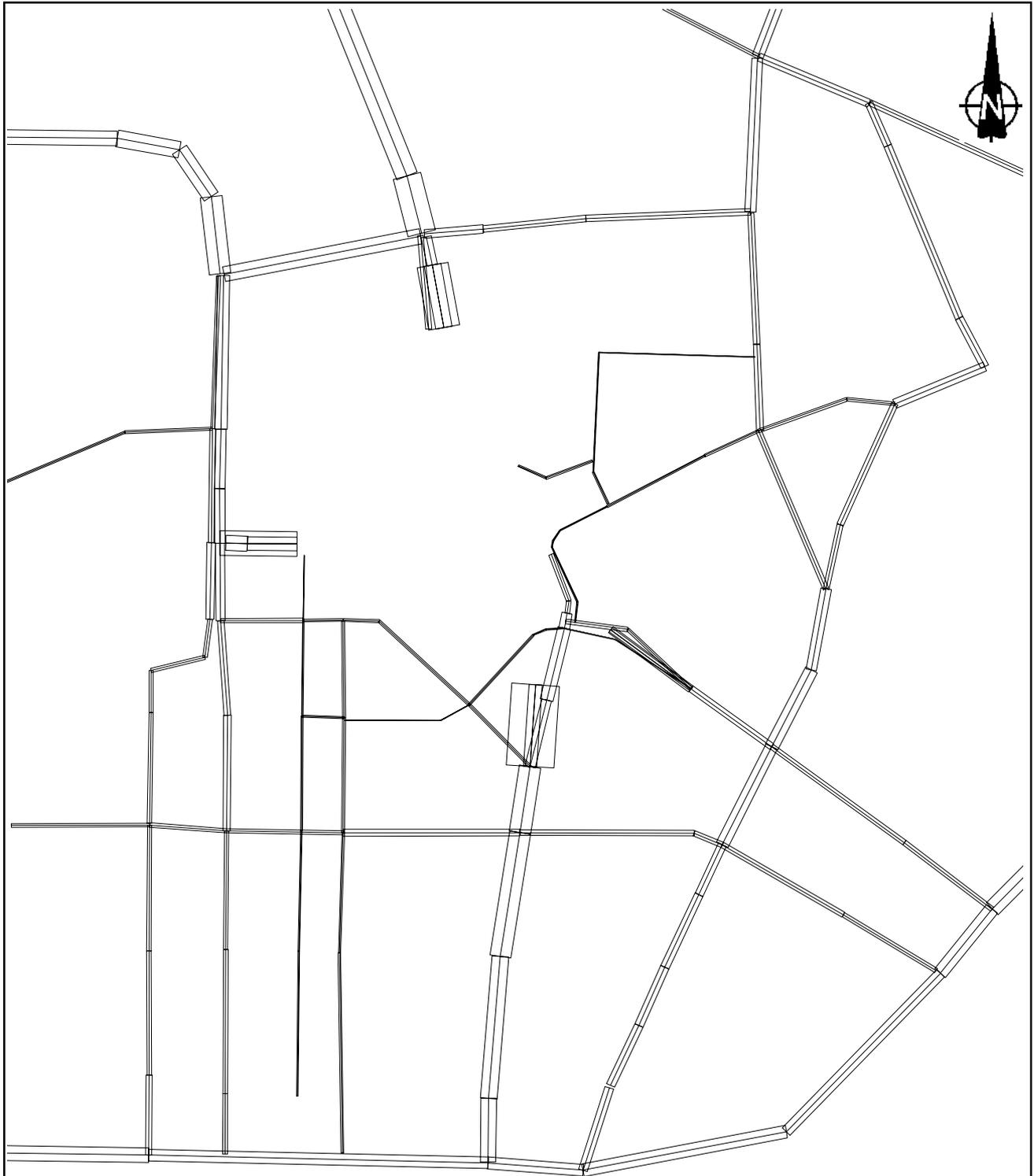
**A N H A N G A 3**  
**EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE**



Abb. A3.1: Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Prognosenullfall



Abb. A3.2: Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA1



Emission in [mg/(m s)]

0.05 0.10 0.15 0.20 0.25

0 200 400 Meter



Abb. A3.3: Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA2 Alternative 1

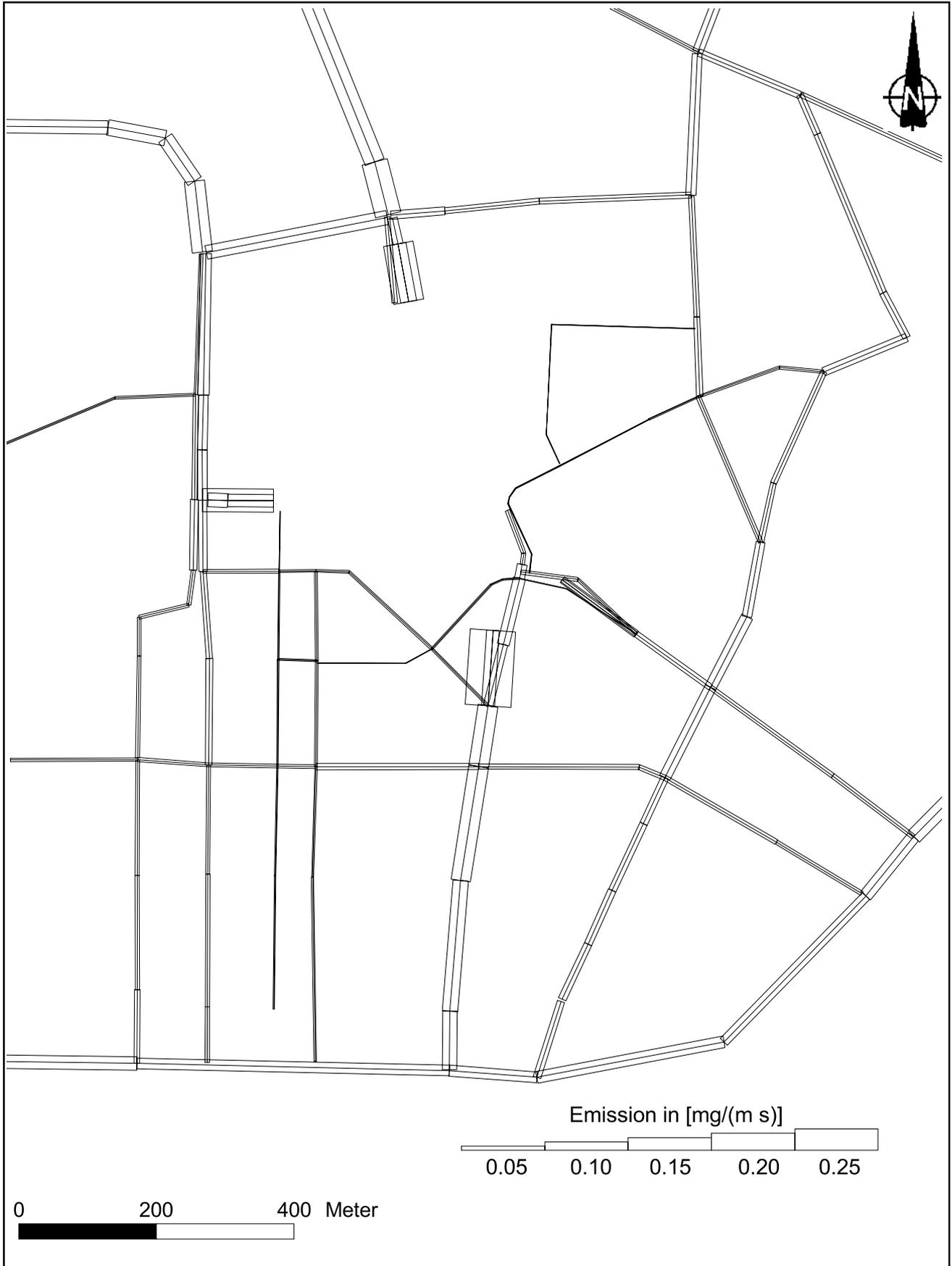
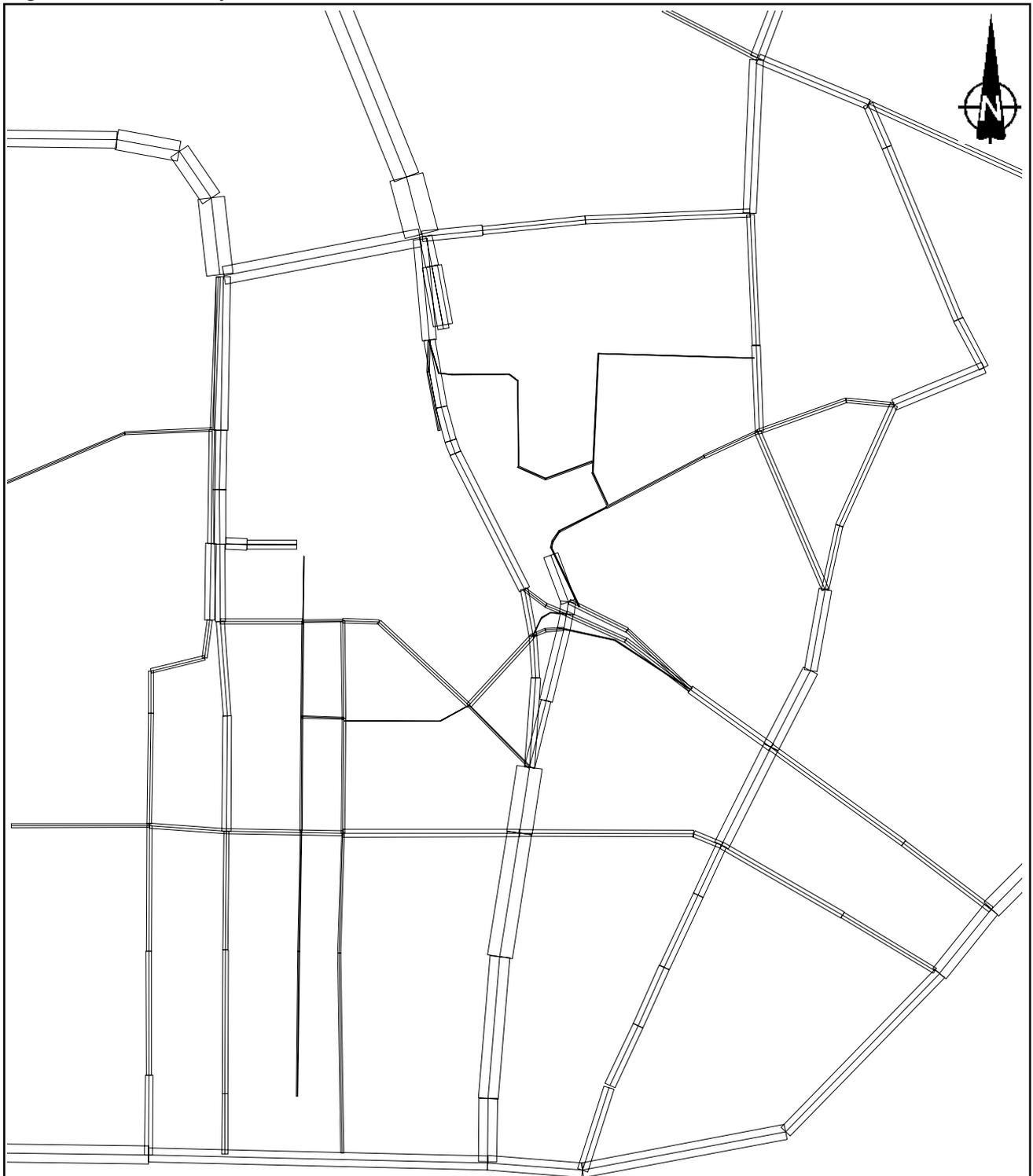


Abb. A3.4: Mittlere NO<sub>x</sub>-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA2 Alternative 2



Abb. A3.5: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Prognosenullfall



Emission in [mg/(m s)]

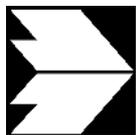
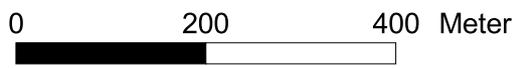
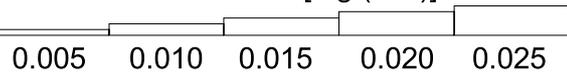
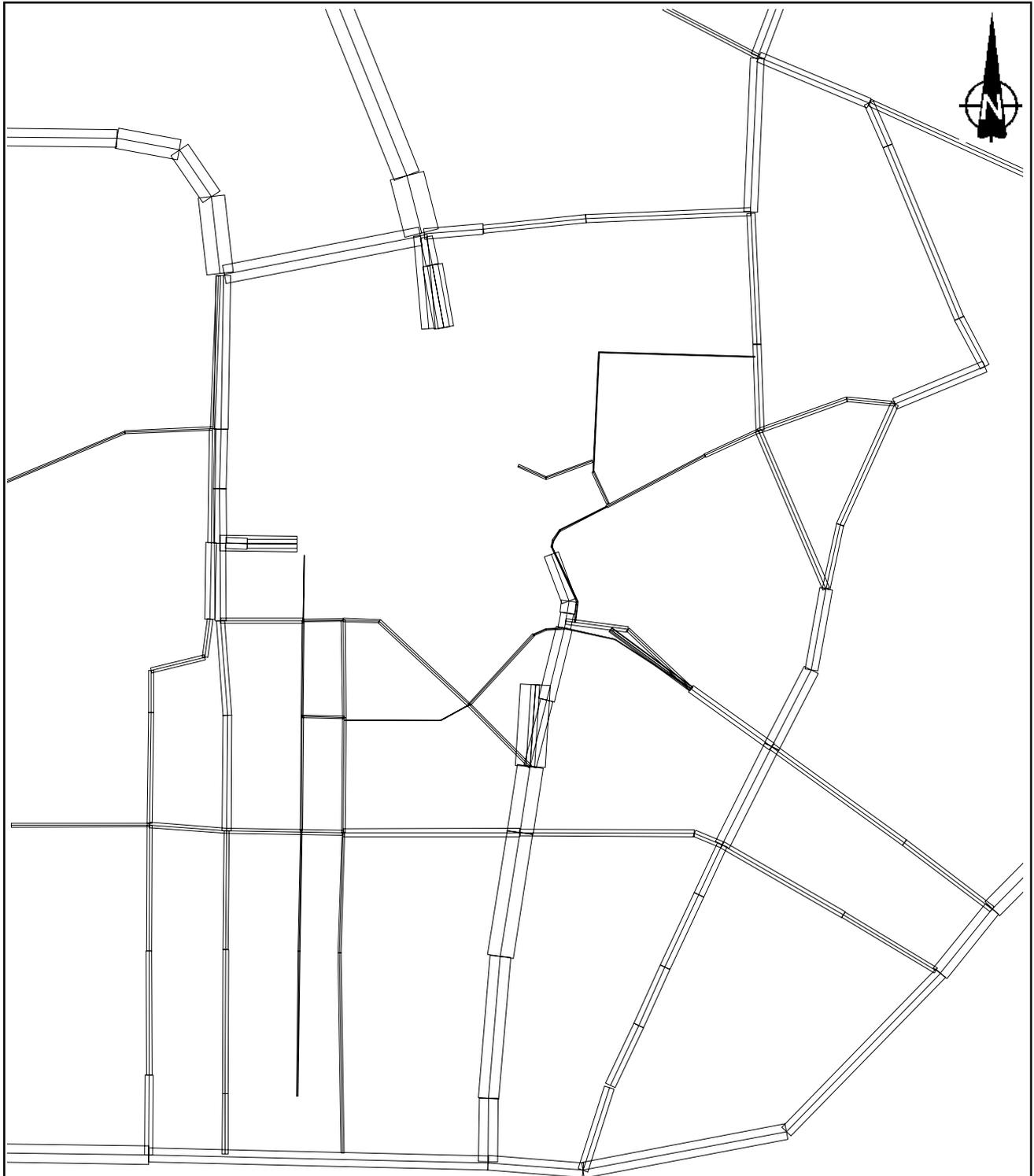


Abb. A3.6: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA1



Emission in [mg/(m s)]

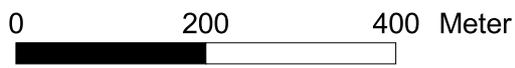
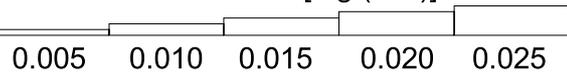
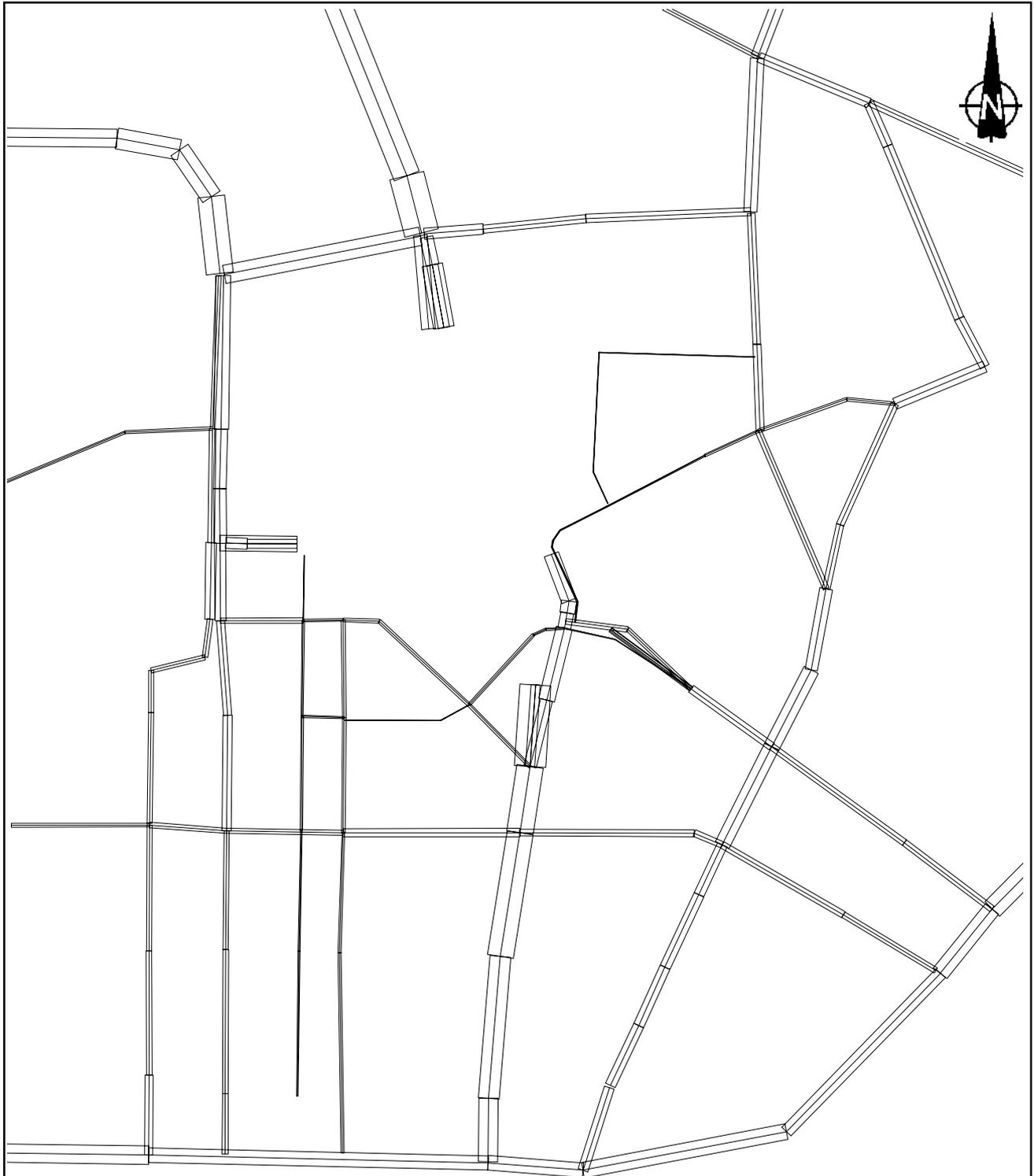
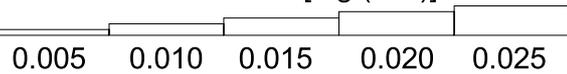


Abb. A3.7: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA2 Alternative 1



Emission in [mg/(m s)]



0 200 400 Meter



Abb. A3.8: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA2 Alternative 2



Abb. A3.9: Mittlere PM<sub>2.5</sub>-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Prognosenußfall



Emission in [mg/(m s)]

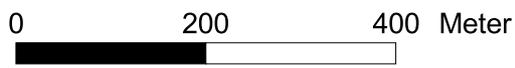
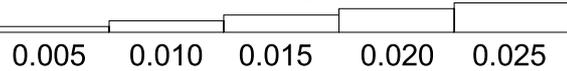


Abb. A3.10: Mittlere PM<sub>2.5</sub>-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA1

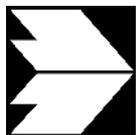


Abb. A3.11: Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA2 Alternative 1



Abb. A3.12: Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet im Planfall BA2 Alternative 2