



**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

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

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Messstelle nach §§ 26, 28 BImSchG

**AUSBREITUNGSRECHNUNGEN FÜR
DEN BEREICH DER MESSSTATION
VERKEHR 1 IN BREMEN ZUR
URSACHENERMITTLUNG DER
ERHÖHTEN NO₂- UND PM10-
IMMISSIONEN - ERSTELLUNG EINES
MINDERUNGS-/MASSNAHMENPLANS**

Auftraggeber: Senator für Bau, Umwelt und Verkehr
Ansgaritorstraße 2
28195 Bremen

Dr.rer.nat. R. Bösing

Dr.-Ing. W. Bächlin

Mai 2004
Projekt 60023-03-01
Berichtsumfang 77 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	7
3 VORGEHENSWEISE.....	13
3.1 Ausgangssituation Luftschadstoffimmissionen.....	13
3.2 Berechnungsverfahren	14
3.2.1 Ermittlung der statistischen Immissionskenngößen	16
3.2.2 Ermittlung der Kurzzeitbelastung	16
3.3 Prognosen und Minderungsmaßnahmen	17
4 EINGANGSDATEN.....	19
4.1 Verkehrsdaten.....	20
4.2 Bebauungsdaten	25
4.3 Meteorologische Daten	29
4.4 Hintergrundbelastung.....	32
5 EMISSIONEN.....	35
5.1 Betrachtete Schadstoffe.....	35
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren	35
5.2.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	35
5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren.....	36
5.3 Emissionen pro Fahrzeug	39
5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes	40
6 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN	45
6.1 Vergleich der Berechnungsergebnisse mit Messdaten	45
6.2 Berechnungsergebnisse.....	46
6.2.1 Benzolimmissionen	46

6.2.2 Rußimmissionen	47
6.2.3 PM10-Immissionen	47
6.2.4 Stickstoffdioxidimmissionen	48
6.3 Fazit	52
7 EMPFEHLUNGEN FÜR MINDERUNGSMASSNAHMEN	56
8 LITERATUR.....	60
 ANHANG	
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	65
A2 PM10-, RUSS- UND BENZOLIMMISSIONEN (JAHRESMITTEL).....	69

Hinweise:

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 oder anderen Emittenten ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Gramm Schadstoff pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungspunkt ist μg (oder mg) Schadstoff pro m^3 Luft.

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 - bei Anwendung von MLuS: auf der zu beurteilenden Straße - hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ oder mg/m^3 angegeben.

Grenzwerte / Prüfwerte / Leitwerte / Vorsorgewerte

Grenzwerte sind zum Schutz der menschlichen Gesundheit vom Gesetzgeber vorgeschriebene Beurteilungswerte für Luftschadstoffkonzentrationen, die in der Regel nicht überschritten werden dürfen. Für Stoffe wie z.B. Ruß existieren in Deutschland keine Grenzwerte. Die 23. BImSchV gibt für diesen Luftschadstoff jedoch so genannte Prüfwerte vor, bei deren Überschreitung der Einsatz verkehrlenkender Maßnahmen zur Senkung der Schadstoffbelastung zu prüfen ist. Diese Prüfwerte werden hier wie Grenzwerte behandelt.

Leit- bzw. 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

An den betrachteten Untersuchungspunkten unterliegen die Konzentrationen der Luftschadstoffe in Abhängigkeit von Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Verkehrsaufkommen etc. ständigen Schwankungen. Die Immissionskenngrößen Jahresmittelwert und 98-Perzentilwert charakterisieren diese Konzentrationen. Der Jahresmittelwert stellt den über das Jahr gemittelten Konzentrationswert dar. Da eine das ganze Jahr über konstante Konzentration zum gleichen Jahresmittelwert führen kann wie eine zum Beispiel tagsüber sehr hohe

und nachts sehr niedrige Konzentration, gibt es zusätzlich zum Jahresmittelwert auch den sogenannten 98-Perzentilwert der Konzentrationen. Das ist derjenige Konzentrationswert, der in 98 % der Zeit des Jahres unterschritten wird. Der 98-Perzentilwert ist also ein Maß für die Spitzenkonzentrationen, die zum Beispiel bei Verkehrsspitzen und/oder schlechten Durchlüftungsverhältnissen auftreten.

Fahrmuster / Verkehrssituation

Emissionen und Kraftstoffverbrauch hängen in hohem Maße vom Fahrverhalten der KFZ ab, die sich in unterschiedlichen Betriebszuständen wie Leerlauf im Stand, Beschleunigung, Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit, Bremsverzögerung etc. befinden. Das typische Fahrverhalten der KFZ kann zu so genannten Fahrmustern zusammengefaßt werden. Durch Messungen wurden vom TÜV Rheinland die Emissionen für Straßen außerhalb bzw. innerhalb von Ortschaften für 10 typische Fahrmuster bestimmt. Im realen Straßenverkehr jedoch gibt es mehr als 10 Fahrmuster. Deshalb wurden vom Umweltbundesamt ein Vielzahl von so genannten Verkehrssituationen definiert (als Kombination von Fahrmustern) und dafür die Emissionen gegeben. Verkehrssituationen sind durch die Merkmale eines Straßenabschnitts wie Geschwindigkeitsbeschränkung, Ausbaugrad, Vorfahrtregelung etc. charakterisiert.

PM2.5 bzw. PM10

Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm bzw. 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist. Als PM10-Konzentrationen werden im vorliegenden Gutachten die Feinstaubkonzentrationen, bestehend aus Partikeln mit aerodynamischem Durchmesser bis 10 µm betrachtet. Feinstaubkonzentrationen können aufgrund der Lungengängigkeit der Partikel gesundheitsgefährdender sein als Konzentrationen bestehend aus größeren Staubpartikeln.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Bremer Luftüberwachungssystem (BLUES) erfasst seit 1987 an ortsfesten Messstationen Daten zur Überwachung der Luftqualität. An der verkehrsbezogenen Messstation Verkehr 1 an der Straßenkreuzung Bismarckstraße / Schwachhauser Heerstraße in Bremen werden Überschreitungen des Grenzwertes für die Jahresmittelwerte der NO₂-Immissionen festgestellt.

Ziele der vorliegenden Untersuchung sind die Ursachenermittlung der hohen Schadstoffkonzentrationen an der BLUES-Messstation Bremen-Verkehr 1 und die Angabe geeigneter Minderungsmaßnahmen, um die Immissionen unter die Grenzwerte der 22. BImSchV zu senken. Zur Ursachenermittlung sind Ausbreitungsrechnungen für den Bereich um die Messstation durchgeführt worden, die u.a. die Einflüsse der dichten Bebauungssituation und die Schadstoffemissionen der umliegenden Quellen (z.B. Straßennetz) berücksichtigen.

Für das Jahr 2010 wurden Prognosen der Immissionen erstellt. Der Bereich um die Messstelle Verkehr 1 soll umgebaut werden. Die Prognosen sind für den Prognose-Nullfall = Variante A (heutige Verkehrsführung mit Einbahnverkehr Schleifmühlenweg/Dobbenweg) und die Variante B (Bündelung des Verkehrs auf dem Dobbenweg) durchgeführt worden. Bei beiden Prognosevarianten ist neue Bebauung u.a. in der Eduard-Grunow-Straße geplant.

Die vorliegende Untersuchung beschreibt die Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftschadstoffimmissionen im Untersuchungsgebiet. Dabei werden die Emissionen des Straßenverkehrs im Untersuchungsgebiet, sowie die lokalen Windverhältnisse und die großräumig vorliegende Hintergrundbelastung berücksichtigt. Betrachtet werden die Verkehrsbelegungen und Emissionen im Bezugsjahr 2002 bzw. im Prognosejahr 2010.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen auf den zu betrachtenden Straßen werden für das Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) ermittelt. Die PM₁₀-Emissionen des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden auch im neuen HBEFA 2.1 nicht behandelt. Die PM₁₀-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage neuester Ergebnisse aktueller Forschungsarbeiten (Lohmeyer, 2004a und 2004b). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem aktuellen Stand der Technik.

In dem zu betrachtenden Untersuchungsgebiet werden die Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse insbesondere durch die dichte städtische Bebauung geprägt. Für diesen Anwendungsbereich wird das mikroskalige Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM eingesetzt (Eichhorn, 1989, siehe auch <http://www.lohmeyer.de> unter Index MISKAM). Als Grundlage für die Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen mit dem Modell MISKAM wird daher die 3-dimensionale Raumstruktur erfasst. Hierfür wurden vom Auftraggeber und von GeoInformation Bremen in digitaler und analoger Form Umrisskoordinaten und Höhen der Gebäude (Katasterdaten) zur Verfügung gestellt.

Vergleich der Berechnungsergebnisse mit Messdaten

Zur Qualitätssicherung werden zunächst die berechneten Schadstoffkonzentrationen mit den vorliegenden Messdaten verglichen. Dazu werden die Messdaten der Messstelle Verkehr 1 und die temporären Messungen mit dem Messwagen in der Bismarckstraße und im Dobbenweg herangezogen. In der 22. BImSchV sind Ziele für die Datenqualität hinsichtlich der erforderlichen Genauigkeit der Beurteilungsmethoden als Richtschnur für Qualitätssicherungsprogramme definiert. Danach sind für Modellberechnungen der Tagesmittelwerte von NO₂ eine Genauigkeit von 50 % gefordert; für Jahresmittelwerte von NO₂ sind 30 % Genauigkeit und für Jahresmittelwerte von PM10 sind 50 % Genauigkeit gefordert.

Die gefundenen Abweichungen der berechneten Immissionen von den Messwerten liegen zwischen -29 % und +24 % bezogen auf den Immissionsgrenzwert. Die Datenqualitätsziele nach der 22. BImSchV werden somit erreicht.

Berechnungsergebnisse

Die ermittelten Benzolimmissionen unterschreiten im Bestand 2002 den Übergangsbeurteilungswert für Benzol. In den Prognosen 2010 für die Variante A und die Variante B sind die Benzolimmissionen geringer als im Bestand. Der Grenzwert nach 22. BImSchV von 5 µg/m³ wird in beiden Varianten unterschritten. In der Variante B sind die Benzolimmissionen im Dobbenweg und in der Bismarckstraße höher als in der Variante A.

Die berechneten Rußimmissionen unterschreiten in allen drei Untersuchungsfällen an den Gebäuden deutlich den Prüfwert nach der 23. BImSchV von 8 µg/m³. In den beiden Prognosen 2010 Variante A und Variante B sind die Rußimmissionen etwas geringer als im Bestand. Die Variante B weist im Dobbenweg und in der Bismarckstraße höhere Rußbelastungen als die Variante A auf.

Die PM10-Immissionen sind in allen drei Untersuchungsfällen hoch. Im Bestand 2002 wird der Übergangsbeurteilungswert von $44.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten. In den Prognosen für 2010 werden v.a. in der Variante B im Dobbenweg Überschreitungen des Grenzwertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Damit wird voraussichtlich dort auch der Grenzwert für die maximalen PM10-Tagesmittelwerte nicht eingehalten werden. Dies gilt auch für die Variante A.

Die 98-Perzentilwerte der NO_2 -Immissionen sind in allen drei Untersuchungsfällen an Gebäuden geringer als der Prüfwert nach 23. BImSchV von $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Äquivalentwert von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an Gebäuden auch nicht erreicht. Damit ist davon auszugehen, dass der NO_2 -Kurzzeitgrenzwert eingehalten wird.

Die ermittelten NO_2 -Immissionen im Jahresmittel im Untersuchungsgebiet sind sehr hoch. Im Bestand 2002 treten im Dobbenweg und in der Bismarckstraße Überschreitungen des Übergangsbeurteilungswertes nach 22. BImSchV für NO_2 -Immissionen von $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. In der Prognose 2010 für die Variante A sind die NO_2 -Immissionen etwas geringer als im Bestand. Der Grenzwert für das NO_2 -Jahresmittel von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird jedoch an Untersuchungspunkten im Dobbenweg, in der südwestlich anschließenden Eduard-Grunow-Straße und in der Bismarckstraße überschritten. Die Prognose 2010 für die Variante B ergibt dort ebenfalls Grenzwertüberschreitungen mit noch höheren NO_2 -Immissionen.

Fazit

Mit Hilfe der Ausbreitungsrechnungen konnte gezeigt werden, dass die NO_x -Emissionen des Straßenverkehrs einen dominanten Beitrag zur NO_2 -Immission an der BLUES-Messstelle Verkehr 1 liefern. Neben der Hintergrundbelastung ist der Straßenverkehr die Hauptursache der NO_2 -Belastung an dieser Messstation.

Die untersuchten Prognosen für das Jahr 2010 mit den zwei Varianten der Verkehrsführung und mit zusätzlicher Bebauung in der Eduard-Grunow-Straße können die Schadstoffbelastung nur an einigen Untersuchungspunkten verbessern. Die Überschreitungen des Grenzwertes von NO_2 am Verkehrsknoten Dobbenweg/ Bismarckstraße bleiben bestehen. Bei Variante A treten an der zusätzlichen Bebauung in der Eduard-Grunow-Straße und bei Variante B an Gebäuden auf der nördlichen Straßenseite im Dobbenweg und in der Eduard-Grunow-Straße höhere NO_2 -Immissionen als im Bestand 2002 auf. Die Variante B bedeutet geringere NO_2 -Immissionen in der Straße Außer der Schleifmühle und dem anschließenden Schleifmühlenweg, im hoch belasteten Dobbenweg und der Eduard-Grunow-Straße sind die NO_2 -Immissionen bei Variante B deutlich höher als bei Variante A.

Die beiden untersuchten Prognosevarianten sind nicht geeignet, die Einhaltung der nach 22. BImSchV geforderten Grenzwerte zu gewährleisten. Es sind andere Maßnahmen erforderlich, um die Schadstoffbelastung ausreichend zu verbessern.

Im Kapitel 7 werden Empfehlungen für Minderungsmaßnahmen gegeben, die geeignet erscheinen, die lokale Schadstoffbelastung am Untersuchungspunkt Verkehr 1 zu verringern. Die lufthygienische Situation im Untersuchungsgebiet ist geprägt durch die hohe Verkehrsbelastung mit täglichem Rückstau im Dobbenweg und auf der Bismarckstraße. Es wird davon ausgegangen, dass die Stausituationen auch durch die notwendige Teilung des Verkehrsraumes mit Straßenbahnen verursacht werden.

Es werden nur Maßnahmen mit lokalem Bezug aufgeführt, bei denen konkrete Minderungswirkung im Untersuchungsgebiet erwartet werden. Die praktische Durchführbarkeit der Maßnahmen wird hier nicht beachtet. Einige Maßnahmen sind als problematisch einzustufen, da neue Betroffenheiten auf anderen sensiblen Strecken (Straßenschlucht oder Straße mit schlechter Durchlüftung) geschaffen werden könnten. Um den NO_2 -Grenzwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu unterschreiten, muss die derzeitige Zusatzbelastung etwa halbiert werden. Die Umsetzung ist nur mit drastischen Maßnahmen zu realisieren.

2 AUFGABENSTELLUNG

Das Bremer Luftüberwachungssystem (BLUES) erfasst seit 1987 an ortsfesten Messstationen Daten zur Überwachung der Luftqualität. Neben diesen festen Stationen kommt zusätzlich ein mobiler Messwagen zum Einsatz, um an unterschiedlichen Belastungsschwerpunkten ergänzend Messungen durchführen zu können. An der verkehrsbezogenen Messstation Verkehr 1 an der Straßenkreuzung Bismarckstraße / Schwachhauser Heerstraße in Bremen werden Überschreitungen des Grenzwertes für die Jahresmittelwerte der NO₂-Immissionen festgestellt.

Das Untersuchungsgebiet ist in der **Abb. 2.1** dargestellt. Ziele des Projektes sind die Ursachenermittlung der hohen Schadstoffkonzentrationen an der BLUES-Messstation Bremen-Verkehr 1 (**Abb. 2.2**) und die Angabe geeigneter Minderungsmaßnahmen, um die Immissionen unter die Grenzwerte der 22. BImSchV zu senken. Zur Ursachenermittlung sind Ausbreitungsrechnungen für den Bereich um die Messstation (**Abb. 2.3** bis **Abb. 2.6**) durchzuführen, die u.a. die Einflüsse der dichten Bebauungssituation und die Schadstoffemissionen der umliegenden Quellen (z.B. Straßennetz) berücksichtigen. Die Situation im Untersuchungsgebiet erfordert u.a. die Berücksichtigung des Einflusses der Gebäude auf die Strömungsverhältnisse mit einem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell.

Ab 1. Januar 2010 ist der Grenzwert für Stickstoffdioxid (NO₂) zum Schutz der menschlichen Gesundheit einzuhalten. Für das Jahr 2010 sind deshalb Prognosen der Immissionen zu erstellen. Der Bereich um die Messstelle Verkehr 1 soll umgebaut werden. Die Prognosen sind für den Prognose-Nullfall = Variante A (**Abb. 2.7**, heutige Verkehrsführung mit Einbahnverkehr Schleifmühlenweg/Dobbenweg) und die Variante B (**Abb. 2.8**, Bündelung des Verkehrs auf dem Dobbenweg) durchzuführen. Bei beiden Prognosevarianten ist neue Bebauung u.a. in der Eduard-Grunow-Straße geplant.

Zur Verringerung der Immissionen sind verschiedene Handlungsmöglichkeiten im Hinblick auf ihre Minderungspotenziale zu prüfen. Die staatlichen Handlungsoptionen mit Auswirkungen durch die Einführung schadstoffgeminderter PKW und LKW werden hier nicht betrachtet.

Mögliche lokale (kommunale) Maßnahmen, z.B. lokal wirksame Verkehrslenkungsmaßnahmen, sind zu definieren und qualitativ hinsichtlich ihrer Auswirkungen zu bewerten. Die Minderungspotenziale für die verkehrsspezifischen Schadstoffimmissionen von PM10 und NO_x bzw. NO₂ sind zunächst durch Abschätzung der Emissionsminderungen einzustufen und ggfs. bei hinreichender Wirkung durch Ausbreitungsrechnungen zu quantifizieren.



Abb. 2.1: Untersuchungsgebiet mit berücksichtigtem Straßennetz Bestand (schwarz) und Messpunkten (rot)



Abb. 2.2: BLUES-Messstation „Bremen-Verkehr 1“, rechts Bismarckstraße, links Schwachhauser Heerstraße



Abb. 2.3: Blick Richtung Osten in die Bismarckstraße mit Messwagen



Abb. 2.4: Blick Richtung Nordosten im Dobbenweg mit Angabe des Standorts des Messwagens während der temporären Messungen



Abb. 2.5: Blick Richtung Nordosten über den Verkehrsknoten in die Schwachhauser Heerstraße



Abb. 2.6: Blick von der Messstation „Bremen-Verkehr 1“ Richtung Westen in die Straße Außer der Schleifmühle (rechts) und in den Dobbenweg (links)



Abb. 2.7: Gestaltung Umbau Rembertiring/Dobbenweg Variante A (Prognose Nullfall)



Abb. 2.8: Gestaltung Umbau Rembertiring/Dobbenweg Variante B (Verkehrsbündelung)

3 VORGEHENSWEISE

Die vorliegende Untersuchung beschreibt die Auswirkungen des Verkehrs auf die Luftschadstoffimmissionen im Untersuchungsgebiet. Dabei werden die Emissionen des Straßenverkehrs auf dem in **Abb. 2.1** markierten Straßennetz, sowie die lokalen Windverhältnisse und die großräumig vorliegende Hintergrundbelastung berücksichtigt. Betrachtet werden die Verkehrsbelegungen und Emissionen im Bezugsjahr 2002 bzw. im Prognosejahr 2010.

3.1 Ausgangssituation Luftschadstoffimmissionen

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert bzw. zum Prüfwert nach 22. BImSchV und 23. BImSchV. In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie relevanten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Schadstoffkomponenten zusammenfassend dargestellt.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Prüfwert	-	160 (98-Perz.)
NO ₂	Grenzwert in 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen / Jahr)
Benzol	Grenzwert in 2010	5	-
Benzol	Prüfwert	10	-
Ruß	Prüfwert	8	-
PM10	Grenzwert in 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen / Jahr)

Tab. 3.1: Relevante Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 22. BImSchV und 23. BImSchV und die Vorsorgewerte des LAI.

Die 22. BImSchV sieht für die Jahre zwischen dem Inkrafttreten und dem Jahr der Geltung des jeweiligen Grenzwertes Toleranzmargen vor. Grenzwert plus Toleranzmarge wird Übergangsbeurteilungswert genannt. Bei Überschreitung des Übergangsbeurteilungswertes entsteht die Erfordernis der Erstellung eines Luftreinhalteplans. Für den Jahresmittelwert von NO₂ bedeutet die Toleranzmarge beispielsweise eine Anhebung des Übergangsbeurteilungswertes gegenüber dem Grenzwert um $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr vor 2010.

Die Übergangsbeurteilungswerte aller hier relevanten Luftschadstoffe betragen für das hier betrachtete Jahr 2002 für NO₂ $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel und $280 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Kurzzeitbelastung, für Benzol $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel und für PM10 $44.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel und $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die Kurzzeitbelastung.

Die in der 23. BImSchV festgelegten Konzentrationswerte für NO₂, Ruß und Benzol wurden an allen Bremer Verkehrsmessstellen unterschritten. Die für Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid und Benzol in der 22. BImSchV festgelegten Grenzwerte wurden im Jahr 2002 in Bremen unterschritten (BLUES, 2002).

Im Jahr 2002 wurde der ab 1.1.2010 einzuhaltende Immissionsgrenzwert von 40 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel an den beiden Stationen Bremen-Verkehr 1 und Bremen-Verkehr 2 mit 59 µg/m³ und 55 µg/m³ überschritten (BLUES, 2002). Der für 2002 einzuhaltenden Grenzwert unter Einbeziehung der geltenden Toleranzmarge von 56 µg/m³ NO₂ wurde an der Messstation Bremen-Verkehr 1 überschritten. Aufgrund dieser Überschreitung von Grenzwert inklusive Toleranzmarge ist ein Luftreinhalteplan entsprechend § 47 BImSchG zu entwickeln.

Der ab 1.1.2005 einzuhaltende Immissionsgrenzwert für Feinstaub (PM10) von 40 µg/m³ im Jahresmittel wird an keiner Messstation überschritten. An den verkehrsnahen Messstationen wurden als Mittelwert 33 µg/m³ ermittelt. Der einzuhaltende Tages-Immissionswert von 50 µg/m³, mit maximal 35 zulässigen Überschreitungen im Kalenderjahr, wurde mit 33 gemessenen Überschreitungen auch an den verkehrsnahen Messstationen knapp unterschritten (BLUES, 2002).

Gemäß der Fragestellung und der Immissionssituation werden in der vorliegenden Untersuchung die Schadstoffe Stickoxide (NO_x bzw. NO₂) und Feinstaubpartikel (PM10) behandelt. Zusätzlich werden die Immissionen von Benzol und Ruß betrachtet.

3.2 Berechnungsverfahren

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen auf den zu betrachtenden Straßen werden für das Bezugsjahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge (Emissionsfaktoren) einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 2.1 (UBA, 2004) ermittelt. Die PM10-Emissionen des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden auch im neuen HBEFA 2.1 nicht behandelt. Die PM10-Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage neuester Ergebnisse aktueller Forschungsarbeiten (Lohmeyer, 2004a und 2004b). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem aktuellen Stand der Technik. Die Erkenntnisse der o.a. Forschungsprojekte belegen im Vergleich zum bisherigen Ansatz nach

Lohmeyer (2001) deutlich geringere PM10-Emissionen für Autobahnen und Außerortsstraßen.

Zur Ermittlung der Immissionen im Untersuchungsgebiet werden die berechneten Emissionen des fließenden Verkehrs auf den innerhalb des Untersuchungsgebietes liegenden Straßen berücksichtigt.

Mithilfe der Informationen über Verkehrsflussparameter, wie Verkehrsdichte, Fahrgeschwindigkeit, Staulänge usw., werden sog. Verkehrssituationen entspr. HBEFA sowie Stauanteile für die einzelnen Straßenabschnitte festgelegt, die als Attribute der Segmente digitalisiert werden. Die Schadstoffemissionsdichten auf den betrachteten Straßenabschnitten werden auf Grundlage der Verkehrsmengen und der den zugeordneten Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren berechnet. Die Emissionsdichten dienen als Grundlage für die Ermittlung der Immissionen. Die notwendigen Daten zur Meteorologie und Hintergrundbelastung werden durch Auswertung von Messdaten erstellt bzw. abgeleitet.

In dem zu betrachtenden Untersuchungsgebiet werden die Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse insbesondere durch die dichte städtische Bebauung geprägt. Für diesen Anwendungsbereich wird das mikroskalige Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM eingesetzt (Eichhorn, 1989, siehe auch <http://www.lohmeyer.de> unter Index MISKAM). Das Modell MISKAM wurde anhand mehrerer Datensätze aus Windkanälen und Naturmessreihen überprüft (Eichhorn et al., 1995, Schädler et al., 1996) und für die Ermittlung von verkehrsbedingten Immissionen als gut geeignet befunden. 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.

Mit dieser Methodik ist es möglich, die Gebäudeumströmung im mikroskaligen Bereich explizit zu berücksichtigen. Hierzu werden die einzelnen Gebäude mit ihren Abmessungen (Höhe, Grundriss) und Positionen im Gelände in einem Rechengebiet von ca. 1200 x 1000 m² und einer Höhe von ca. 500 m abgebildet. Es wurde ein nichtäquidistantes Gitter erzeugt. Die Auflösung im sensitiven Bereich beträgt 1 m bis 2 m horizontal und 0.6 m vertikal.

Die Berechnungen erfolgten mit dem PC-Programm WinMiskam Version 1.96b und dem Modell MISKAM Version 4.21. Zunächst wurde in 10-Gradschritten die Anströmrichtung (Windrichtung) variiert und die zugehörigen 3-dimensionalen Strömungsfelder (Windrichtung und Windgeschwindigkeit) mit dem mikroskaligen Strömungsmodell MISKAM berechnet.

Unter Berücksichtigung der Emissionen der umliegenden Straßen wurden mit dem Modell für alle betrachteten Windrichtungen die Immissionsbeiträge verursacht durch die Schadstoffemissionen für jede Rasterzelle des Rechengebiets von MISKAM berechnet.

3.2.1 Ermittlung der statistischen Immissionskenngrößen

Auf der Grundlage der in Kap. 4 aufgeführten Windstatistik und der Emissionsganglinien werden die statistischen Jahreskennwerte der Schadstoffimmissionen für die einzelnen Rasterzellen des Rechengitters ermittelt. Den so berechneten verkehrsbedingten Schadstoffkonzentrationen (Zusatzbelastung), verursacht vom ruhenden und fließenden Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert.

3.2.2 Ermittlung der Kurzzeitbelastung

Die novellierte 22. BImSchV definiert neue Werte der Kurzzeitbelastung von NO_2 . Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass der neue Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der 98-Perzentilwert $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite auf Grund von Messdaten verschiedener Messstellen ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der neue EG-Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird (= Äquivalentwert EG-RL).

Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 22. BImSchV auch ein 24-Stunden-Grenzwert für Partikel (PM10-Kurzzeitwert) von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definiert, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf. Mit dem vorgeschlagenen Berechnungsverfahren für die PM10-Emissionen (Kap. 5) können keine verlässlichen Tages- oder Stundenmittelwerte ermittelt werden. Zur Berechnung von Tagesmittelwerten wären zudem Zeitreihen der Stundenmittelwerte der meteorologischen Parameter über mindestens 1 Jahr sowie eine Zeitreihe der Tagesmittelwerte der Hintergrundbelastung notwendig. Beide liegen für die zu betrachtende Planung nicht vor und sind auch nur mit hohem Aufwand zu erstellen.

Deshalb wird hier eine alternative Vorgehensweise gewählt, die sich an die o.a. Betrachtung der NO_2 -Immissionswerte sowie an das Vorgehen in Moorcroft et al. (1999) anlehnt. Die Auswertung gemessener PM10-Jahreszeitreihen von Messstationen der Landesumweltäm-

ter und des Umweltbundesamtes (**Abb. 3.1**) zeigt eine gute Korrelation der Anzahl der PM10-Überschreitungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert.

Entsprechend der Darstellung in **Abb. 3.1** kann bei pessimistischer Betrachtungsweise abgeschätzt werden, dass weniger als 35 Überschreitungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Tagesmittel pro Jahr auftreten werden, wenn der PM10-Jahresmittelwert $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreitet. Die Streuung der Messdaten ist groß, es gibt Standorte für die bei $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel 35 Überschreitungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit eine Einhaltung des Grenzwertes festgestellt wurden.

Die statistische Auswertung der Messdaten ergibt für den „best Fit“ plus einem Sicherheitszuschlag von zwei Standardabweichungen (95% der Messwerte) einen Schwellenwert von $28 \mu\text{g PM10}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert (= Äquivalentwert EG-RL). Für den o.g. Übergangsbeurteilungswert ergibt die analoge Betrachtung einen Schwellenwert von $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

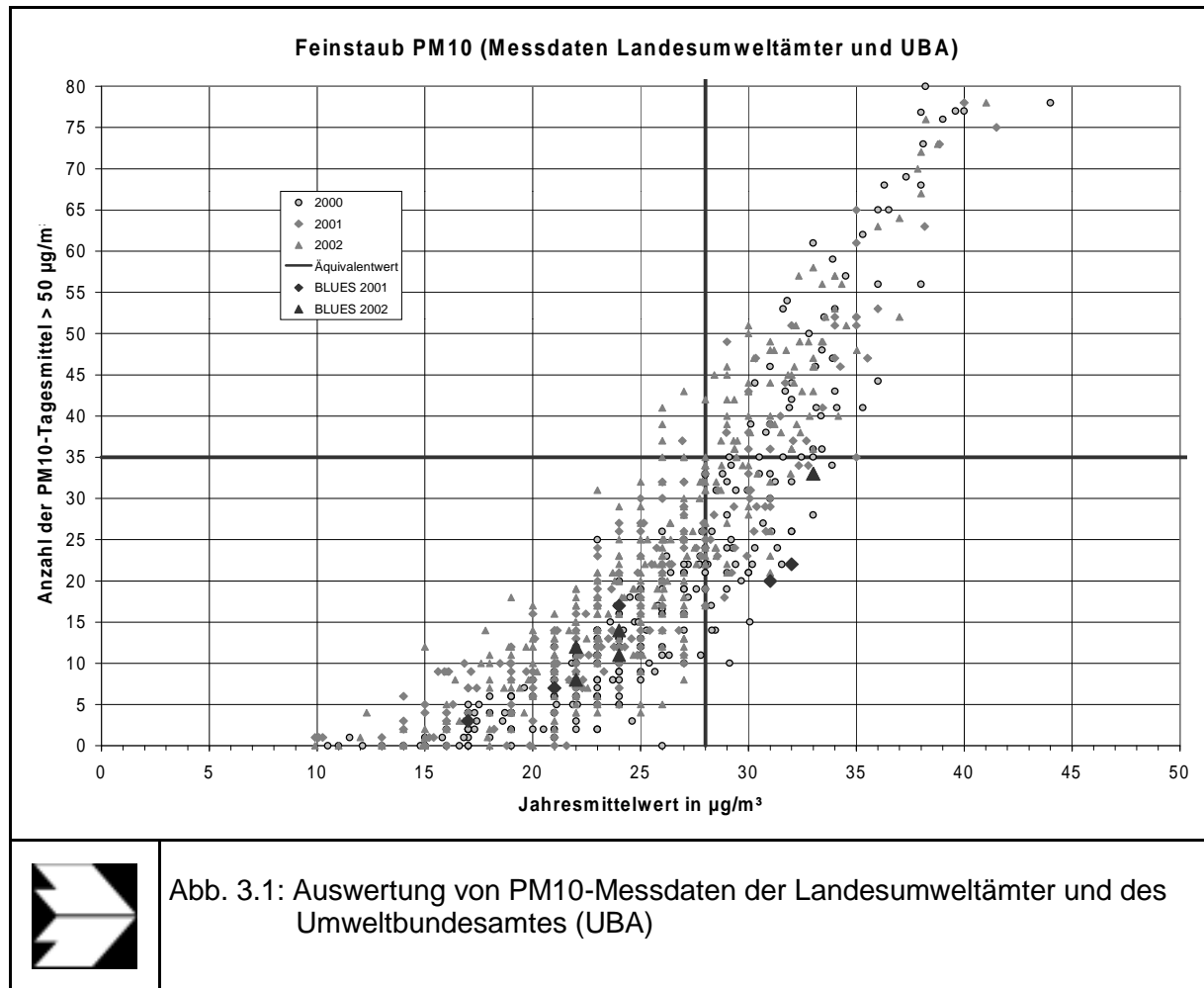
Allerdings weisen die PM10-Messdaten der Bremer Verkehrsmessstationen auch bei $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel nur 33 Tagesmittel mit mehr als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Der Äquivalentwert kann daher als pessimistische Abschätzung gelten.

3.3 Prognosen und Minderungsmaßnahmen

Die Prognosen der Verkehrsmengen werden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt (siehe Kap. 4). Die künftige Entwicklung der KFZ-Emissionen bedingt durch technische Minderungsmaßnahmen am Fahrzeug wird auf der Grundlage des HBEFA berücksichtigt.

Die Szenarien zur Emissionsminderung werden in Anlehnung an die Vorschläge des Ad hoc-AK "Maßnahmenplanung" des Länderausschusses für Immissionsschutz ausgearbeitet. Dabei werden die konkreten lokalen Randbedingungen (Verkehrszusammensetzung und Verkehrsfluss) berücksichtigt.

Die Wirkungen der Maßnahmen werden auf der Grundlage einschlägiger Literatur (z.B. Handbuch zur Beurteilung emissionsmindernder Maßnahmen im Straßenverkehr) und Erkenntnissen aus verkehrslenkenden Maßnahmen abgeleitet.



4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage der Gebäude und Straßen und der sonstigen Emissionsquellen im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Die Verkehrsdaten, die Lagepläne und die digitalen Daten des Bebauungskatasters wurden vom Auftraggeber geliefert. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung.

Grundlage der vorliegenden Untersuchung sind u.a. die nachfolgenden Unterlagen:

- Rembertiring, digitale Raumkoordinaten und Bebauungsdaten, GeoInformation Bremen, 21. November 2003.
- Variantenuntersuchung Dobbenweg – Vorplanung - Lageplan (Variante A), BPR Beraten Planen Realisieren, Bremen, März 2001
- Variantenuntersuchung Dobbenweg – Vorplanung - Lageplan (Variante B), BPR Beraten Planen Realisieren, Bremen, März 2001
- Variantenuntersuchung Dobbenweg – Vorplanung (Planfall 5a) - Übersichtslageplan, BPR Beraten Planen Realisieren, Bremen, März 2001
- Verkehrsmengen im Bereich Dobbenweg – Bestand 2001/2002, Prognose-Fall 1a (2010) = Variante A, Prognose-Fall 5a (2010) = Variante B, Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen
- Zählraten (fahrstreifenfein) der automatischen Verkehrszählungen am Knoten Dobbenweg / Bismarckstraße vom 05.05.2003 bis 12.05.2003, Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen
- Berichte über die Messergebnisse des Bremer Luftüberwachungssystems BLUES, Hrsg.: Freie Hansestadt Bremen, Senator für Bau, Umwelt und Verkehr
- Schadstoffmessdaten der BLUES-Stationen Verkehr 1 und Bremen-Mitte, sowie der temporären Messungen mit dem Messwagen in der Bismarckstraße vom 01.06.2003 bis 15.09.2003 und im Dobbenweg vom 02.10.2003 bis 06.11.2003
- meteorologische Messdaten der BLUES-Station Bremen-Mitte
- Ortstermin am 10. Juli 2003

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden für die zu berücksichtigenden Straßen in Form von Tagesverkehrsmengen vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Die Verkehrsbelegungsdaten auf den Straßenabschnitten im Untersuchungsgebiet bestehen aus Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV in KFZ/24h) und des LKW-Anteils (Schwerverkehr). Die für die Untersuchung angesetzten Verkehrsdaten im Untersuchungsgebiet sind in der **Abb. 4.1** für die Bestandssituation im Jahr 2002, in der **Abb. 4.2** für die Variante A Prognose 2010 und in der **Abb. 4.3** für die Variante B Prognose 2010 aufgeführt.

Erfahrungsgemäß gibt es derzeit nach Angaben des Auftraggebers u.a. am Knoten Dobbenweg/ Bismarckstraße regelmäßig Verkehrsstau. Nach Leistungsfähigkeitsberechnungen (Verkehrsfluss-Simulationen) ist auch in den Planfällen Variante A und Variante B von regelmäßigen Stausituationen auszugehen mit deutlich längeren Staulängen bei Variante B.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen. Diese Ganglinien (**Abb. 4.4**) wurden anhand von Straßenverkehrszählungen auf dem Knoten Außer der Schleifmühle/ Schwachhauser Heerstraße/ Bismarckstraße/ Dobbenweg ermittelt.

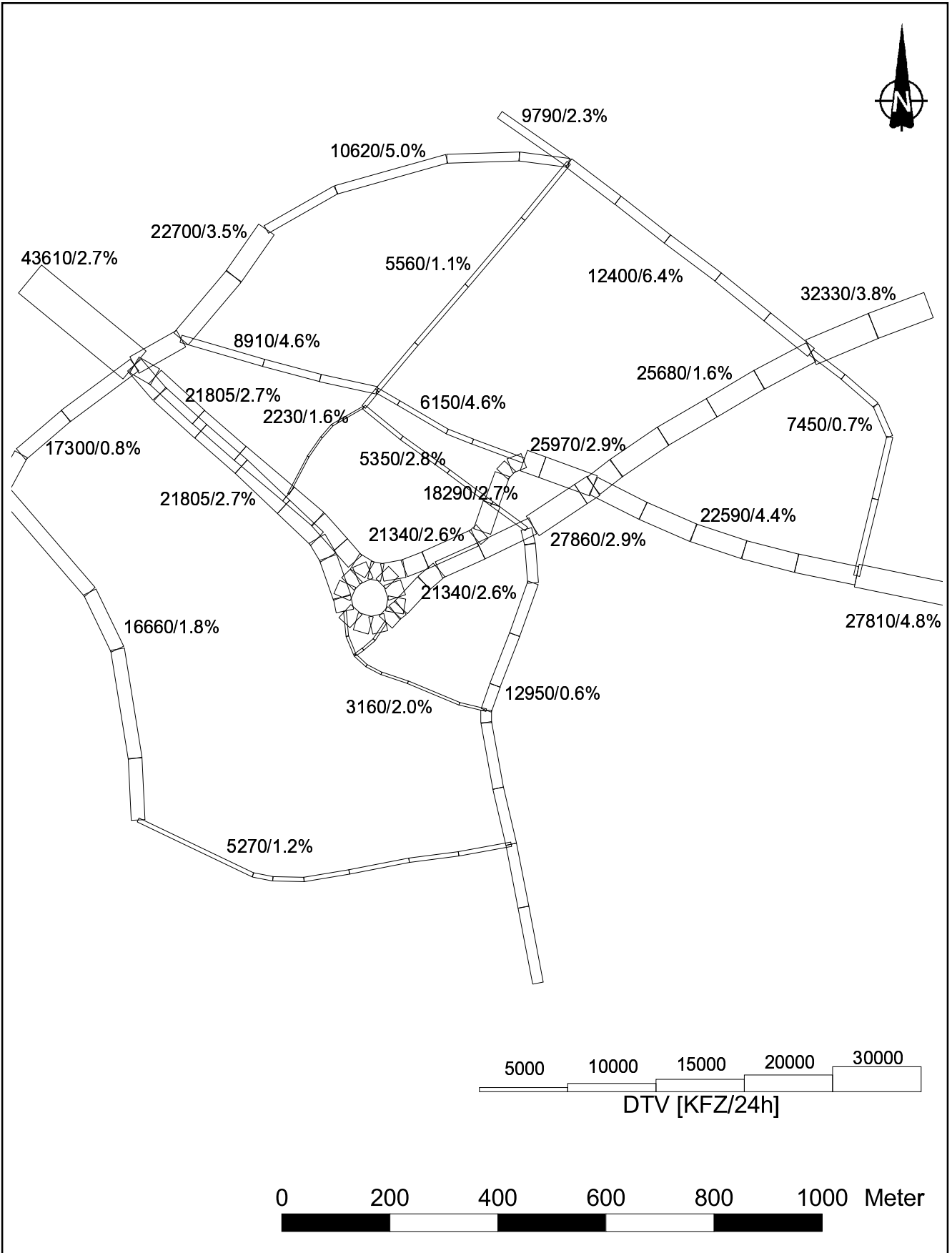


Abb. 4.1: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [KFZ/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem berücksichtigten Straßennetz Bestand 2001/2002

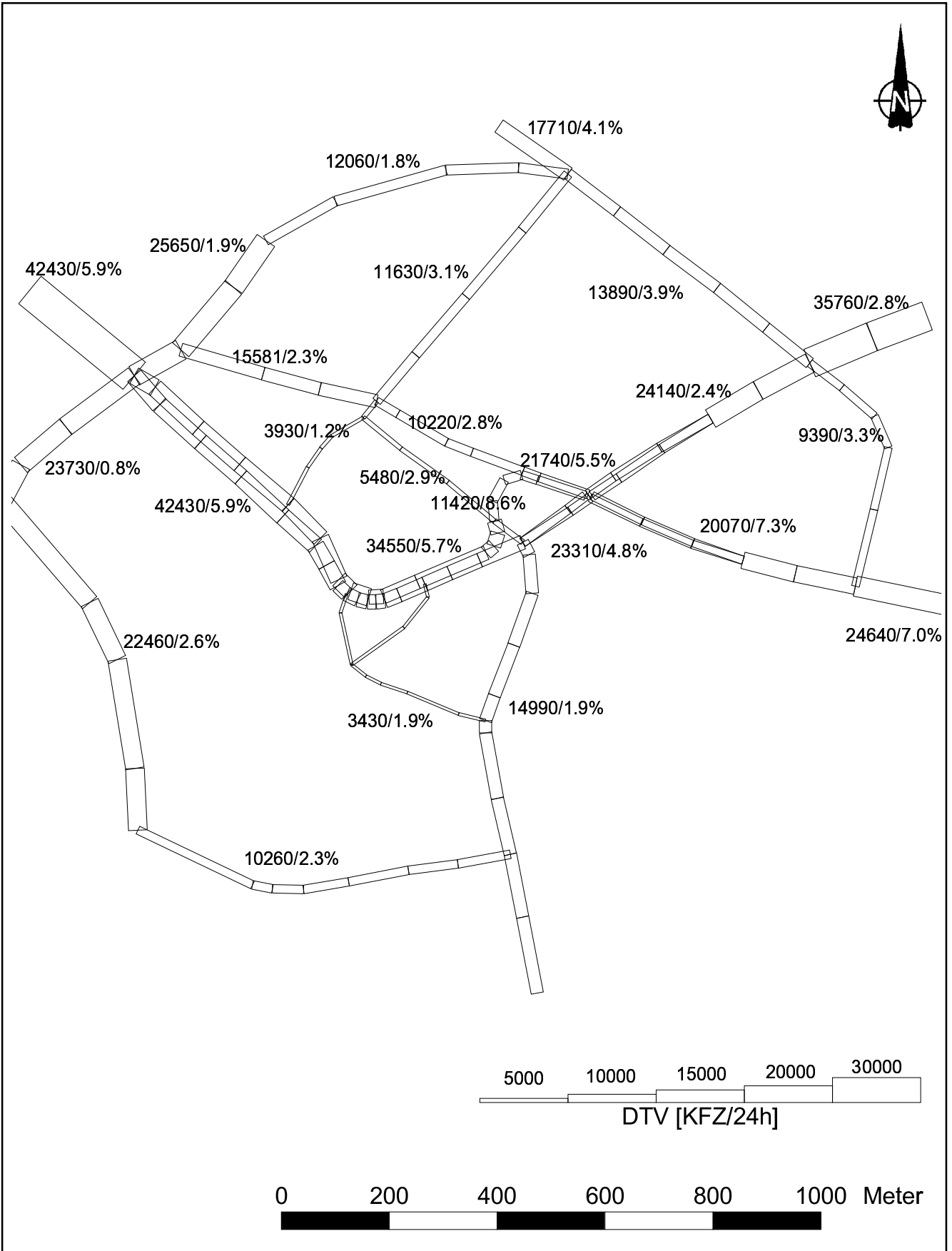
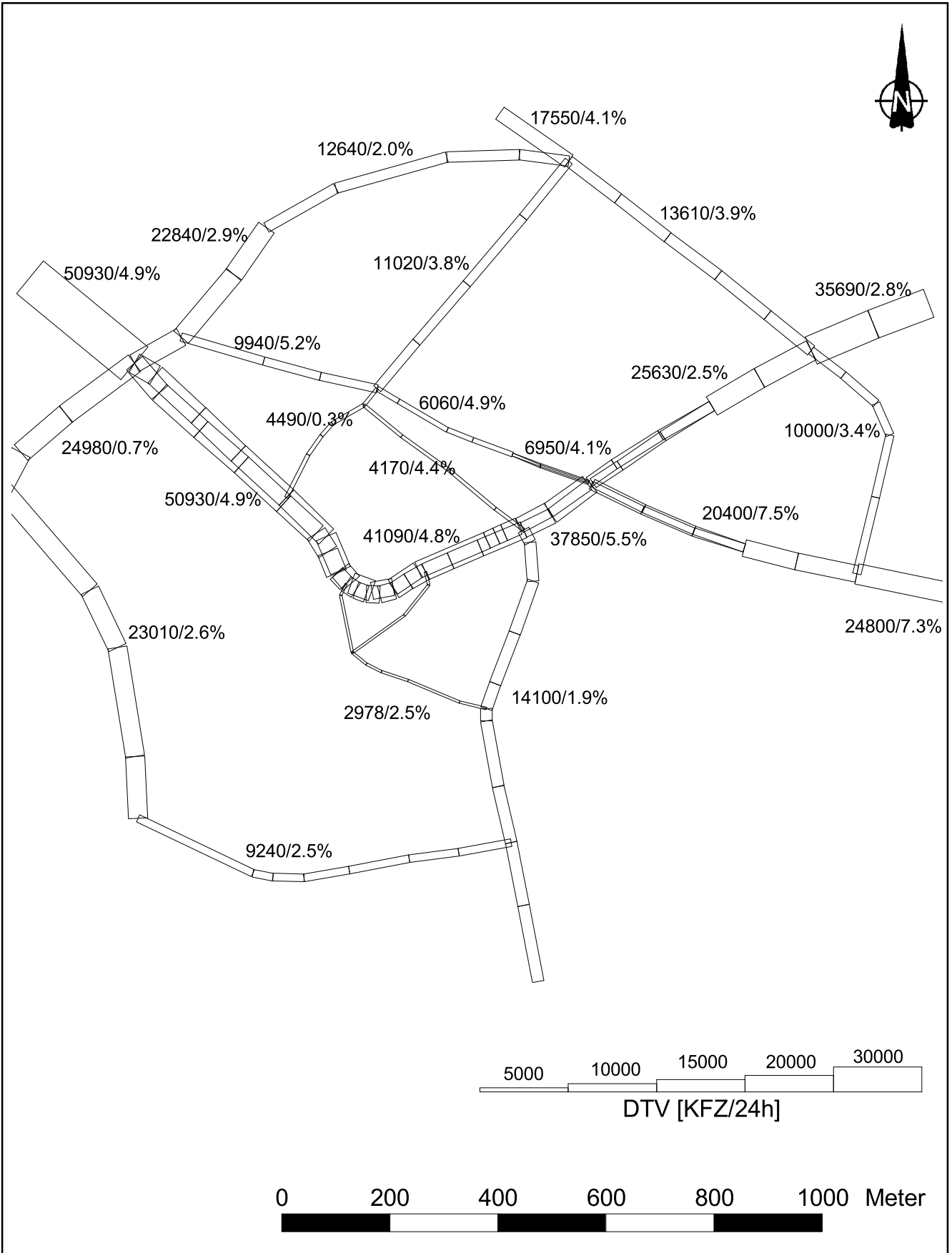


Abb. 4.2: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [KFZ/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem berücksichtigten Straßennetz Variante A 2010



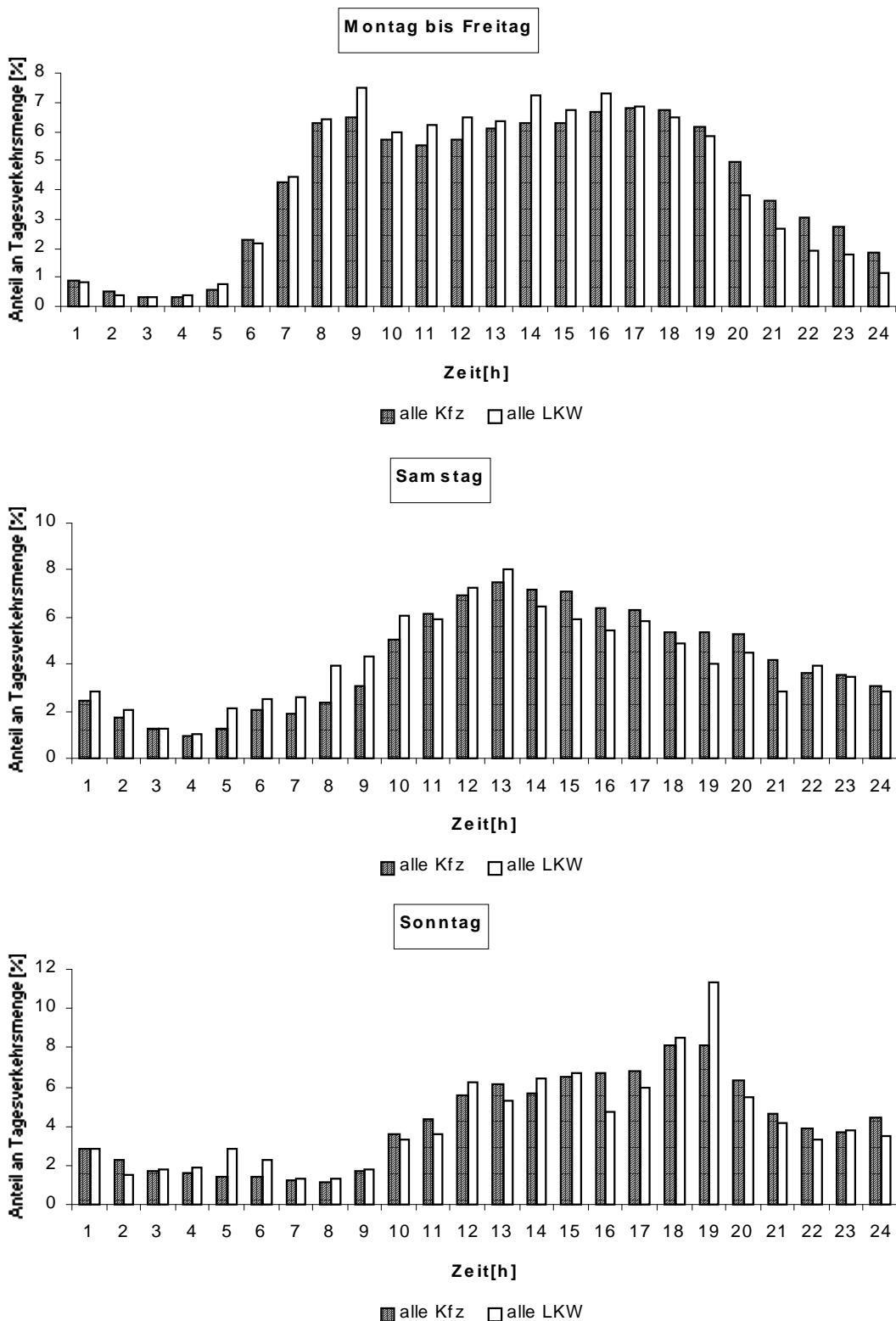


Abb. 4.4: Verkehrstagesganglinien Knoten Außer der Schleifmühle/ Schwachhauser Heerstraße/ Bismarckstraße/ Dobbenweg
Verkehrszählung vom 05.05. bis 12.05.2003

4.2 Bebauungsdaten

Die Bebauungssituation im Untersuchungsgebiet erfordert die detaillierte Berücksichtigung der Gebäudeeinflüsse auf die Luftströmungen. Als Grundlage für die Strömungs- und Ausbreitungsrechnungen mit dem Modell MISKAM wird daher die 3-dimensionale Raumstruktur erfasst. Hierfür wurden vom Auftraggeber und von GeoInformation Bremen in digitaler und analoger Form Umrisskoordinaten und Höhen der Gebäude (Katasterdaten) zur Verfügung gestellt (**Abb. 4.5**). Das erzeugte digitale, 3-dimensionale Gebäudemodell im Bestand ist in der **Abb. 4.6** perspektivisch dargestellt.

Basierend auf den Lagedaten wird ein geeignetes Rechengitter abgebildet, das in relevanten Bereichen wie Straßenraum, Emissionsbereich etc. hoch aufgelöst ist. Das gewählte Rechengitter weist eine Ausdehnung von 1 183 m mal 1 014 m bei einer Gesamthöhe von 525 m auf. Das Rechengitter setzt sich aus 174 x 178 x 35 Einzelzellen zusammen. Die Gitterauflösung variiert, in den interessierenden und strömungsmechanisch relevanten Bereichen beträgt die horizontale Auflösung 1 bis 2 m und die vertikale Auflösung 0.6 m.

Die Gebäude und die Emissionsquellen werden in dieses Gitter übertragen (**Abb. 4.7**). Die Emissionen des Verkehrs werden entsprechend Kap. 5 ermittelt. Die Annäherung der Gebäude durch Quader ist durch die Anforderungen des Rechenmodells notwendig. Die Lage und die räumliche Ausdehnung der Schadstoffemissionsquellen sind in **Abb. 4.7** schwarz markiert. Zur Veranschaulichung der Gebäudeeinflüsse ist in der **Abb. 4.8** exemplarisch ein Ausschnitt des berechneten bodennahen Strömungsfeldes für die Windrichtung 230° (Südwest) dargestellt.

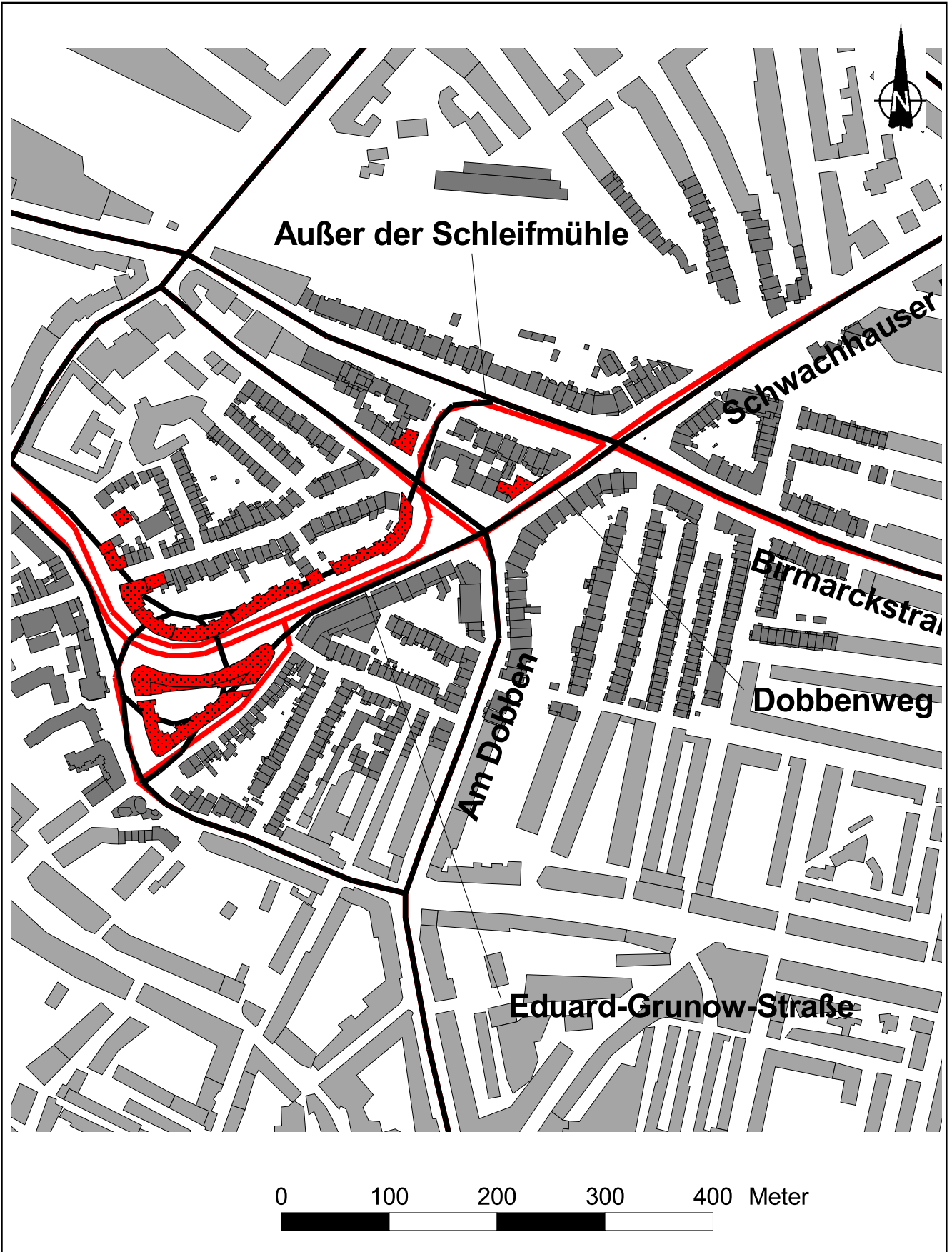


Abb. 4.5: Untersuchungsgebiet mit berücksichtigtem Straßennetz und Bebauung, Bestand (schwarz/grau), Variante A (rot)

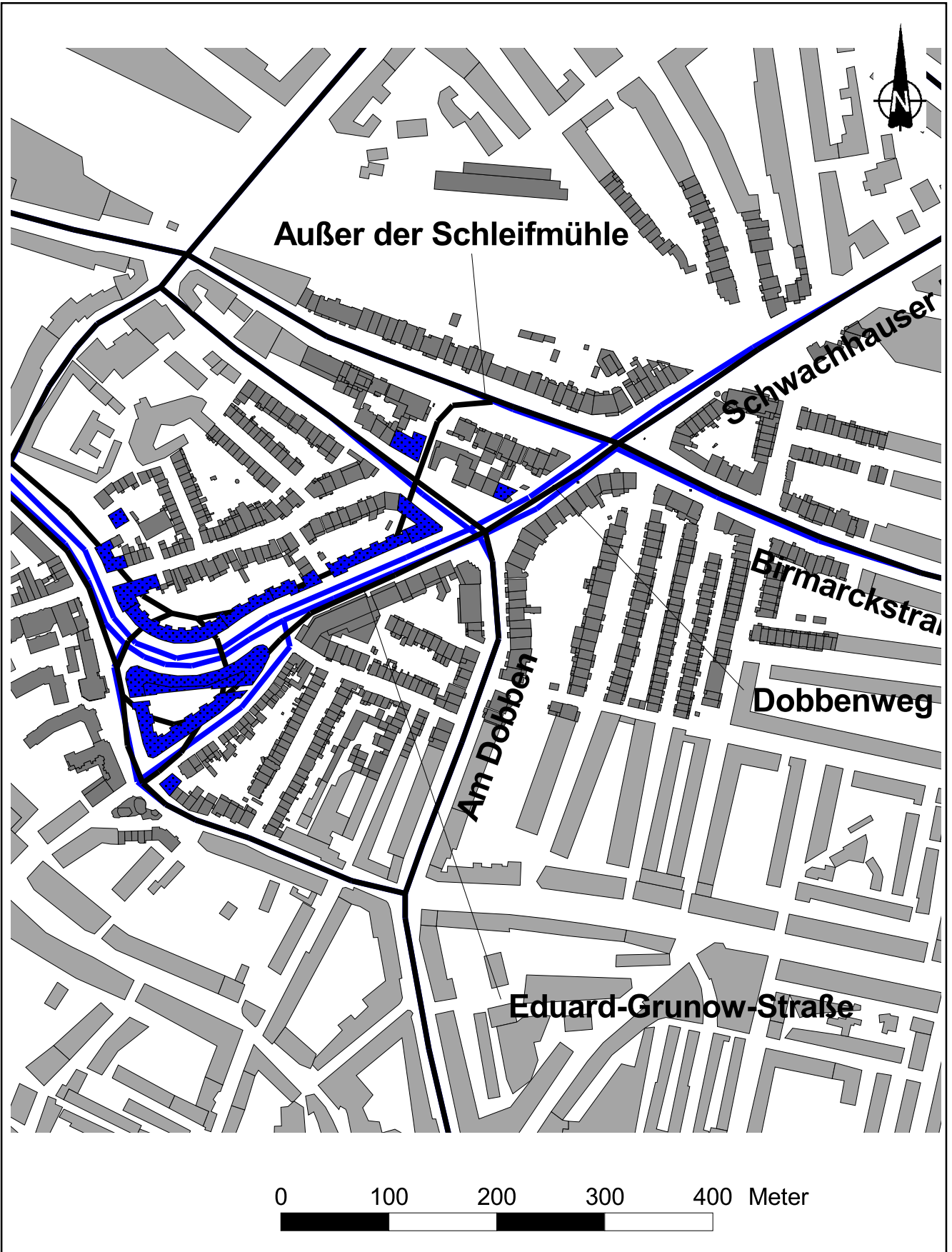


Abb. 4.6: Untersuchungsgebiet mit berücksichtigtem Straßennetz und Bebauung, Bestand (schwarz/grau), Variante B (blau)

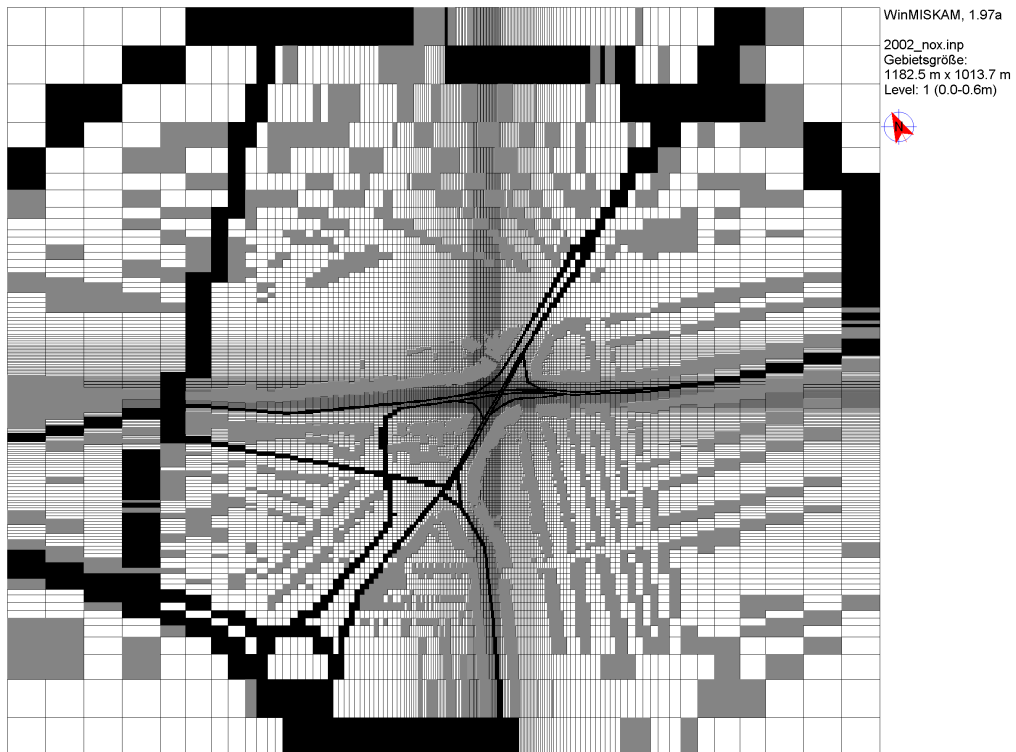


Abb. 4.7: Rechengitter / MISKAM mit Quellboxen (schwarz) - Bestandsituation

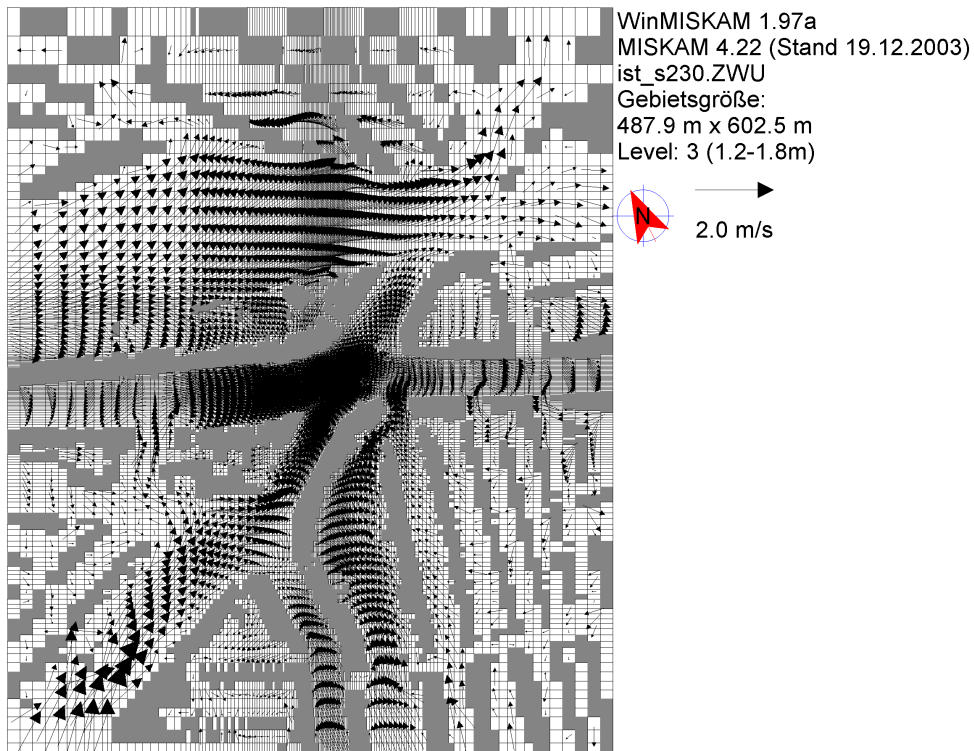


Abb. 4.8: Ausschnitt des berechneten Strömungsfeldes (bodennah) für die regionale Anströmung aus 230° (Windrichtung Südwest)- Bestandsituation

4.3 Meteorologische Daten

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

Die Ausbreitungsklassenstatistik des Standortes Bremen-Flughafen mit einer mittleren Windgeschwindigkeit von 4.3 m/s ist für den Innenstadtbereich nicht anwendbar. In der Nähe des Untersuchungsgebietes liegt die BLUES-Messstation Bremen-Mitte (Kurzbezeichnung DEHB001), für die Messdaten meteorologischer Parameter vorliegen. Der Stationstyp wird mit „Stadt, Hintergrund“ angegeben. Die Station steht auf dem Gelände des Wasserwirtschaftsamtes an der Theodor-Heuss-Allee. Im Umkreis von 1000 m befindet sich mehrgeschossige Wohnbebauung, Gewerbe und die überwiegend als Großparkplatz genutzte Bürgerweide.

Die in der **Abb. 4.9** dargestellte Statistik der Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten für die Station Bremen-Mitte basiert auf 3-jährigen Windmessungen. Die Statistik zeigt einen hohen prozentualen Anteil von Windströmungen aus westlichen und südöstlichen Richtungen. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 2.3 m/s und liegt im erwarteten Bereich für innerstädtische Bereiche. Diese Windstatistik wurde für die Immissionsprognosen für das Jahr 2010 angesetzt.

Die Auswertung der Winddaten der Station Bremen-Mitte für das Jahr 2002 (**Abb. 4.10**) ergibt leichte Verschiebungen der Häufigkeitsverteilung und eine mittlere Windgeschwindigkeit von 2.4 m/s. Die entsprechenden Windverteilungen während der temporären Messphasen mit dem Messwagen in der Bismarckstraße vom 01.06.2003 bis 15.09.2003 (**Abb. 4.11**) und im Dobbenweg vom 02.10.2003 bis 06.11.2003 (**Abb. 4.12**) zeigen dagegen deutlich unterschiedliche Richtungsverteilungen und geringere Windgeschwindigkeiten.

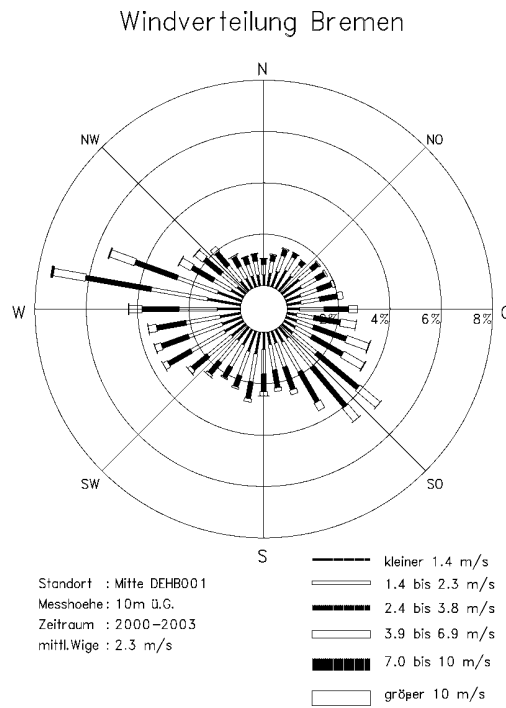


Abb. 4.9: Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für Bremen-Mitte, Zeitraum 01.01.2000 bis 15.12.2003

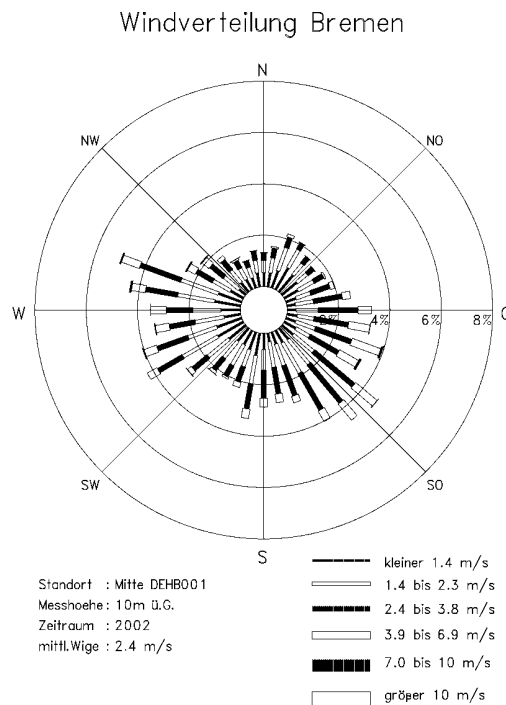


Abb. 4.10: Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für Bremen-Mitte, Zeitraum 01.01.2002 bis 31.12.2002

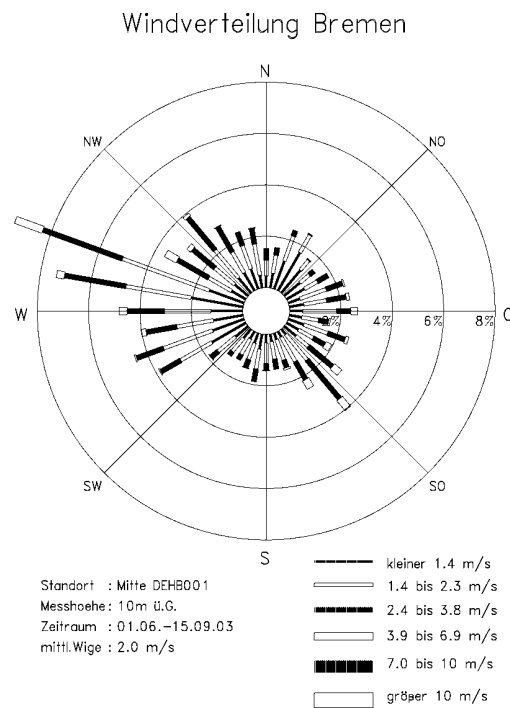


Abb. 4.11: Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für Bremen-Mitte, Zeitraum Messphase Bismarckstraße 01.06.2003 bis 15.09.2003

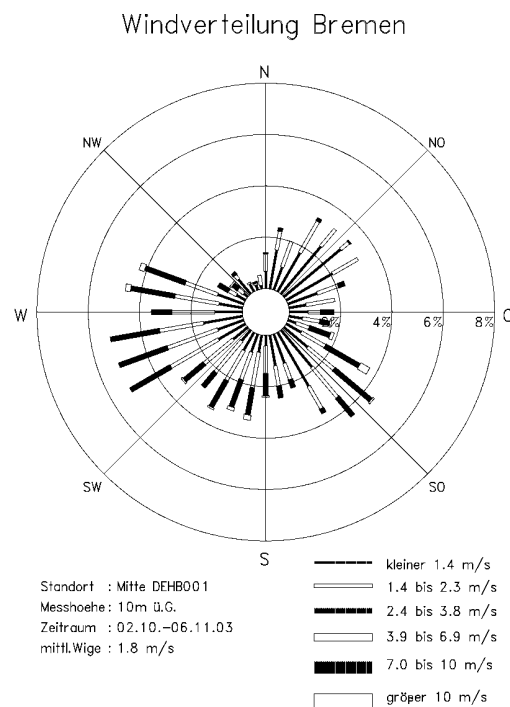


Abb. 4.12: Häufigkeitsverteilung von Windrichtung und Windgeschwindigkeit für Bremen-Mitte, Zeitraum Messphase Dobbenweg 02.10.2003 bis 06.11.2003

4.4 Hintergrundbelastung

Die Immissionskonzentration eines Schadstoffes setzt sich zusammen aus der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der verkehrsbedingten Zusatzbelastung. Die Hintergrundbelastung resultiert aus Schadstoffemissionen der Industrie, von Hausbrand und außerhalb des Untersuchungsgebietes liegendem Verkehr sowie aus dem überregionalen Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die bei den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigten Quellen vorläge. Zur Bestimmung der Gesamtbelastung muss die Hintergrundbelastung aus Messdaten abgeleitet werden.

Der Bremer Senat für Bau und Umwelt betreibt das Bremer Luftüberwachungssystem (BLUES) zur kontinuierlichen Immissionsüberwachung. In den Jahres- und Monatsberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (BLUES, 2000-2003). Die vorliegenden Daten für Bremer Stationen sind in der **Tab. 4.1** aufgeführt. Die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen kontinuierlich betriebenen BLUES-Messstationen sind Bremen-Mitte und Bremen-Ost. Beide Stationen werden als städtische Hintergrundstationen typisiert.

Die für die Immissionsprognosen angesetzten Hintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet (**Tab. 4.2**) wurden auf der Grundlage der o.a. Messdaten und in Abstimmung mit der Bremer Umweltbehörde abgeleitet.

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 die zu erwartenden Reduktionen gibt es erste Abschätzungen, deren Ergebnisse im Herbst 2001 mit dem LAI-Unterausschuss „Verkehrsimmissionen“ abgestimmt und in MLuS 02 (2002) veröffentlicht wurden.

Für das Prognosejahr 2010 ergeben diese Abschätzungen die in der **Tab. 4.3** angegebenen Reduktionsfaktoren, mit denen man die ebenfalls dort angegebenen geschätzten Hintergrundbelastungswerte erhielte. Bei diesen Reduktionsfaktoren handelt es sich um mittlere Werte bezogen auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall können diese Reduktionen je nach regionaler Emissionsentwicklung auch geringer oder höher ausfallen oder in Zunahmen umschwenken. Insbesondere sind die Auswirkungen der in Kap. 5 diskutierten nötigen Korrekturen der NO_x-Emissionsfaktoren für Schwere Nutzfahrzeuge nicht berücksichtigt. Angesichts der Unsicherheiten der o.a. Abschätzungen werden in der vorliegenden Studie

die in **Tab. 4.2** genannten Hintergrundbelastungswerte auch für das Prognosejahr 2010 angesetzt.

Komponente	Zeit- raum	Bremen- Mitte	Bremen- Ost	Bremen- West	Bremen- Nord	Bremen- Verkehr 1	Bremen- Verkehr 2
NO ₂ Jahresmittel	2000	21	22	29	27	56	41
	2001	27	22	33	26	63	55
	2002	26	23	30	22	59	55
	2003*	27	25	27	24	55	60
NO ₂ 98-Perzentil	2000	58	54	68	66	117	105
	2001	60	53	72	61	137	119
	2002	68	57	79	54	130	115
	2003*	70	63	71	60	117	126
PM10 Jahresmittel	2000	22	--	--	--	28	31
	2001	24	17	--	--	32	31
	2002	24	22	--	24	33	33
	2003*	27	--	27	27	35	39
Ruß Jahresmittel	2001	--	--	--	--	--	4.4
	2002	--	--	--	--	--	3.4
	2003*	--	--	--	--	--	2.1
Benzol Jahresmittel	2001	--	--	--	--	--	5.6
	2002	--	--	--	--	--	4.5

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] an BLUES-Stationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (BLUES, 2000 bis 2003)

Schadstoff	Jahresmittelwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	98-Perzentilwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NO ₂	25	60
Benzol	2	--
Ruß	2	--
PM10	22	--

Tab. 4.2: Schadstoffhintergrundbelastung für das Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2002

* 2003: gleitende 12-Monatswerte aus Monatsbericht Dezember 2003

Schadstoff	Reduktionsfaktor [-]	Schätzung Hintergrundbelastung 2010 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NO ₂ Jahresmittel	0.91	23
NO ₂ 98-Perzentil	0.91	55
Benzol Jahresmittel	0.82	1.6
Ruß Jahresmittel	0.86	1.7
PM10 Jahresmittel	0.93	20

Tab. 4.3: Reduktionsfaktoren für die Hintergrundbelastung relativ zum Bezugsjahr 2002 nach MLuS 02 (2002) sowie die damit abgeschätzten Hintergrundbelastungen im Prognosejahr 2010.

5 EMISSIONEN

In die Berechnung der Schadstoffimmissionen fließen die Emissionen der Fahrzeuge auf den betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet ein.

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 PM10, NO₂, Benzol und Ruß erreicht, deshalb werden diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie SO₂, CO, Blei etc. sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten deutlich geringer, deshalb werden sie hier nicht betrachtet.

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff sogenannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten PKW und LKW unterschieden. Die Fahrzeugart PKW enthält dabei die leichten Nutzfahrzeuge und Motorräder, die Fahrzeugart LKW versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen.

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 2.1 (UBA, 2004) berechnet. Sie hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW im Wesentlichen ab von

- 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 3) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- der Längsneigung der Fahrbahn (mit zunehmender Längsneigung nehmen die Emissionen pro Fahrzeug und gefahrenem Kilometer entsprechend der Steigung deutlich zu, bei Gefällen weniger deutlich ab),
- dem Prozentsatz der Fahrzeuge, die mit nicht betriebswarmem Motor betrieben werden und deswegen teilweise erhöhte Emissionen (Kaltstarteinfluss) haben und
- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten (siehe **Tab. 5.1**).

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird für das zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2004) entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Längsneigung der Straßen ist aus Höhenplänen oder Lageplänen des Untersuchungsgebietes bekannt, der Kaltstarteinfluss innerorts für PKW wird entsprechend HBEFA angesetzt, der Kaltstarteinfluss für LKW wird aus UBA (1995) entnommen. Die Verkehrssituationen im Untersuchungsgebiet werden entsprechend den Gegebenheiten auf den einzelnen Streckenabschnitten und den Auswahlmöglichkeiten der **Tab. 5.1** festgelegt.

Die Emissionsfaktoren im HBEFA geben Werte für die Schadstoffe Kohlenwasserstoffe (HC), Benzol, Stickoxide (NO_x) und Partikel. Angaben über Dieselruß werden nicht direkt gegeben. Der Ruß-Anteil an den Partikeln wird nach Angaben des Umweltbundesamtes (FIGE, 1995) zu 60 % bei PKW und zu 40 % bei LKW angesetzt.

5.2.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

Verkehrssituation	Beschreibung
AB>120	Autobahn ohne Tempolimit
AB_120	Autobahn Tempolimit 120
AB_100	Autobahn Tempolimit 100
AB_80	Autobahn Tempolimit 80
AB_60	Autobahn Tempolimit 60
AB_Bau1	Autobahn Baustelle zweistreifig
AB_Bau2	Autobahn Baustelle eng bzw. einstreifig
AB_StGo	Autobahn Stop and Go
AO1	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, gerade
AO2	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, gleichmäßig kurvig
AO3	Außerortsstraße, guter Ausbaugrad, ungleichmäßig kurvig
HVS1>50	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit >50 km/h, geringe Störungen
HVS2>50	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit >50 km/h, mittlere Störungen
HVS3>50	Hauptverkehrsstraße, Tempolimit >50 km/h, starke Störungen
HVS1	Ortsdurchfahrt, vorfahrtsberechtigt, ohne Störungen
HVS2	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtsberechtigt, geringe Störungen
HVS3	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtsberechtigt, mittlere Störungen
HVS4	Hauptverkehrsstraße, vorfahrtsberechtigt, starke Störungen
Kern	Innerortsstraßen im Stadtkern
LSA1	Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage, geringe Störungen
LSA2	Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage, mittlere Störungen
LSA3	Hauptverkehrsstraße mit Lichtsignalanlage, starke Störungen
NS_D	Nebenstraßen, geschlossene Bebauung
NS_L	Nebenstraßen, locker bebaut
StGo	Innerortsstraßen bei Stop and Go

Tab. 5.1: Definition der Verkehrssituation laut Handbuch für Emissionsfaktoren (nach UBA, 2004). Für einige Verkehrssituationen ist bei einer Verkehrsdichte > 1 400 oder 1 500 Kfz/h je Fahrspur zusätzlich eine Verkehrssituation „gebunden“ definiert.

Messungen an der Frankfurter Allee (Innerortsstraße) ergaben höhere Emissionsfaktoren (Rauterberg-Wulff, 1999b). Die Autorin führt den Unterschied gegenüber dem Autobahntunnel auf das unterschiedliche Fahrverhalten auf der Frankfurter Allee mit häufigeren Beschleunigungs- und Bremsvorgängen zurück, die höheren Abrieb der Reifen verursachen. In **Tab. 5.2** sind die aus den o. a. Messungen abgeleiteten und im vorliegenden Gutachten angesetzten Emissionsfaktoren für Ruß aus Reifenabrieb angegeben.

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

Tab. 5.2: Rußemissionen aus Reifenabrieb (nach Rauterberg-Wulff, 1999a und 1999b)

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen-, Kupplungs- 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.

Das bisher allgemein angewandte PM10-Modell (Lohmeyer, 2001) weist deutliche Schwächen auf. Insbesondere für Autobahnen und Außerortsstraßen werden die PM10-Emissionen nach den Erkenntnissen aktueller Messungen mit dem bisherigen Ansatz überschätzt.

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM10-Emissionen aus Abrieben und infolge der Aufwirbelung auf der Grundlage neuester Ergebnisse aktueller Forschungsarbeiten im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen und des Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie (Gehrig et al., 2003, Lohmeyer, 2004a und 2004b) berechnet. Die verwendeten Emissionsfaktoren als Summe aus Reifen-, Brems-, Straßen- und Kupplungsabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub sind in **Tab. 5.3** aufgeführt.

Die Bildung von so genannten sekundären Partikeln aus heißen Abgasen während der Abkühlung und Ausbreitung wird im vorliegenden Fall nicht berücksichtigt, da dieser Prozess nur in großen Entfernungen (10 km bis 50 km) von den Schadstoffquellen dominiert (Filliger et al., 1999).

Verkehrssituation (nach HBEFA)	Tempolimit [km/h]	Anteil Konstantfahrt (nach HBEFA) [%]	Standanteil (nach HBEFA) [%]	Emissionsfaktor für PM10-Auf/Ab je Kfz [mg/km]	
				PKW inkl. Infz	LKW
AB>120	---			22	200
AB_120	120			22	200
AB_100	100			22	200
AB_80	80			22	200
AB_60	60			22	200
AB_StGo	---			22	200
AO1	100	60	1	22	200
AO2	100	53	1	22	200
AO3	100	28	1	22	200
IO_HVS>50	60	46	1	22	200
Tunnel AB_100	100			10	200
Tunnel AB_80	80			10	200
Tunnel AB_60	60			10	200
Tunnel IO_HVS>50	60	46	1	10	200
HVS1	50	46	1	22	200
HVS2	50	52	1	30	300
HVS3	50	44	7	40	380
LSA1	50	44	7	40	380
HVS4	50	37	14	50	450
LSA2	50	32	20	60	600
LSA3	50	28	26	90	800
IO_Kern	50	23	33	90	800
IO_NS_dicht	50	32	5	90	800

Tab. 5.3: PM10-Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abriebe (Auf/Ab) differenziert nach Verkehrssituation

5.3 Emissionen pro Fahrzeug

Die im vorliegenden Fall angesetzten Verkehrssituationen der betrachteten Straßen sind in der **Abb. 5.1** angegeben, klassifiziert wie im HBEFA (2004).

Tab. 5.4 gibt einen Überblick über die zu diesen Verkehrssituationen gehörenden Emissionsfaktoren in den zu betrachtenden Bezugsjahren. Die Beiträge der nicht motorbedingten Partikelemissionen werden wie o.a. angesetzt und sind deshalb in **Tab. 5.4** nicht aufgenommen.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je KFZ [g/km]							
Verkehrssituation (Kürzel)	Längs- neigung	Benzol		NO _x (Lkw korrigiert)		Russ (inkl. Abrieb)		Partikel (nur Abgas)	
		PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW	PKW	LKW
Bezugsjahr 2002									
HVS1	+/-0%	0.016	0.007	0.36	6.6	0.014	0.11	0.013	0.18
HVS3	+/-0%	0.023	0.013	0.40	8.9	0.014	0.15	0.013	0.29
LSA3	+/-0%	0.035	0.021	0.48	10.9	0.016	0.21	0.016	0.45
Kern	+/-0%	0.039	0.022	0.50	10.9	0.016	0.22	0.017	0.47
NS_D	+/-0%	0.047	0.024	0.54	12.0	0.017	0.24	0.018	0.52
HVS1_S	+/-0%	0.030	0.013	0.43	8.1	0.016	0.15	0.016	0.30
HVS3_S	+/-0%	0.035	0.018	0.46	10.0	0.016	0.19	0.016	0.39
LSA3_S	+/-0%	0.046	0.025	0.53	11.7	0.017	0.24	0.019	0.53
Kern_S	+/-0%	0.049	0.026	0.55	11.8	0.018	0.25	0.020	0.54
Bezugsjahr 2010									
HVS1	+/-0%	0.006	0.005	0.20	4.4	0.011	0.07	0.009	0.09
HVS3	+/-0%	0.007	0.009	0.21	6.0	0.012	0.09	0.009	0.15
LSA3	+/-0%	0.010	0.014	0.25	7.5	0.013	0.12	0.011	0.22
Kern	+/-0%	0.011	0.015	0.26	7.5	0.013	0.12	0.012	0.23
NS_D	+/-0%	0.018	0.016	0.32	8.3	0.014	0.13	0.014	0.25
HVS1_S	+/-0%	0.011	0.009	0.27	5.6	0.013	0.09	0.011	0.14
HVS3_S	+/-0%	0.011	0.012	0.28	6.9	0.013	0.11	0.012	0.19
LSA3_S	+/-0%	0.014	0.017	0.31	8.2	0.014	0.13	0.013	0.25
Kern_S	+/-0%	0.015	0.017	0.32	8.2	0.014	0.14	0.014	0.26

Tab. 5.4: Spezifische Emissionsfaktoren nach HBEFA 2.1 (2004) in g/km je KFZ für die betrachteten Straßen

5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x, Benzol, Ruß und PM10 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. In den **Abb. 5.2** bis **Abb. 5.4** sind exemplarisch die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Stickoxide (NO_x) dargestellt.

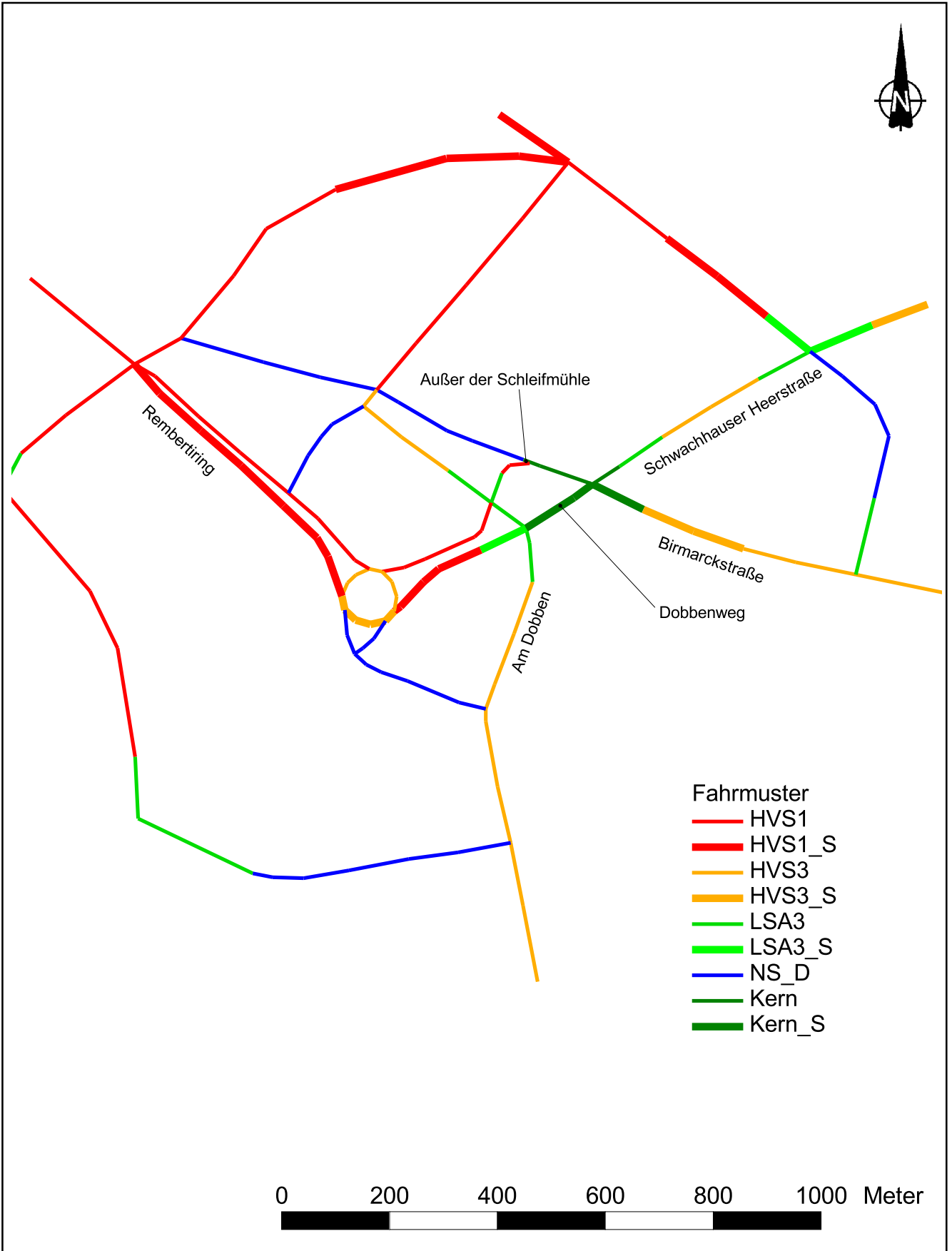


Abb. 5.1: Fahruster bzw. Verkehrssituationen auf dem berücksichtigten Straßennetz Bestand 2001/2002

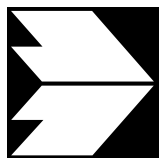
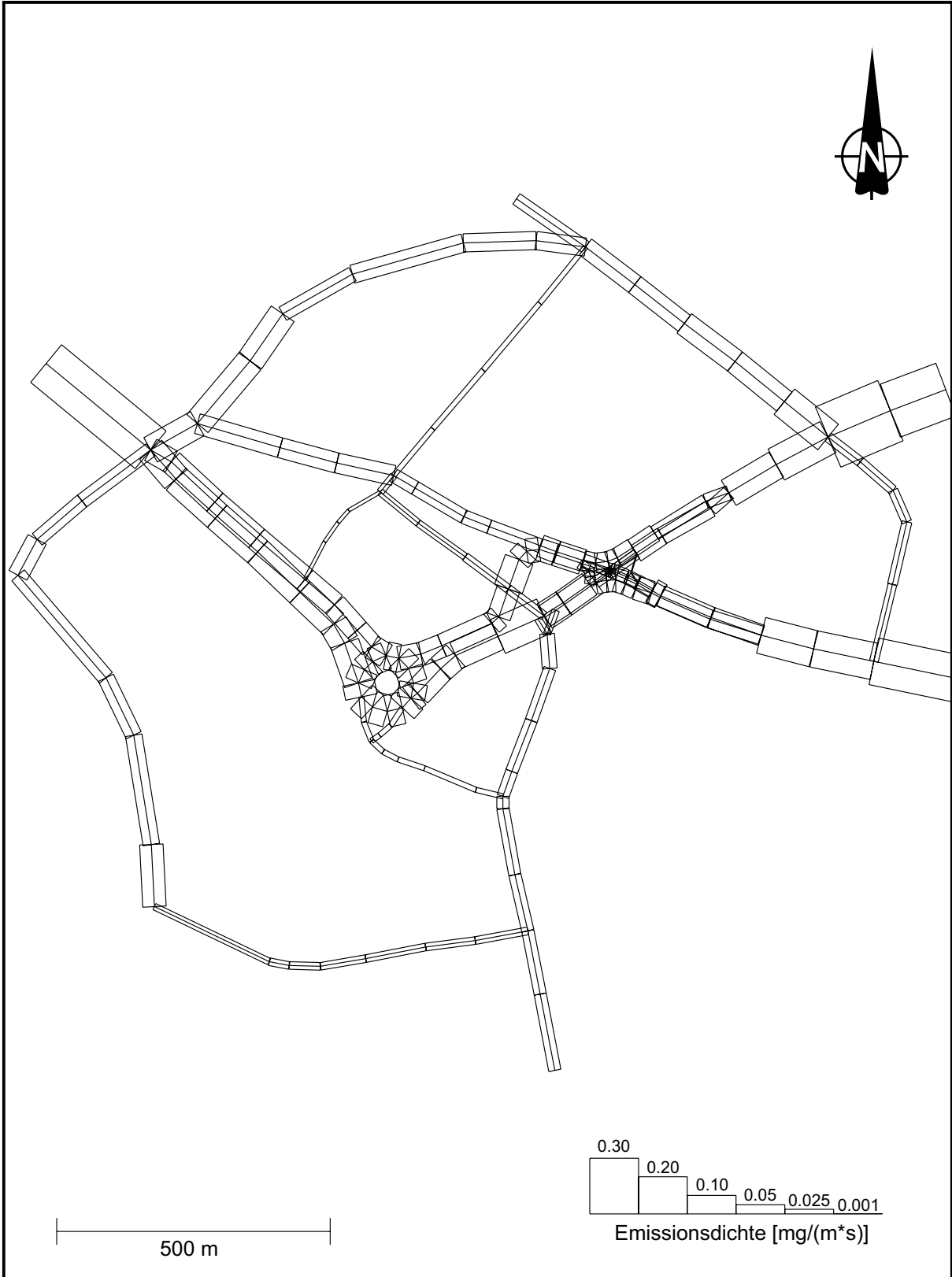


Abb. 5.2: Mittlere NO_x-Emissionsdichte - Bestand 2002

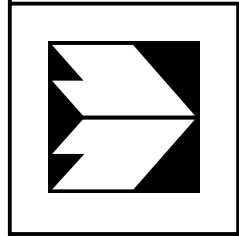
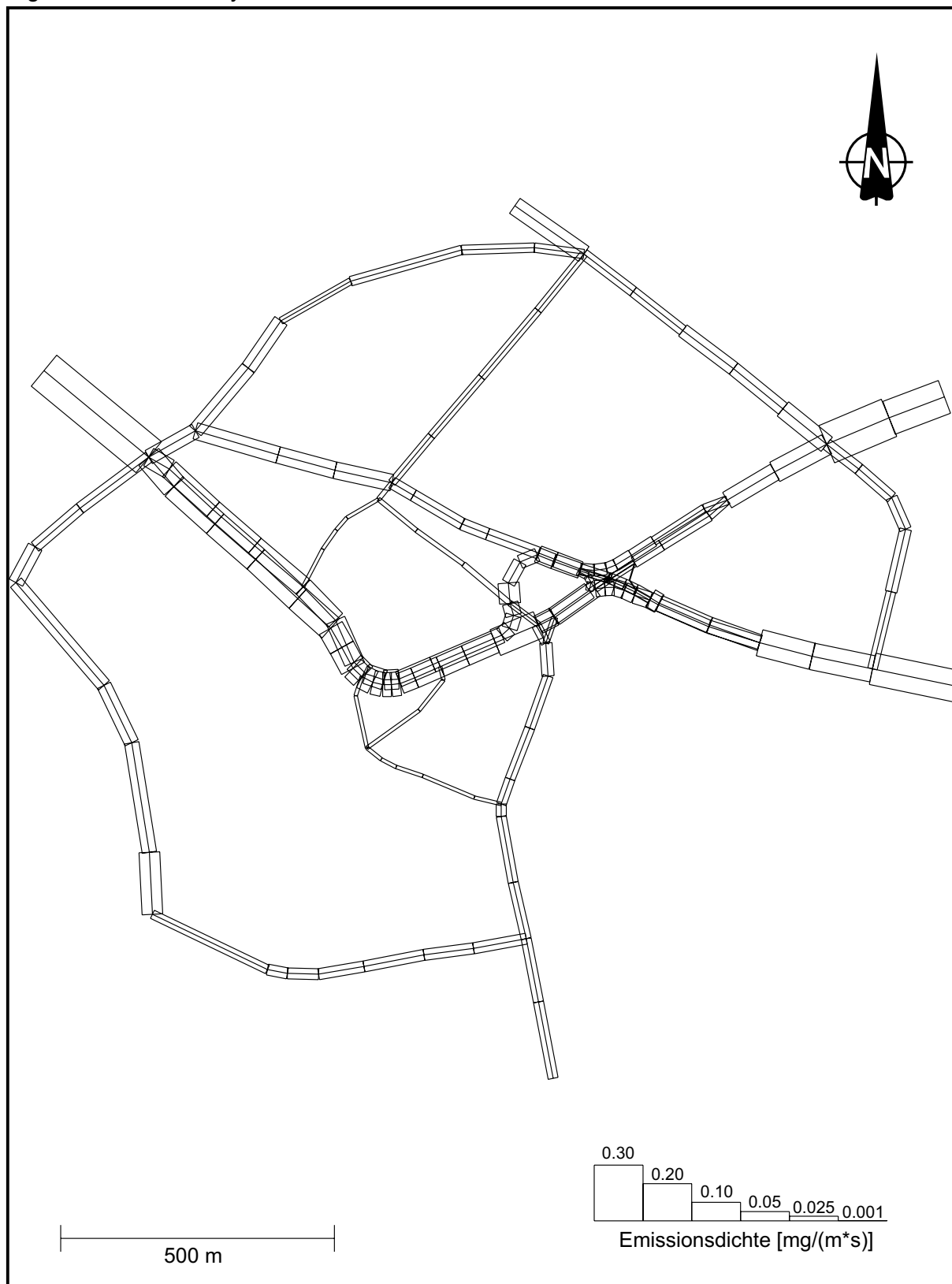


Abb. 5.3: Mittlere NO_x-Emissionsdichte - Variante A 2010

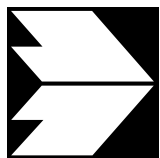
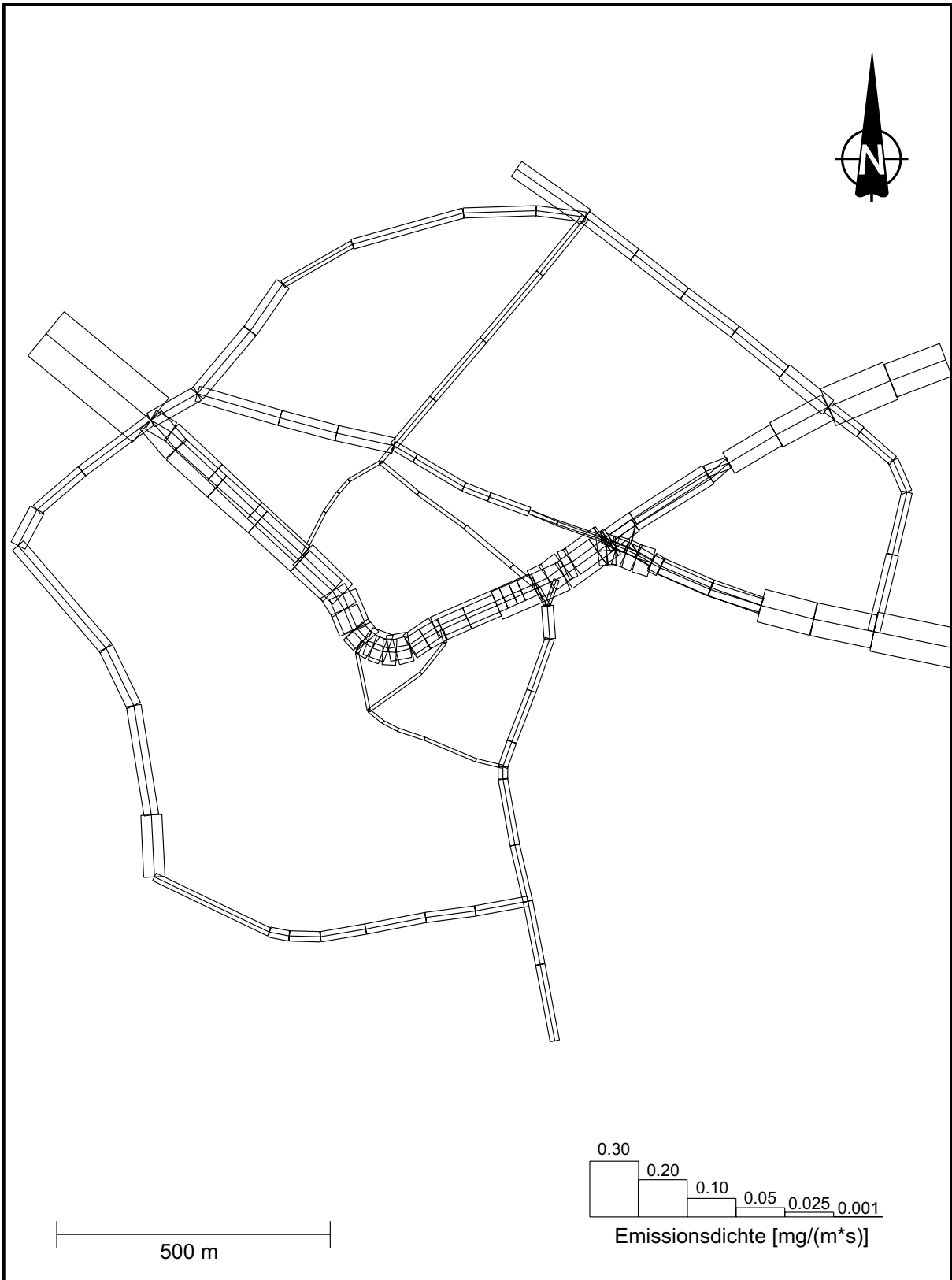


Abb. 5.4: Mittlere NO_x-Emissionsdichte - Variante B 2010

6 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN

Die Lage des Untersuchungsgebietes innerhalb dichter und mehrgeschossiger Bebauung erfordert die Berücksichtigung der Einflüsse der Gebäude auf die Ausbreitungsverhältnisse, insbesondere der veränderten Windströmungen. Für diese Fragestellung wird das mikroskalige, 3-dimensionale Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1989) eingesetzt. Basierend auf den Gebäudedaten wird ein geeignetes Rechengitter definiert, das in relevanten Bereichen wie Straßenraum, Emissionsbereich etc. hoch aufgelöst ist (siehe Kap. 3 und Kap. 4). Das Rechengebiet ist auf ca. 1200 m x 1000 m x 500 m ausgedehnt.

6.1 Vergleich der Berechnungsergebnisse mit Messdaten

Zur Qualitätssicherung werden zunächst die berechneten Schadstoffkonzentrationen mit den vorliegenden Messdaten verglichen. Dazu werden die Messdaten der Messstelle Verkehr 1 und die temporären Messungen mit dem Messwagen in der Bismarckstraße und im Dobbenweg herangezogen. Die Messpunkte sind in der **Abb. 2.1** zu sehen. Betrachtet werden das Jahr 2002 (01.01. bis 31.12.2002) für den Messpunkt Verkehr 1, die Messphase Bismarckstraße 01.06. bis 15.09.2003 und der Zeitraum 02.10. bis 06.11.2003 der Messungen im Dobbenweg. In der **Tab. 6.1** sind die Messwerte sowie die mit MISKAM für die entsprechenden Zeiträume berechneten NO₂- und PM10-Konzentrationen angegeben. Nach der 22. BImSchV ermittelt sich die Modellgenauigkeit als die Abweichung der gemessenen zur berechneten Konzentration in Bezug auf den Immissionsgrenzwert. Die Immissionsgrenzwerte nach 22. BImSchV für das Jahresmittel von NO₂ und von PM10 betragen jeweils 40 µg/m³. Zusätzlich sind in der Tabelle auch die relativen Abweichungen der Modellergebnisse von den Messdaten bezogen auf den Messwert aufgeführt.

In der 22. BImSchV sind Ziele für die Datenqualität hinsichtlich der erforderlichen Genauigkeit der Beurteilungsmethoden als Richtschnur für Qualitätssicherungsprogramme definiert. Danach sind für Modellberechnungen der Tagesmittelwerte von NO₂ eine Genauigkeit von 50 % im o.a. Sinn gefordert; für Jahresmittelwerte von NO₂ sind 30 % Genauigkeit und für Jahresmittelwerte von PM10 sind 50 % Genauigkeit gefordert.

Die gefundenen Abweichungen der berechneten Immissionen von den Messwerten liegen zwischen -29 % und +24 % bezogen auf den Immissionsgrenzwert. Die Datenqualitätsziele nach der 22. BImSchV werden somit erreicht. Die Abweichungen der Modellergebnisse für NO₂ sind deutlich höher als die für PM10 und zeigen tendenziell eine Unterschätzung.

Standort	Zeitraum	Messwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		MISKAM-Berechnung [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
		NO ₂	PM10	NO ₂	PM10
Verkehr 1	2002	58.6	33	47	33
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Grenzwert				- 29 %	+ 1 %
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Messwert				- 20 %	+ 1 %
Verkehr 1	01.06.-15.09.03	52.3	32.6	46	37
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Grenzwert				- 16 %	+ 11 %
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Messwert				- 12 %	+ 14 %
Bismarckstraße	01.06.-15.09.03	57.8	--	55	--
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Grenzwert				- 7 %	
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Messwert				- 5 %	
Dobbenweg	02.10.-06.11.03	68.9	35.3	60	45
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Grenzwert				- 22 %	+ 24 %
Abweichung vom Messwert bezogen auf den Messwert				- 13 %	+ 28 %

Tab. 6.1: Vergleich MISKAM-Immissionsberechnungen mit Messwerten

6.2 Berechnungsergebnisse

In den nachfolgenden Abbildungen sind die Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen flächenhaft farbig jeweils für den inneren Ausschnitt des Rechengebietes im Nahbereich der Messstelle ‚Verkehr 1‘ dargestellt. Die ermittelten NO₂-Jahresmittel zeigen exemplarisch die **Abb. 6.1**, **Abb. 6.2** und **Abb. 6.3**. Die Zuordnung zwischen den Farben und den Immissionskonzentrationen ist in der Legende oben links aufgeführt. Im Anhang A2 sind die entsprechenden Abbildungen für die ermittelten PM10-, Ruß- und Benzolimmissionen (Jahresmittel) zu finden. In der **Tab. 6.2** sind exemplarisch die mit MISKAM berechneten Immissionen an den in der **Abb. 2.1** gezeigten Messpunkten angegeben.

6.2.1 Benzolimmissionen

In den **Abb. A2.7** bis **Abb A2.9** sind die ermittelten Benzolimmissionen dargestellt. Die Benzolimmissionen unterschreiten im Bestand 2002 den Übergangsbeurteilungswert für Benzol. In den Prognosen 2010 für die Variante A und die Variante B sind die Benzolimmissionen geringer als im Bestand. Der Grenzwert nach 22. BImSchV von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird in beiden Varianten unterschritten. In der Variante B sind die Benzolimmissionen im Dobbenweg und in der Bismarckstraße höher als in der Variante A.

Untersuchungspunkt	Immissionen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]				
	NO ₂ -I1	NO ₂ -I2	Bzl-I1	Russ-I1	PM10-I1
	Bestand 2002				
Verkehr1	47	86	5	4	33
Bismarckstr	56	99	7	5	36
Dobbenweg	57	100	8	5	42
Übergangsbeurteilungswert 2002	56	280	10	8	44.8 bzw. 37
	Variante A Prognose 2010				
Verkehr1	43	80	3	4	31
Bismarckstr	52	95	4	5	36
Dobbenweg	52	95	4	5	35
	Variante B Prognose 2010				
Verkehr1	46	84	3	4	32
Bismarckstr	58	105	4	5	40
Dobbenweg	60	108	5	6	43
Grenz- bzw. Äquivalentwert 2010	40	130	5	8	40 bzw. 28

Tab. 6.2: Berechnete Immissionen an den Messpunkten (vgl. **Abb. 2.1**), zum Vergleich sind die Immissionsgrenzwerte mit angegeben (I1=Jahresmittel, I2=98-Perzentil)

6.2.2 Rußimmissionen

Die berechneten Rußimmissionen (**Abb. A2.4** bis **Abb A2.6**) unterschreiten in allen drei Untersuchungsfällen an den Gebäuden deutlich den Prüfwert nach der 23. BImSchV von $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In den beiden Prognosen 2010 Variante A und Variante B sind die Rußimmissionen etwas geringer als im Bestand. Die Variante B weist im Dobbenweg und in der Bismarckstraße höhere Rußbelastungen als die Variante A auf.

6.2.3 PM10-Immissionen

Die PM10-Immissionen (**Abb. A2.1** bis **Abb A2.3**) sind in allen drei Untersuchungsfällen hoch. Im Bestand 2002 wird der Übergangsbeurteilungswert von $44.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten. In den Prognosen für 2010 werden v.a. in der Variante B im Dobbenweg Überschreitungen des Grenzwertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Da damit auch der Äquivalentwert für PM10 weit überschritten ist, wird voraussichtlich dort auch der Grenzwert für die maximalen PM10-Tagesmittelwerte nicht eingehalten werden. Dies gilt auch für die Variante A.

6.2.4 Stickstoffdioxidimmissionen

Die 98-Perzentilwerte der NO₂-Immissionen sind in allen drei Untersuchungsfällen an Gebäuden geringer als der Prüfwert nach 23. BImSchV von 160 µg/m³. Der Äquivalentwert von 130 µg/m³ wird an Gebäuden auch nicht erreicht. Damit ist davon auszugehen, dass der NO₂-Kurzzeitgrenzwert eingehalten wird.

Die ermittelten NO₂-Immissionen im Jahresmittel im Untersuchungsgebiet sind sehr hoch. Im Bestand 2002 (**Abb. 6.1**) treten im Dobbenweg und in der Bismarckstraße Überschreitungen des Übergangsbeurteilungswertes nach 22. BImSchV für NO₂-Immissionen von 56 µg/m³ auf. In der Prognose 2010 für die Variante A (**Abb. 6.2**) sind die NO₂-Immissionen etwas geringer als im Bestand. Der Grenzwert für das NO₂-Jahresmittel von 40 µg/m³ wird jedoch an Untersuchungspunkten im Dobbenweg, in der südwestlich anschließenden Eduard-Grunow-Straße und in der Bismarckstraße überschritten. Die Prognose 2010 für die Variante B (**Abb. 6.3**) ergibt dort ebenfalls Grenzwertüberschreitungen mit noch höheren NO₂-Immissionen.

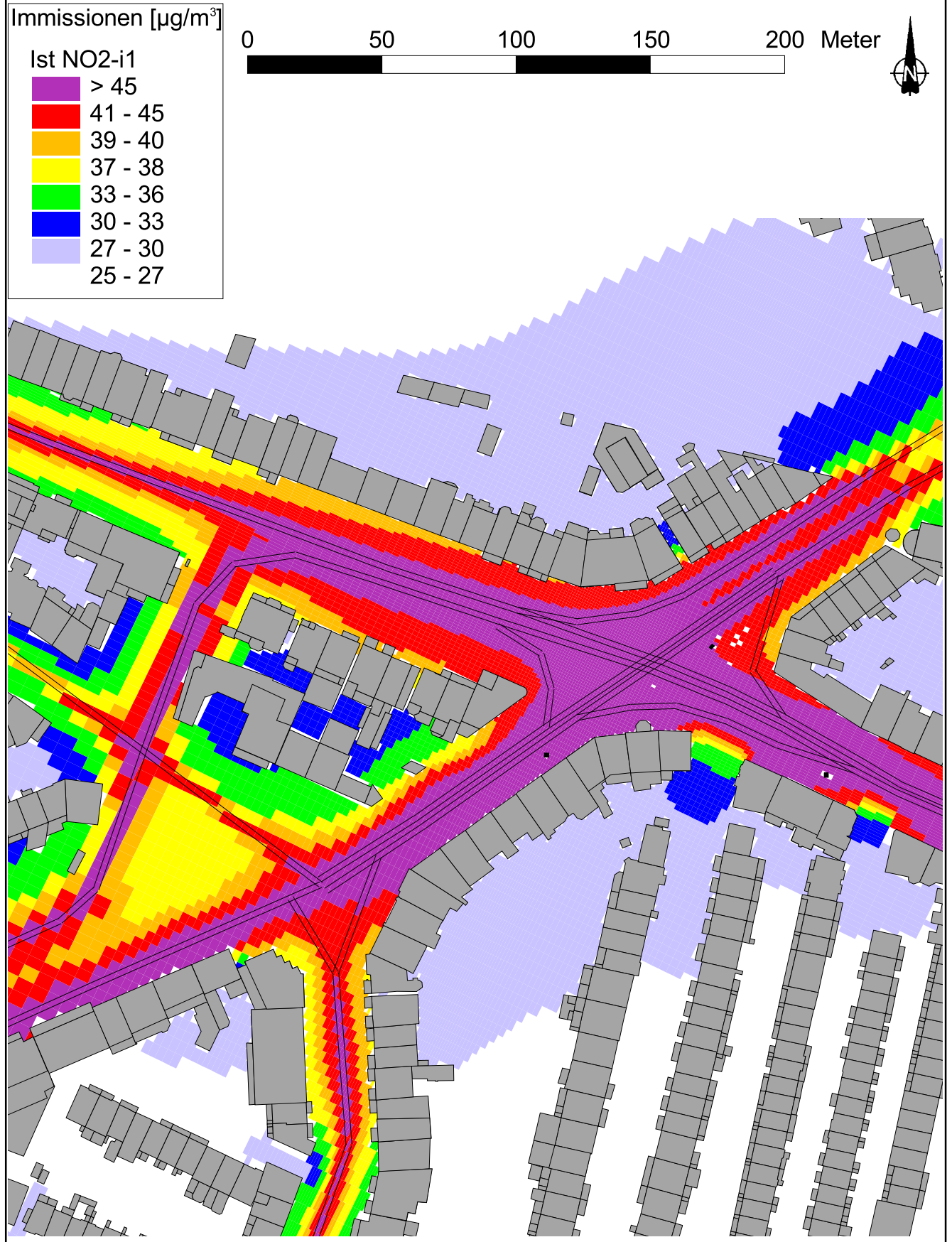


Abb. 6.1: NO₂-Immissionen (Jahresmittel)
Bestand 2002

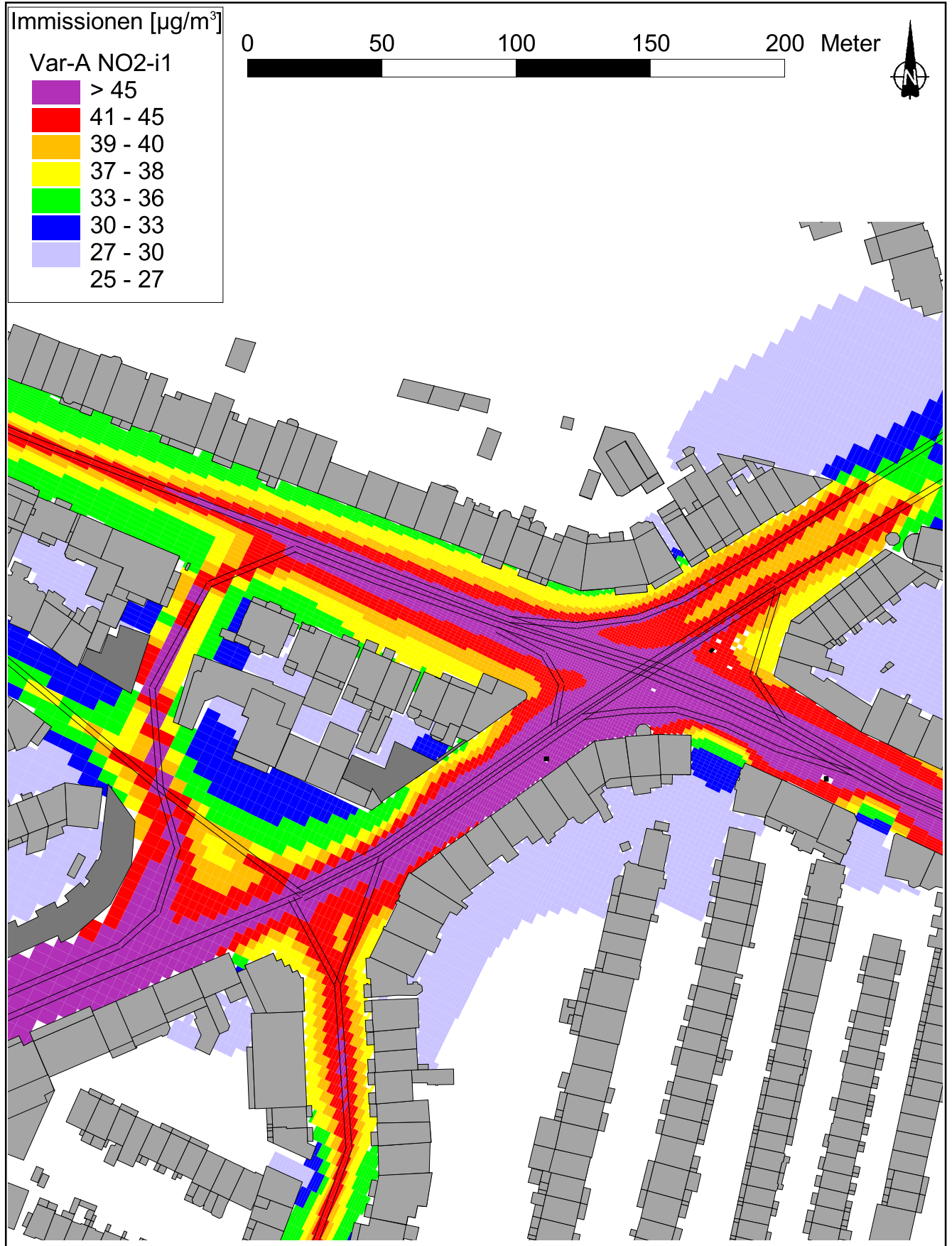


Abb. 6.2: NO₂-Immissionen (Jahresmittel)
Variante A Prognose 2010

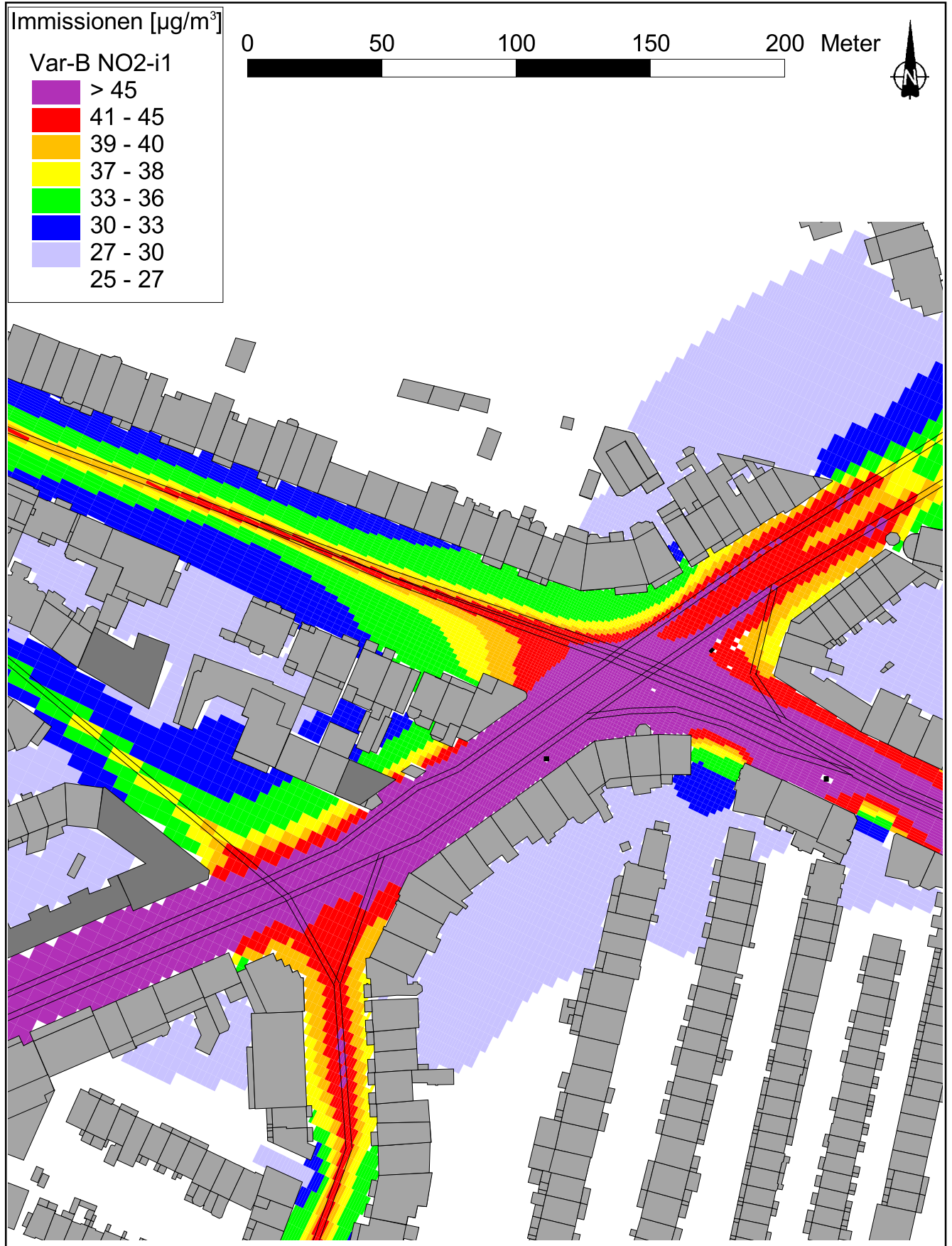


Abb. 6.3: NO₂-Immissionen (Jahresmittel)
Variante B Prognose 2010

6.3 Fazit

Mit Hilfe der Ausbreitungsrechnungen konnte gezeigt werden, dass die NO_x-Emissionen des Straßenverkehrs einen dominanten Beitrag zur NO₂-Immission an der BLUES-Messstelle Verkehr 1 liefern. Neben der Hintergrundbelastung ist der Straßenverkehr die Hauptursache der NO₂-Belastung an dieser Messstation.

Die untersuchten Prognosen für das Jahr 2010 mit den zwei Varianten der Verkehrsführung und mit zusätzlicher Bebauung in der Eduard-Grunow-Straße können die Schadstoffbelastung nur an einigen Untersuchungspunkten verbessern. Die Überschreitungen des Grenzwertes von NO₂ am Verkehrsknoten Dobbenweg/ Bismarckstraße bleiben bestehen. Teilweise treten trotz der Auswirkungen fahrzeugtechnischer Schadstoff-Minderungen (EURO-Normen) im Jahr 2010 deutlich höhere NO₂-Immissionen als im Bestand 2002 auf. Bei Variante A gilt dies für die Untersuchungspunkte an der zusätzlichen Bebauung in der Eduard-Grunow-Straße (**Abb. 6.4**). Bei Variante B sind die Gebäude auf der nördlichen Straßenseite im Dobbenweg und in der Eduard-Grunow-Straße davon betroffen (**Abb. 6.5**). In der **Abb. 6.6** sind die Unterschiede der betrachteten Prognosevarianten untereinander dargestellt. Die Variante B bedeutet geringere NO₂-Immissionen in der Straße Außer der Schleifmühle und dem anschließenden Schleifmühlenweg, im hoch belasteten Dobbenweg und der Eduard-Grunow-Straße sind die NO₂-Immissionen bei Variante B deutlich höher als bei Variante A.

Die beiden untersuchten Prognosevarianten sind nicht geeignet, die Einhaltung der nach 22. BImSchV geforderten Grenzwerte zu gewährleisten. Es sind andere Maßnahmen erforderlich, um die Schadstoffbelastung ausreichend zu verbessern. Im nachfolgenden Kapitel werden einige mögliche Minderungsmaßnahmen vorgeschlagen.

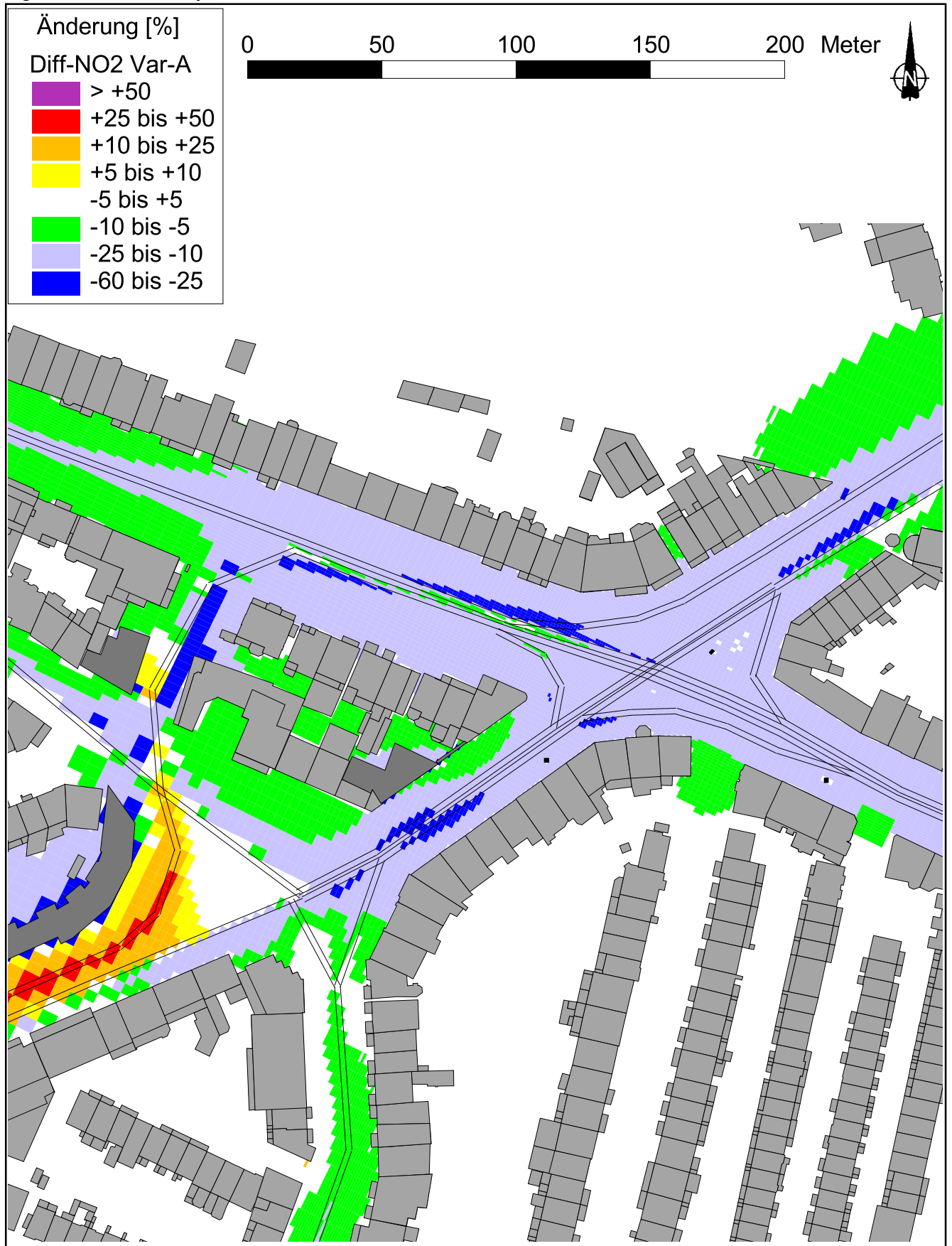


Abb. 6.4: Relative Änderung der NO₂-Immissionen (Jahresmittel) bei Variante A 2010 im Vergleich zum Bestand 2002 bezogen auf den Grenzwert

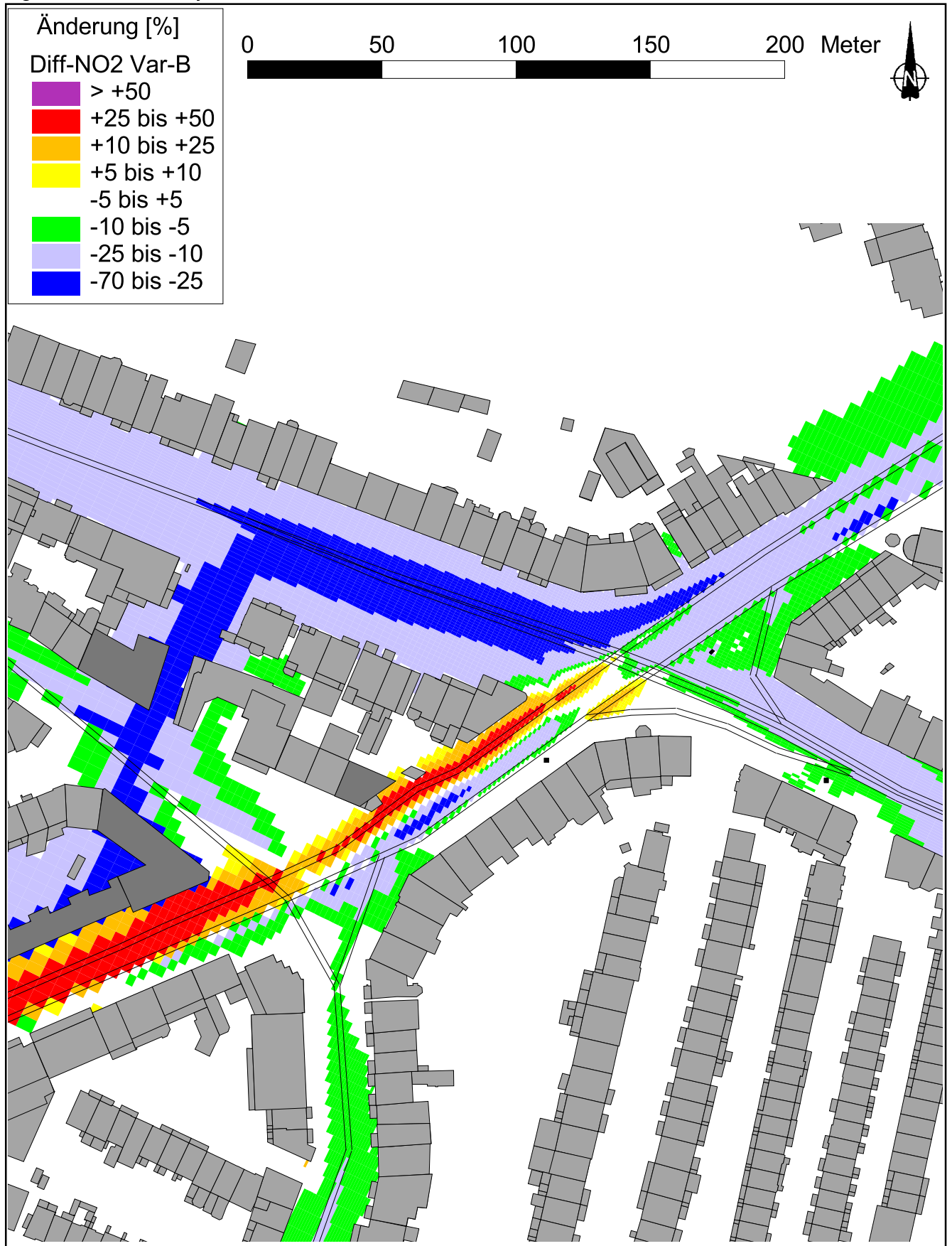


Abb. 6.5: Relative Änderung der NO₂-Immissionen (Jahresmittel) bei Variante B 2010 im Vergleich zum Bestand 2002 bezogen auf den Grenzwert

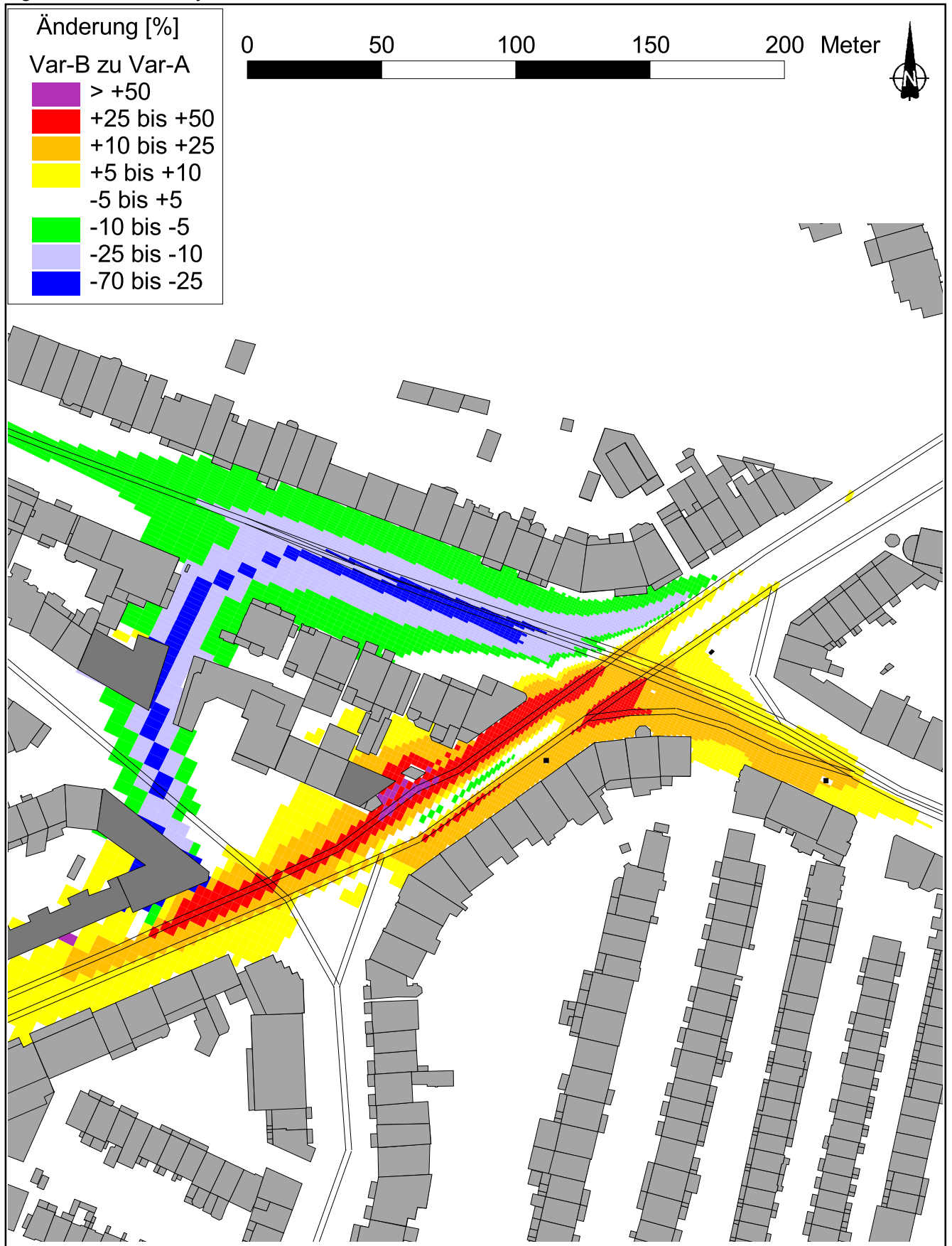


Abb. 6.6: Relative Änderung der NO₂-Immissionen (Jahresmittel) bei Variante B 2010 im Vergleich zu Variante A bezogen auf den Grenzwert

7 EMPFEHLUNGEN FÜR MINDERUNGSMASSNAHMEN

Zuvor wurde gezeigt, dass die Hauptursache der NO₂-Belastungen mit Grenzwert-Überschreitungen am Verkehrsknoten Dobbenweg/ Bismarckstraße/ Schwachhauser Heerstraße/ Außer der Schleifmühle neben der Hintergrundbelastung der dortige Straßenverkehr ist. Zur Verringerung der Immissionen sind verschiedene Handlungsmöglichkeiten im Hinblick auf ihre Minderungspotenziale zu prüfen. Dabei wird im Folgenden der betroffene Verkehrsknoten als „Untersuchungsgebiet“ bezeichnet.

Zur Beurteilung der Wirksamkeit von Maßnahmen wird die Höhe der voraussichtlichen Emissionsänderungen herangezogen. Aufgrund des Zusammenhangs zwischen Emissionen und Zusatzbelastung sind entsprechende Immissionsänderungen zu erwarten. Da auch andere Größen die Gesamtbelastung mit beeinflussen, wie z.B. die großräumige Schadstoffhintergrundbelastung, werden die Immissionsänderungen bei der Gesamtbelastung in gedämpftem Maße auftreten. Im Folgenden werden denkbare Minderungsmaßnahmen für die Emissionen des Straßenverkehrs als primäre Ursache für die erhöhten Immissionen aufgeführt. Zur Einschätzung der Anforderung an die Minderung eine grobe Schätzung der Zielstellung: Um den Grenzwert von 40 µg/m³ zu erreichen, muss bei einer Hintergrundbelastung von 25 µg/m³ die Zusatzbelastung von derzeit über 30 µg/m³ auf 15 µg/m³ reduziert werden, d.h. eine Halbierung der Zusatzbelastung. Die Umsetzung ist nur mit drastischen Maßnahmen zu realisieren.

Die Emissionen des Straßenverkehrs werden im wesentlichen beeinflusst von

- Verkehrsaufkommen
- Zusammensetzung der Fahrzeugflotte (z.B. LKW-Anteil)
- Fahrweise der Fahrzeuge
- Häufigkeit von Verkehrsstau (Kapazität der Straße)
- Anteil der Fahrzeuge mit „kaltem“ (nicht betriebswarmem) Motor.

Für die Motoren in Personen- und Lastkraftwagen bestehen derzeit EU-weite verbindliche Abgasnormen, sog. EURO-Normen (Abgasgesetzgebung). Das hat zur Folge, dass die spezifischen Schadstoffemissionen eines Kfz (Emissionsfaktoren) der Fahrzeugflotte im Jahr 2010 deutlich geringer als die Werte aus dem Jahr 2002 sein werden. Dies ist in den Berechnungen der Prognosevarianten berücksichtigt. Diese und weitere staatlichen Handlungsoptionen mit Auswirkungen auf die Schadstoffemissionen von PKW und LKW (z.B. alternative Kraftstoffe) werden hier nicht weiter betrachtet. Jederzeit anzustrebende Maßnahmen wie Förderung des Umsteigens auf ÖPNV oder Fahrrad, verbesserte logistische

Konzepte etc. werden nicht aufgeführt, ebenfalls nicht gesamtstädtische Maßnahmen wie Fahrverbote gerade/ungerade Kennzeichen, gebietsbezogene Maut etc.

Die lufthygienische Situation im Untersuchungsgebiet ist geprägt durch die hohe Verkehrsbelastung mit täglichem Rückstau im Dobbenweg und auf der Bismarckstraße. Es wird davon ausgegangen, dass die Stausituationen auch durch die notwendige Teilung des Verkehrsraumes mit Straßenbahnen verursacht werden. Im Folgenden wird eingegangen auf Möglichkeiten zur Emissionsminderung im Untersuchungsgebiet, die ihre Wirkung in folgenden Punkten entfalten:

- Verkehrsaufkommen (**Tab. 7.1**)
- Zusammensetzung der Fahrzeugflotte (**Tab. 7.2**)
- Fahrweise der Fahrzeuge (**Tab. 7.3**)

Die Maßnahmen werden in Anlehnung an den LAI-Bericht „Maßnahmenplanung“ (LAI, 2001) aufgezeigt. Es werden nur Maßnahmen mit lokalem Bezug aufgeführt, bei denen konkrete Minderungswirkung im Untersuchungsgebiet erwartet werden. Die praktische Durchführbarkeit der Maßnahmen wird hier nicht beachtet. Bzgl. weiterer Maßnahmen wird auf den genannten LAI-Bericht hingewiesen.

Bisher durchgeführte Diskussionen über Minderungsmaßnahmen zeigen, dass die Wirksamkeit von Maßnahmen nur schwer allgemeingültig angegeben werden kann, deshalb wird nur eine grobe qualitative Einschätzung für das Untersuchungsgebiet angehängt. Die Auswirkungen auf andere Strecken werden nur angedeutet. Als Anhaltspunkte für die Einschätzung wurde dabei auch eine Untersuchung der LfU Baden-Württemberg (1996) zur „Wirksamkeit emissionsmindernder Maßnahmen“ beachtet. Eine quantitative Betrachtung ist nur nach detaillierter Untersuchung der Einzelmaßnahmen möglich.

Maßnahme	Qualitative Einschätzung	Einschätzung Wirksamkeit
Verkehrslaitsystem mit Ziel: Führung des Durchgangs- verkehrs auf Alternativrou- ten - Verkehrsverlagerung	Abhängig von deren Umsetzung bzw. Akzeptanz, insbe- sondere dann wirksam, wenn ausreichend Fahrleistungen vom Dobbenweg und der Bismarckstraße abgezogen wird. Problematisch dann, wenn neue Betroffenheiten auf anderen sensiblen Strecken (Straßenschlucht oder Straße mit schlechter Durchlüftung) geschaffen werden.	+++
großräumige Einbahnstra- ßenregelung, Weiterfüh- rung des Verkehrs Rich- tung Westen in Außer der Schleifmühle, An der Weide	Wirksam vor allem in Eduard-Grunow-Straße und im Dobbenweg, da dort nur noch der Verkehr Richtung Osten auftritt. Evtl. nicht ausreichend (vgl. Variante A), problematisch für Außer der Schleifmühle und An der Weide	++
Zeitlich beschränkte Ver- kehrsbeschränkung, z.B. zu Zeiten hoher Schadstoffbe- lastung, z.B. Sperrung Bismarckstraße für Fahrtrichtung West	Für die Zeit der Sperrung mittel bis hoch wirksam, je nach dem wie groß die Reduzierung der Verkehrsmengen ist, insbesondere beim Schwerverkehr und welche Ausnah- meregelungen getroffen werden. Bei relativ kleinräumigen Sperrungen werden die gesperr- ten Bereiche umfahren, u.U. neue Betroffenheiten auf anderen sensiblen Strecken. Es werden nur die Schad- stoffspitzen reduziert, Minderung des Jahresmittel nur gedämpft.	+
Straßenrückbau	Ein Rückbau einzelner Straßen kann entweder in Form eines kompletten Rückbaus erfolgen, was einer Sperrung der Straße gleichkommt, oder durch Reduktion der Fahrstreifenanzahl oder -breite. Dies wird eine Verringe- rung der durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeit zur Folge haben und/oder zu Umfahrungen führen Problematisch dann, wenn neue Betroffenheiten auf anderen sensiblen Strecken (Straßenschlucht oder Straße mit schlechter Durchlüftung) geschaffen werden.	+++

Tab. 7.1: Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen/ Immissionen durch Reduktion des Verkehrsaufkommens im Untersuchungsgebiet und qualitative Bewertung der Wirksamkeit. Bewertungssynonyme: + = gering, ++ = mittel, +++ = hoch

Maßnahme	Qualitative Einschätzung	Einschätzung Wirksamkeit
Verkehrsbeschränkung für Kfz mit Schadstoffminderungstechnik vor EURO3	Untersuchungen zeigen, dass flächendeckende Fahrverbote für Kfz mit alter Schadstoffminderungstechnik große Minderungen der Emissionen bewirken Lokale Wirkung abhängig vom Befolgungsgrad, Zufahrtskontrolle problematisch	+
Verkehrsbeschränkung für Kfz > 3.5 t zGG	Wirksamkeit abhängig vom ursprünglichen LKW-Anteil, z.B. Halbierung des LKW-Anteils bei vorliegendem LKW-Anteil von 3 % ca. 15 % Minderung, bei Variante B mit 6 % ca. 30 % bis 40 %	+++
Ersatz von Dieselnissen durch Gasbusse	Wirksamkeit abhängig von Busfrequenz im Untersuchungsgebiet Messungen belegen, dass Gasbusse deutlich weniger als die Hälfte emittieren als vergleichbare Dieselnisse neuester Bauart	++

Tab. 7.2: Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen/ Immissionen durch Einflussnahme auf die Zusammensetzung der Verkehrsflotte im Untersuchungsgebiet und qualitative Bewertung der Wirksamkeit. Bewertungssynonyme: + = gering, ++ = mittel, +++ = hoch

Maßnahme	Qualitative Einschätzung	Einschätzung Wirksamkeit
Tempolimit 30	Bei niedertouriger Fahrweise sind bei Tempo 30 Emissionsminderungen von 4 % bis 9 % zu erwarten. Bei flächenhafter Einführung sind lokal Emissionsminderungen von ca. 10 % zu verzeichnen, bei NOx eventuell auch mehr. Das Minderungspotential durch Verstetigung des Verkehrsflusses bei der Einführung von Tempo 30 ist für die einzelnen Motorkonzepte (Diesel, G-Kat, verschiedene Hubraumklassen etc.) nicht einheitlich.	(+)?
Pförtnerampel zur Vermeidung von Stau im Untersuchungsgebiet	mittlere Wirkung lokal im Untersuchungsgebiet möglich	++

Tab. 7.3: Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen/ Immissionen durch Einflussnahme auf die Fahrweise der Fahrzeuge im Untersuchungsgebiet und qualitative Bewertung der Wirksamkeit. Bewertungssynonyme: + = gering, ++ = mittel, +++ = hoch

8 LITERATUR

22. BImSchV (2002): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte). In: BGBl I Nr. 66 vom 17.09.2002, S. 3626.
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). BGBl. I, Nr. 66 vom 20.12.1996, S. 1962.
- BLUES (2000-2003): Das Bremer Luftüberwachungssystem – Monatsberichte und Jahresberichte. Hrsg.: Der Senator für Bau, Umwelt und Verkehr, Bremen, Umweltinformationen im Internet unter <http://www.umwelt.bremen.de/>
- EG-Richtlinie 2002/3/EG (2002): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 09.03.2002, Nr. L 67/14.
- EG-Richtlinie 2000/69/EG (2000): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. November 2000 über Grenzwerte für Benzol und Kohlenmonoxid in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 13.12.2000, Nr. L 313/12 ff.
- EG-Richtlinie 96/62/EG (1996): Richtlinie des Rates der Europäischen Union vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 27.11.1996, Nr. L 296/55.
- EG-Richtlinie 99/30/EG (1999): Richtlinie des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft vom 29.6.1996, Nr. L 163/41.
- Eichhorn, J. (1989): Entwicklung und Anwendung eines dreidimensionalen mikroskaligen Stadtklima-Modells. Dissertation, Johannes-Gutenberg-Universität Mainz.
- 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.
- FIGE (1995): Emissionsfaktoren für verschiedene Fahrzeugschichten, Straßenkategorien und Verkehrszustände und Bezugsjahre (II). Forschungsvorhaben Umweltbundesamt,

Berlin 105 06 044 "Erarbeitung von Grundlagen für die Umsetzung von § 40.2 BImSchG". 3. Zwischenbericht. Von Steven, H. (FIGE GmbH, Herzogenrath).

Filliger, P., Puybonnieux-Textier, V., Schneider, J. (1999): PM10 Population Exposure – Technical Report on Air Pollution, Prepared for the WHO Ministerial Conference for Environment and Health, London, June 1999, Published by Federal Department of Environment, Transport, Energy and Communications Bureau for Transport Studies, Berne, Switzerland.

Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, 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 Institutes (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003. <http://www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/--/l=1>.

Kühling, W., Peters, H.-J. (1994): Die Bewertung der Luftqualität bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. Bewertungsmaßstäbe und Standards zur Konkretisierung einer wirksamen Umweltvorsorge. In: UVP Spezial 10. Hg.: Verein zur Förderung der Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) e.V., Hamm/Westfalen.

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

LAI (1992): Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen - Entwicklung von Beurteilungsmaßstäben für kanzerogene Luftverunreinigungen im Auftrage der Umweltministerkonferenz. LAI Länderausschuss für Immissionsschutz, Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf.

LAI (2001): Maßnahmenkatalog für Aktions- und Maßnahmepläne. Erstellt von Ad hoc-AK „Maßnahmenplanung“ des LAI, Schlussbericht vom 2.10.2001.

LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Hg.: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.

- LfU (1996): Emissionsmindernde Maßnahmen im Straßenverkehr. Handbuch zur Beurteilung der Wirksamkeit. Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe. Bearb.: Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer, Karlsruhe; Heusch Boesefeldt GmbH, Aachen; Öko-Institut e.V., Freiburg.
- Lohmeyer (2001): Validierung von PM10-Immissionsberechnung im Nahbereich von Straßen und Quantifizierung der Feinstaubausbildung von Straßen. Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer, Radebeul. Projekt 2286C, Juni 2001. Gutachten im Auftrag von: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie, Berlin und Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden. Herunterladbar unter <http://www.lohmeyer.de/literatur.htm>.
- Lohmeyer, A., Nagel, T., Clai, G., Düring, I., Öttl, D. (2000): Bestimmung von Kurzzeitbelastungswerten, Immissionen gut vorhergesagt. In: Umwelt, kommunale ökologische Briefe Nr. 01/05.01.2000, Raabe-Verlag, Berlin.
- Lohmeyer (2004a): FE 02.222/2002/LRB, PM10-Emissionen an Außerortsstraßen. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul. Projekt 70016-03-10, 30.04.2004. Berichtsentwurf im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch-Gladbach (unveröffentlicht).
- Lohmeyer (2004b): Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen. Ingenieurbüro Dr.-Ing. A. Lohmeyer, Radebeul unter Mitarbeit der IFEU Heidelberg GmbH und der TU Dresden, Institut für Verkehrsökologie. Projekt 2546, 26.05.2004. Zwischenbericht im Auftrag von: Sächsischen Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden (unveröffentlicht).
- MLuS 02 (2002): Merkblatt über Luftverunreinigungen an Straßen. Teil: Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln.
- Moorcroft, S., Laxen, D., Stedmann, J., Vawda, Y., Conlan, B., Abbott, J. (1999): Assistance with the review and assessment of PM₁₀ concentrations in relation to the proposed EU Stage 1 Limit Values. In: Stanger Science & Environment, Croydon, March, 1999. Report for Department of the Environment, Transport and the Regions, the Welsh Office and the Scottish Office.
<http://www.aeat.co.uk/netcen/airquali/reports/tanpm/pmain.html>.

- Rauterberg-Wulff, A. (1999a): Determination of Emission Factors for Tire Wear Particles up to 10 µm by Tunnel Measurements. Paper presented at 8th International Symposium Transport and Air Pollution, Graz, Österreich 31. Mai - 2. Juni 1999.
- Rauterberg-Wulff, A. (1999b): Beitrag des Reifen- und Bremsenabriebs zur Rußimmission an Straßen. Fortschrittsberichte des VDI, Reihe 15: Umwelttechnik Nr. 202.
- 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-NO₂-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).
- UBA (1995) (Hassel, D., Jost, P., Weber, F.J., Dursbeck, F.): Abgas-Emissionsfaktoren von Nutzfahrzeugen in der Bundesrepublik Deutschland für das Bezugsjahr 1990. Abschlussbericht. Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit - Luftreinhaltung. UBA-FB 95-049. UBA-Berichte 5/1995.
- UBA (1997): Reduzierung hoher Luftschadstoffbelastung an Straßen. Beitrag von P. Klippel und M. Jäcker-Küppers in den Proceedings zum 465. FGU-Seminar, Verkehrsbedingte Belastungen durch Benzol, Dieselruß und Stickoxide in städtischen Straßenräumen, 14.-15.April 1997, Berlin, Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin.
- UBA (2004): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 2.1/April 2004. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg: Umweltbundesamt Berlin. Herunterladbar unter <http://www.hbefa.net/>.

A N H A N G A 1
BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN
KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte und Prüfwerte

Durch den Betrieb von Kraftfahrzeugen entstehen eine Vielzahl von Schadstoffen, welche die menschliche Gesundheit gefährden können, z.B. Stickoxide (NO_x als Summe von NO und NO₂), Kohlenmonoxid (CO), Schwefeldioxid (SO₂), Benzol, Ruß, sonstige 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-, Prüf- 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 22. BImSchV (2002) benannt. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO₂, Benzol, Ruß und PM10 von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Blei und Kohlenmonoxid betrachtet. Die Grenzwerte der 22. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	1 Stunde	200µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	2005
Blei	Jahresmittelwert	0.5 µg/m ³	2005
Benzol	Jahresmittelwert	5.0 µg/m ³	2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitend	10 mg/m ³	2005

Tab. A1.1: Immissionsgrenzwerte (punktscharf) nach 22. BImSchV (2002) für ausgewählte (verkehrsrelevante) Schadstoffe.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 22. 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.

In der 23. BImSchV (1996) sind Konzentrationswerte als Prüfwerte festgelegt, bei deren Überschreitung nach § 40 Abs. 2 Satz 1 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes der Einsatz verkehrlenkender Maßnahmen zur Senkung der Schadstoffbelastung zu prüfen ist. Eine Zusammenstellung dieser Werte ist in **Tab. A1.2** angegeben.

Schadstoff	Jahresmittel	98-Perzentil
Stickstoffdioxid NO ₂	-	160
Benzol	10	-
Ruß	8	-

Tab. A1.2: Prüfwerte (punktscharf) nach 23. BImSchV (1996). Alle Angaben in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen.

A1.2 Vorsorgewerte

Da der Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen mit Grenz- und Prüfwerten allein noch nicht ausreichend ist, um eine Luftschadstoffkonzentration zu charakterisieren, gibt es zusätzlich zu den Grenzwerten so genannte Vorsorgewerte zur langfristigen Verbesserung der Luftqualität. Kühling et al. (1994) erläutern, dass für Krebs erregende Schadstoffe (Benzol und Ruß) keine wissenschaftlich vertretbaren Schwellendosen angegeben werden können, ab deren Unterschreiten eine Unbedenklichkeit anzunehmen ist. Daher sei eine stetige Verringerung der Immissionen kanzerogener Stoffe erforderlich (Minimierungsgebot). Im Abschlussbericht der Arbeitsgruppe "Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen" des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI, 1992) werden unterhalb der Prüfwerte der 23. BImSchV liegende Beurteilungsmaßstäbe zur Begrenzung des Krebsrisikos durch Luftverunreinigungen gegeben. Dies sind Jahresmittelwerte der Schadstoffkonzentration bestimmter Luftschadstoffe, die bei lebenslanger Einatmung beim Menschen ein definiertes Krebsrisiko darstellen. Für die Schadstoffe Benzol und Dieselruß werden für Rasterflächen von 1 km x 1 km unter Zugrundelegung eines mittleren Krebsrisikos für Benzol von $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für Dieselruß von $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ genannt (siehe **Tab. A1.3**).

	LAI (1992, Flächenmittel)	UBA (1997, punktscharf)
Benzol	2.5	5
Ruß	1.5	3

Tab. A1.3: Vorsorgewerte für das Jahresmittel der Luftschadstoffimmissionen nach LAI (1992) und UBA (1997). Alle Angaben in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].

Bei der Beurteilung punktbezogener Benzol- bzw. Rußimmissionen an Belastungsschwerpunkten wie Straßenrändern ist zu berücksichtigen, dass diese höher liegen als die zugehörigen Flächenmittelwerte. Deshalb schlägt das Umweltbundesamt für die punktscharfe Beurteilung eine Verdopplung der gebietsbezogenen Durchschnittswerte vor (UBA, 1997). Das UBA begründet diese Vorgehensweise mit gemessenen räumlichen Verteilungen von Schadstoffimmissionen. Demnach ergeben sich punktscharf als Vorsorgewerte für Benzol $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und für Ruß $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (siehe **Tab. A1.3**).

A1.3 Zukünftige Tendenzen bei der Bewertung von Schadstoffimmissionen

Die Europäische Union ist derzeit dabei, die Beurteilungsmaßstäbe von Luftschadstoffimmissionen in einer zweiten Generation von Richtlinien neu zu definieren. Dazu gehört die (Rahmen-) Richtlinie über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität (96/62/EG vom 27.09.1996) mit ihren Tochterrichtlinien. Während die Rahmenrichtlinie selbst keine Detailregelungen für einzelne Luftverunreinigungen, wie Grenzwerte oder Mess- und Überwachungsverfahren enthält, werden diese in Tochterrichtlinien festgelegt.

Die Erste dieser Tochterrichtlinien, die EG-Richtlinie 99/30/EG für die Schadstoffe SO_2 , NO_x , Partikel und Blei, wurde am 28.06.1999 im Amtsblatt der EG veröffentlicht. Die zweite Tochterrichtlinie, die EG-Richtlinie 2000/69/EG für die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid, wurde am 13.12.2000 veröffentlicht, die dritte für den Ozongehalt in der Luft (2000/3/EG) am 12.02.2002. Die Inhalte dieser drei Tochterrichtlinien sind weitgehend mit der Novellierung der 22. BImSchV vom 11.09.2002 in nationales Recht überführt. Weitere Tochterrichtlinien sind in Planung.

Eine Abweichung zwischen den EG-Richtlinien und der 22. BImSchV zeigt sich beispielsweise bei PM_{10} . Die in der EG-Richtlinie 99/30/EG für das Jahr 2010 genannten PM_{10} -Werte der 2. Stufe mit einem Jahresmittelwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und einem Tagesmittelwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei 7 Überschreitungen pro Jahr sind nicht in die 22. BImSchV übernommen. Laut EG-Richtlinie sind diese Werte der 2. Stufe als Richtgrenzwerte aufzufassen, die nach Artikel 10 der EG-Richtlinie im Rahmen der Revision hinsichtlich Verbindlichkeit zu überprüfen sind.

A N H A N G A 2

PM10-, RUSS- UND BENZOLIMMISSIONEN (JAHRESMITTEL)



Abb. A2.1: PM10-Immissionen (Jahresmittel)
Bestand 2002

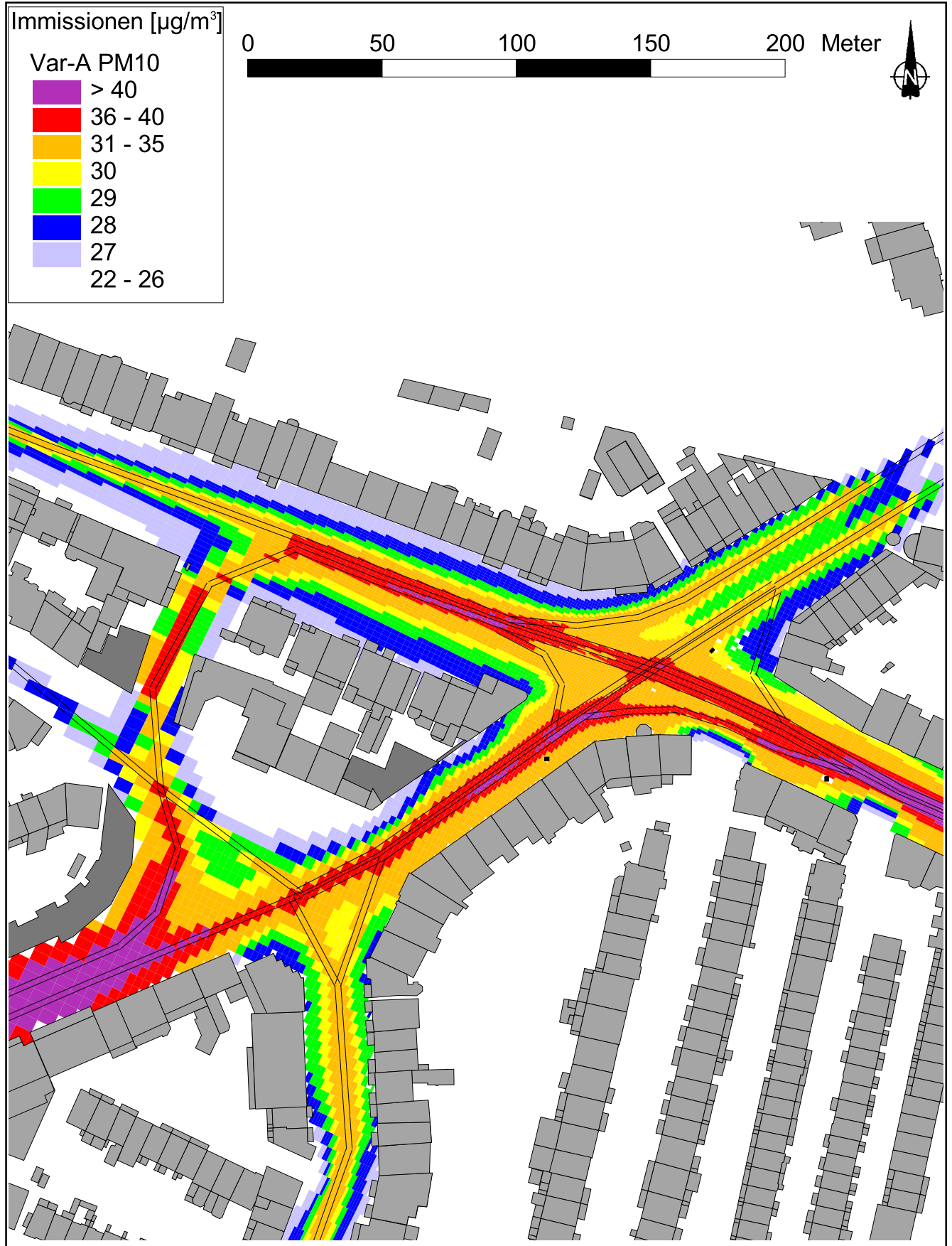


Abb. A2.2: PM10-Immissionen (Jahresmittel)
Variante A Prognose 2010

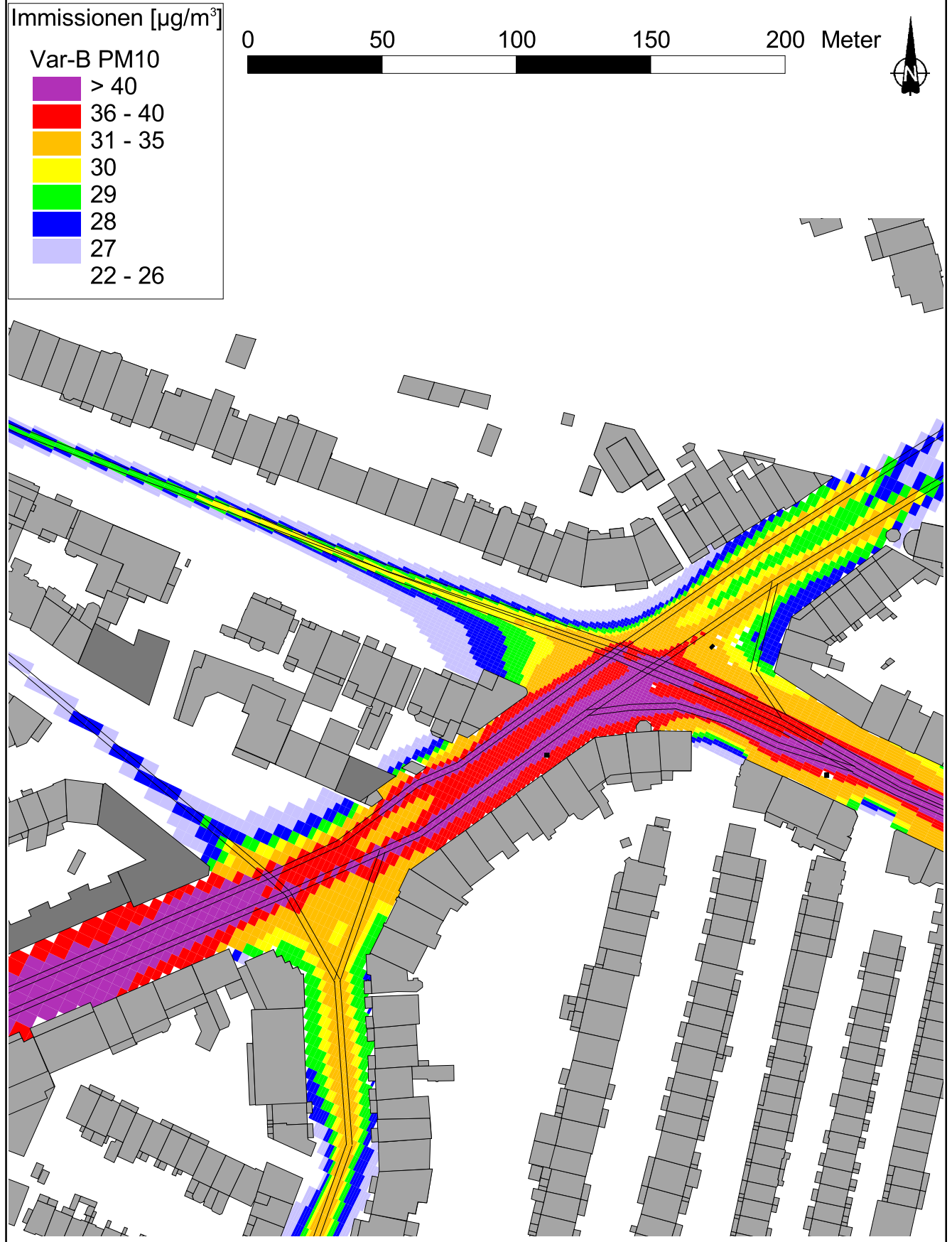


Abb. A2.3: PM10-Immissionen (Jahresmittel)
Variante B Prognose 2010

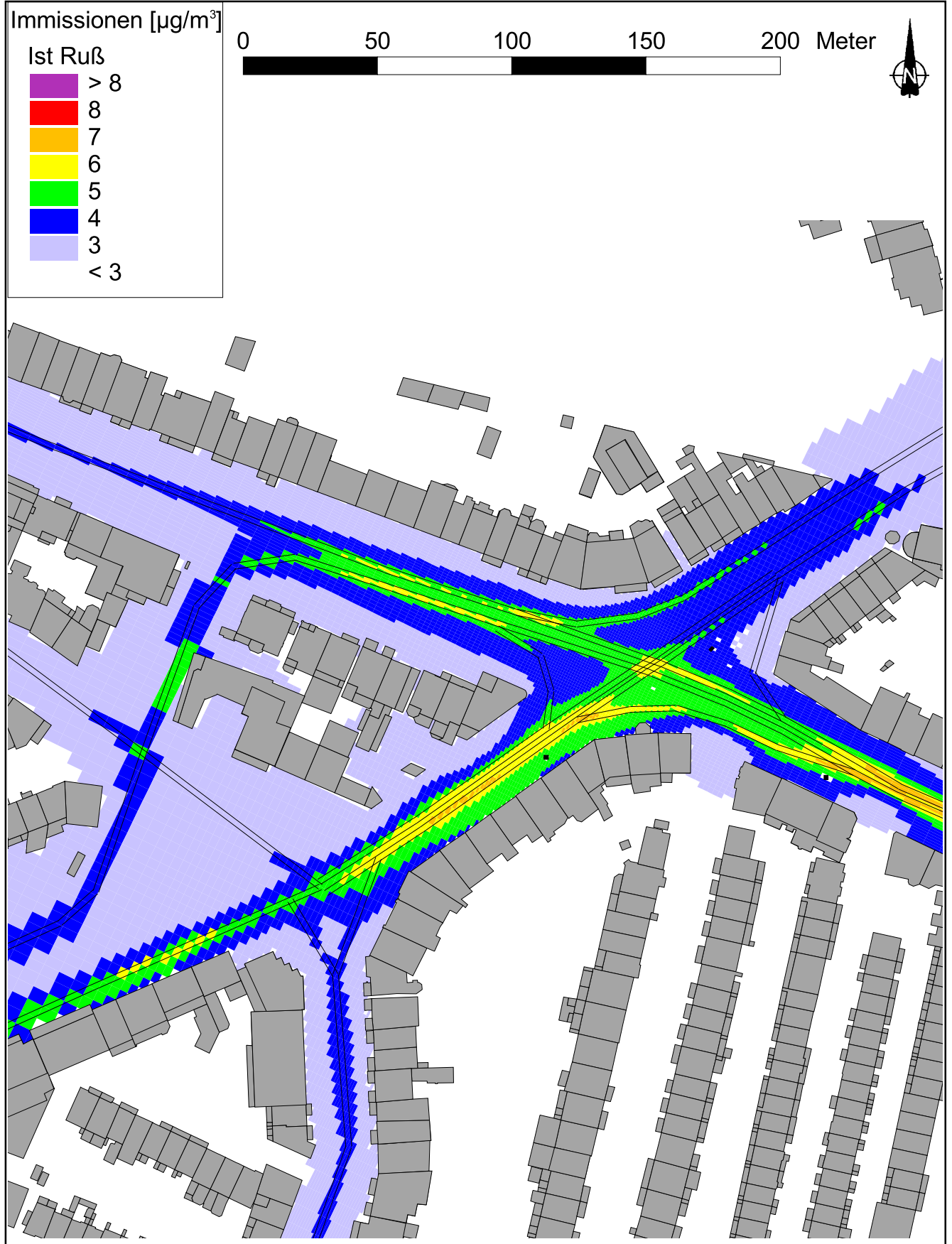


Abb. A2.4: Rußimmissionen (Jahresmittel)
Bestand 2002

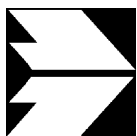
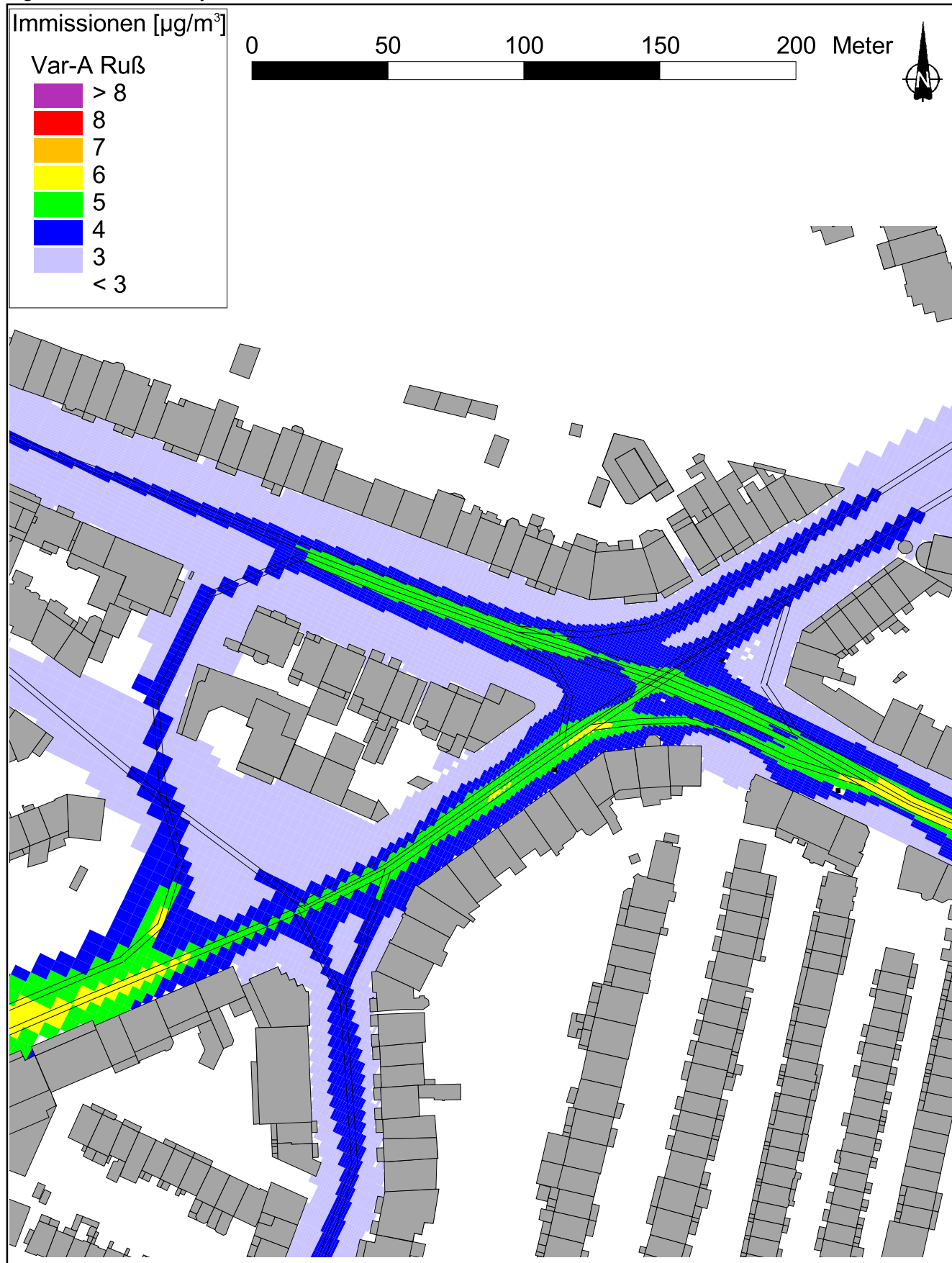


Abb. A2.5: Rußimmissionen (Jahresmittel)
Variante A Prognose 2010

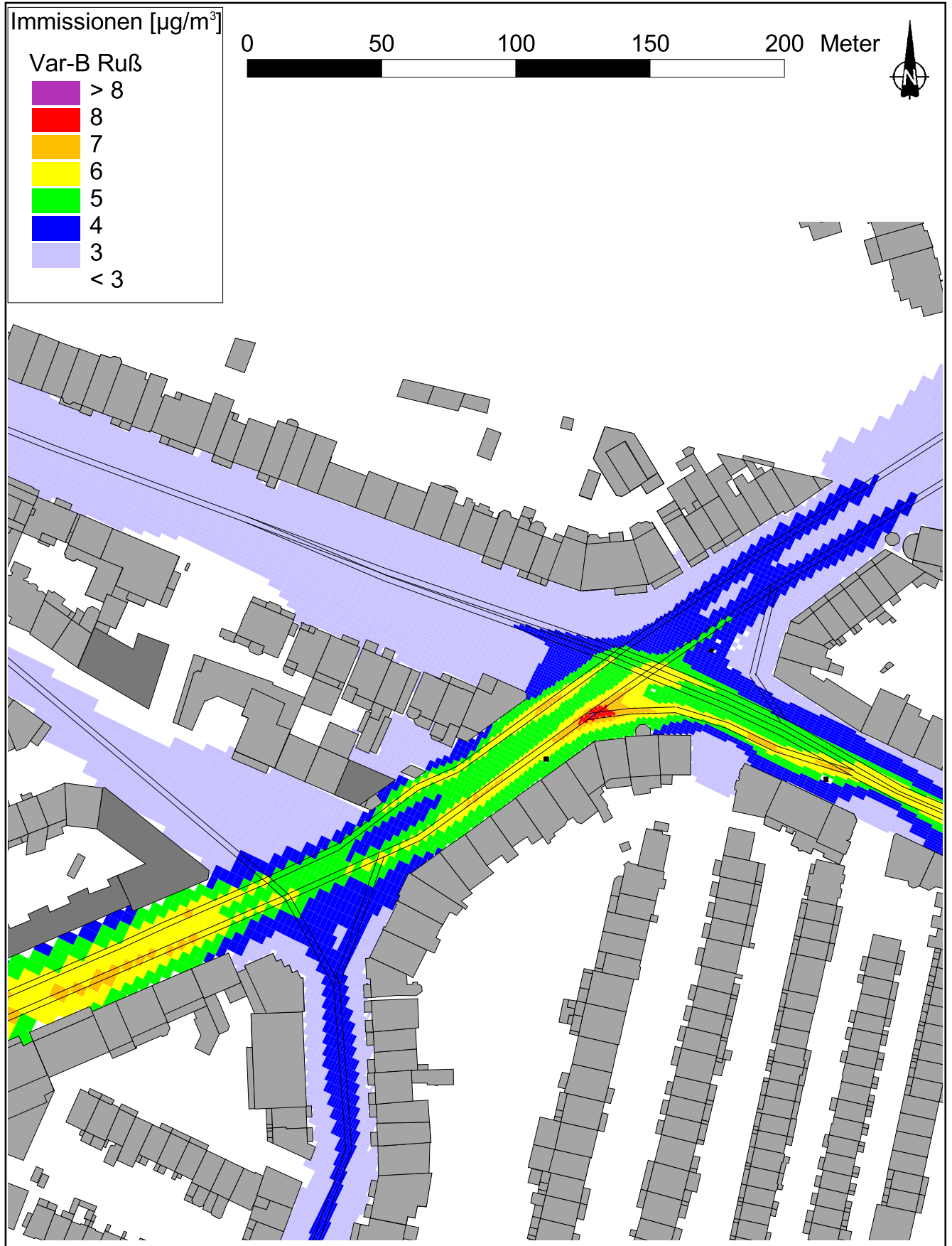


Abb. A2.6: Rußimmissionen (Jahresmittel)
Variante B Prognose 2010

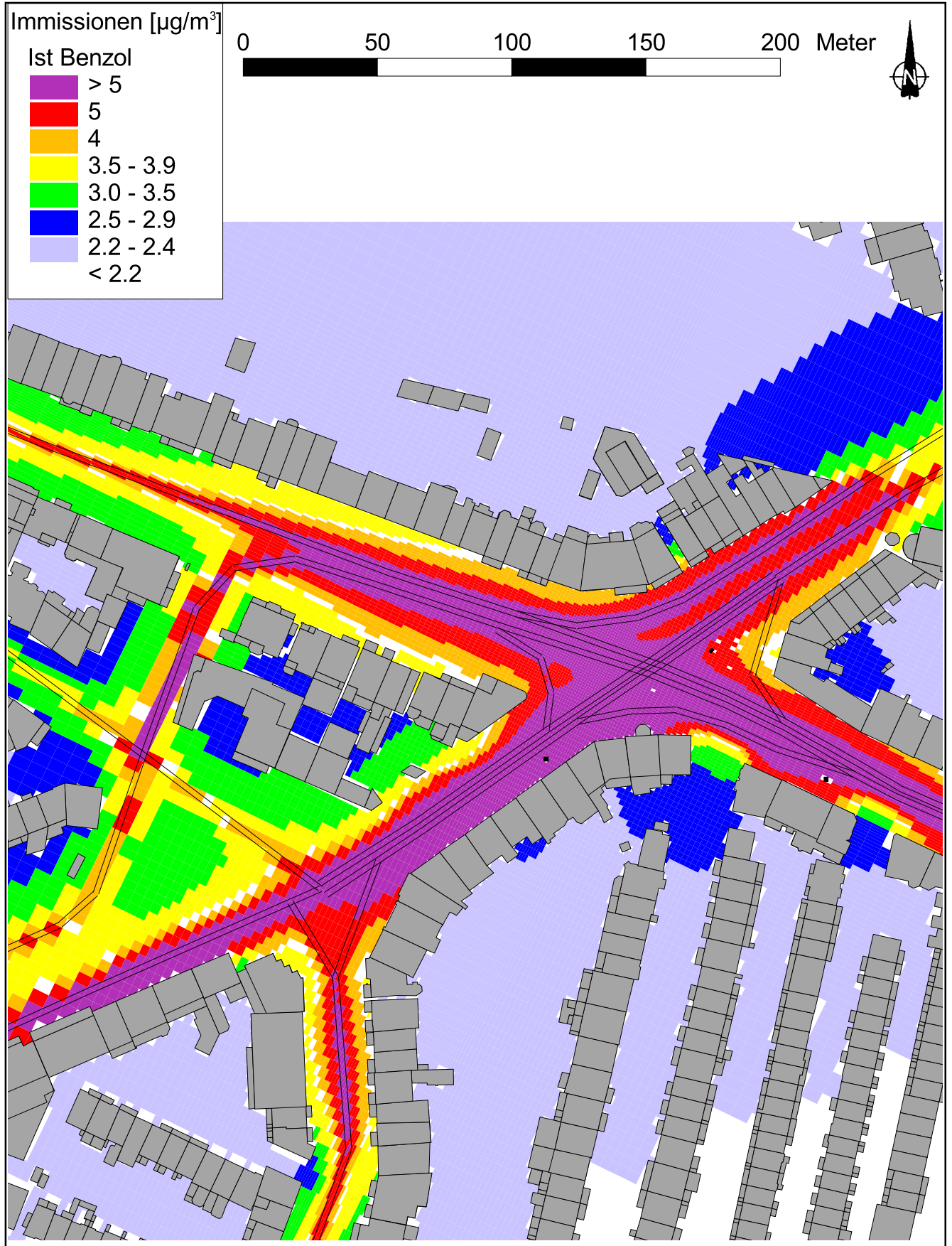
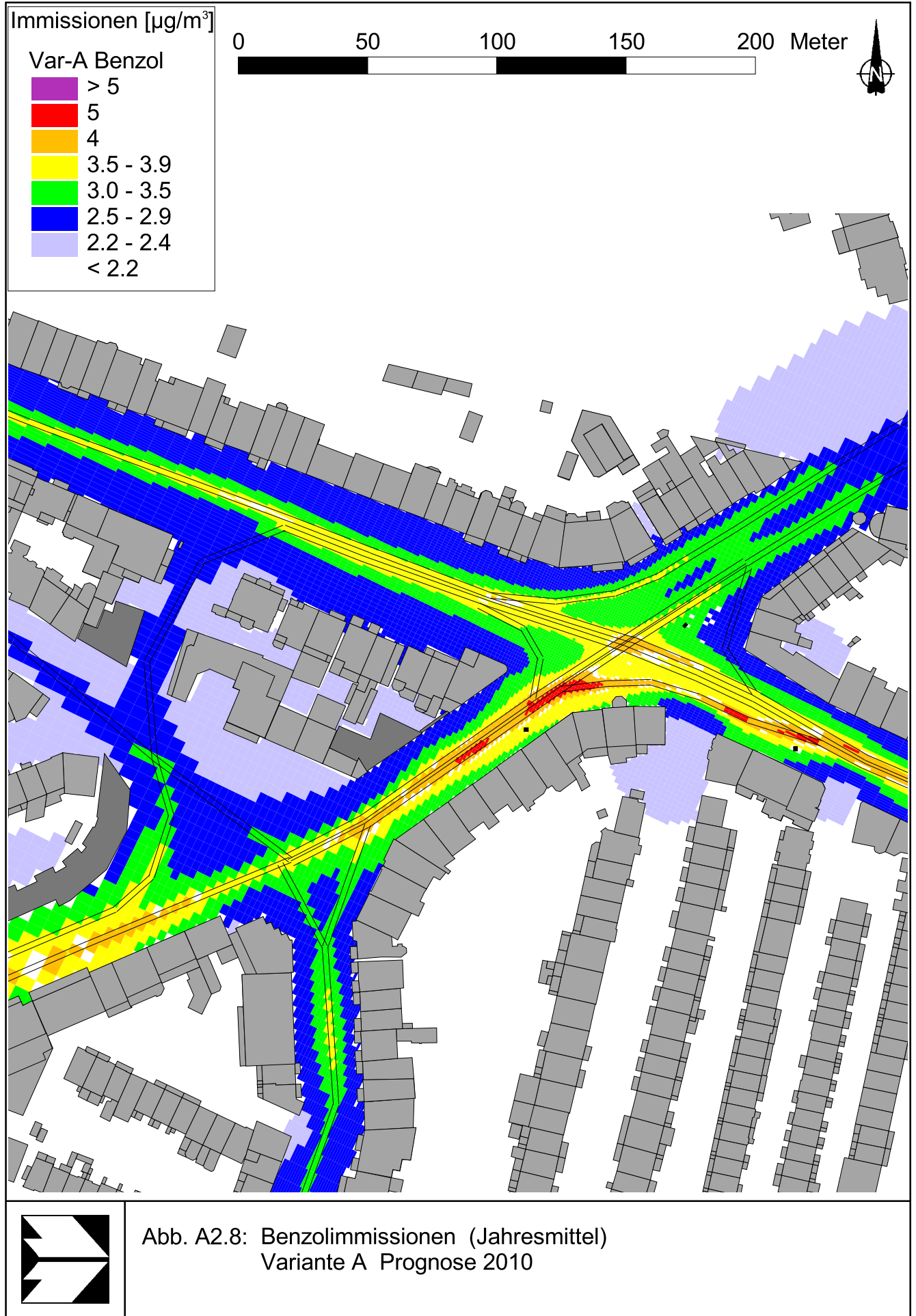


Abb. A2.7: Benzolimmissionen (Jahresmittel)
Bestand 2002



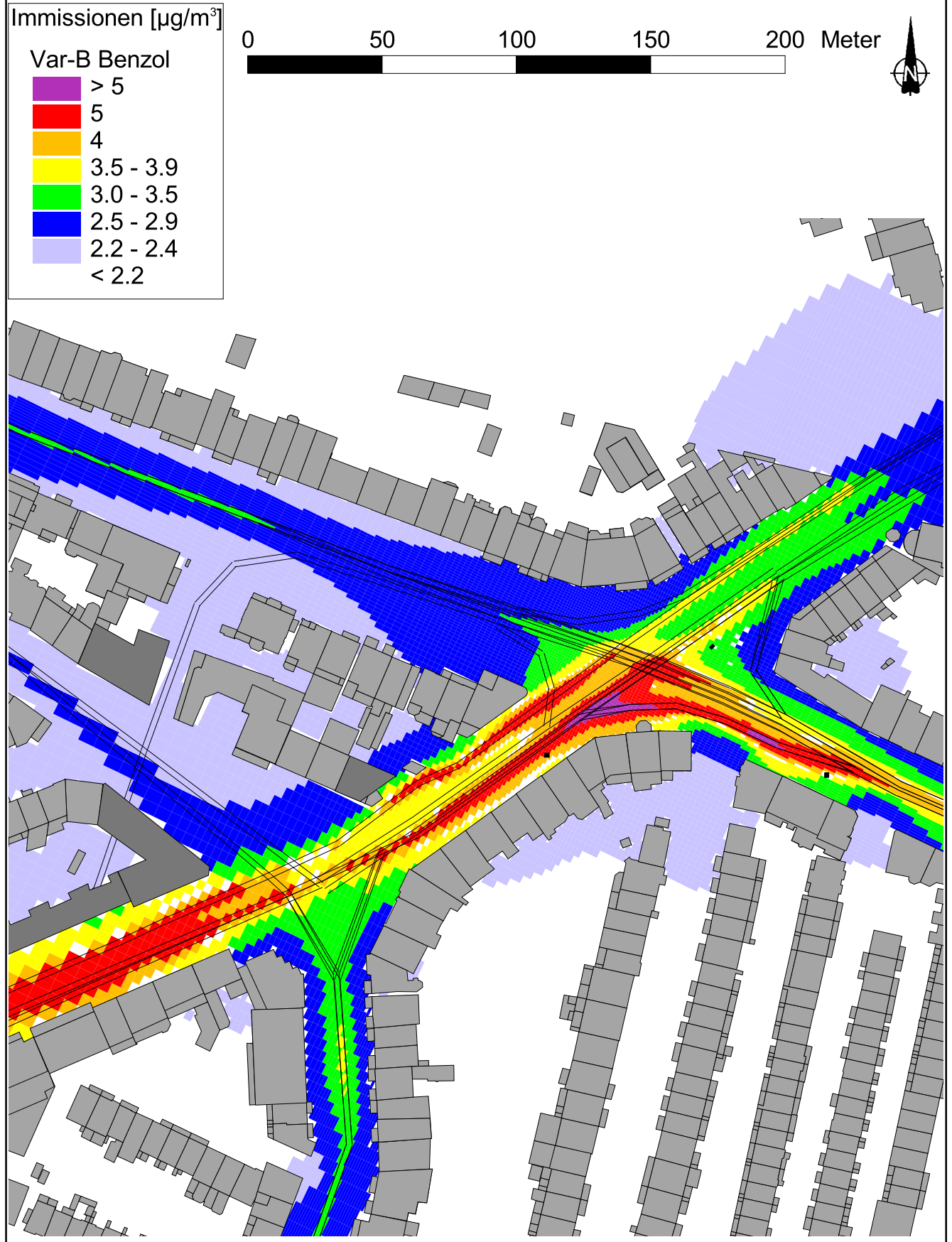


Abb. A2.9: Benzolimmissionen (Jahresmittel)
Variante B Prognose 2010