

**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

VERKEHRSBEDINGTE IMMISSIONEN - WIRKSAMKEIT EINES TEMPOLIMITS AUF EINER STADTAUTOBAHN IN MÜNCHEN

Auftraggeber: Bayer. Landesamt für Umwelt
Referat "Luftgütemessungen Südbayern
Luftreinhaltung beim Verkehr"
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Dipl.-Geogr. T. Nagel
Dipl.-Ing. W. Schmidt
Dipl.-Umweltwiss. A. Friedrich

Dr.-Ing. W. Bächlin

November 2012
Projekt 61938-11-01
Berichtsumfang 99 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	7
3 VORGEHENSWEISE	8
3.1 Berechnungsverfahren MISKAM	8
3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	10
3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	11
4 EINGANGSDATEN	13
4.1 Verkehrsdaten	13
4.2 Meteorologische Daten	19
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung	21
5 EMISSIONEN	25
5.1 Messtechnische Erfassung der Verkehrssituationen	25
5.1.1 Vorgehen bezüglich Fahrverhalten.....	25
5.1.2 Ergebnisse	29
5.2 Betrachtete Schadstoffe	39
5.3 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	39
5.3.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren	39
5.3.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren	42
5.4 Emissionen pro Fahrzeug	46
5.5 Berechnete Emissionen an der Messstelle	46
6 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN.....	52
6.1 Stickstoffdioxidimmissionen	52
6.2 Feinstaubimmissionen (PM ₁₀).....	63
6.3 Diskussion	63

7 LITERATUR	70
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	75
A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG	79
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	82

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.

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

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

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO_2 -Konzentrationen von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentration von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der maximal an 35 Tagen überschritten werden darf. Da diese Werte derzeit nicht direkt berechnet werden können, erfolgt die Beurteilung hilfsweise anhand von abgeleiteten Äquivalentwerten auf Basis der Jahresmittelwerte bzw. 98-Perzentilwerte (Konzentrationswert, der in 98% der Zeit des Jahres unterschritten wird). Diese Äquivalentwerte sind aus Messungen abgeleitete Kennwerte, bei deren Unterschreitung auch eine Unterschreitung der Kurzzeitwerte erwartet wird.

Verkehrssituation

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

Feinstaub / PM_{10} / $\text{PM}_{2,5}$

Mit Feinstaub bzw. PM_{10} / $\text{PM}_{2,5}$ werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von $10 \mu\text{m}$ bzw. $2,5 \mu\text{m}$ eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM_{10} -Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die $\text{PM}_{2,5}$ -Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

1 ZUSAMMENFASSUNG

In München werden bzw. wurden an der Landshuter Allee die Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO_2) sowie des Tagesmittelwertes für Feinstaub (PM_{10}) überschritten. Für die Fortschreibung des bestehenden Luftreinhalteplans der Stadt München sollen zusätzliche Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffdioxid und Feinstaub-Belastung auf ihre Wirksamkeit geprüft werden. Das betrifft u.a. Tempolimits auf 60 km/h bzw. 50 km/h und unterschiedliche Intensitäten der Kontrolle.

Emissions- und immissionsseitig zu betrachten waren folgende Maßnahmen bzw. Varianten:

- V1: Strenge Überwachung der bestehenden Tempolimits (60 km/h) unter Annahme eines Befolgungsgrades nahe 100%,
- V2: Tempolimit von 50 km/h auf den vier inneren und den vier äußeren Fahrspuren der Landshuter Allee ohne Überwachung,
- V3: Tempolimit von 50 km/h auf den vier inneren und den vier äußeren Fahrspuren der Landshuter Allee mit strenger Überwachung wie V1.

Ergänzend waren Emissionsberechnungen für die Prognosejahre 2015 und 2020 ohne Berücksichtigung der vorgenannten Tempolimits durchzuführen (Nullfall 2015 und Nullfall 2020) und mit denen des Ist-Zustandes zu vergleichen.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe werden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den Straßen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten werden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA3.1, Stand 2010) die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet. Für eine detaillierte Zuordnung der vorherrschenden Fahrverhältnisse zu den definierten Verkehrssituationen im HBEFA wurden Fahrten auf der Landshuter Allee durchgeführt, sowie Zählraten ausgewertet. Weiterhin wurde die aktuelle Kfz-Flotte von München, sowie die aktuelle Linienbusflotte von München bei der Emissionsberechnung berücksichtigt.

Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt. Betrachtet werden die Schadstoffe NO_2 und Feinstaub (PM_{10}). Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV (2010).

Ergänzend wurden die berechneten NO₂-Immissionen mit den Messwerten der kontinuierlichen Luftschadstoffmessstation München Landshuter Allee sowie mit Messdaten basierend auf Passivsammlermessungen entlang der Landshuter Allee und in den Nebenstraßen verglichen und ergaben für den Ist-Zustand gute Übereinstimmungen.

Emissionen

Im Ist-Zustand prägen die inneren Fahrspuren die Emissionen der Landshuter Allee. Die äußeren, durch den städtischen Verkehr inklusive Lichtsignalanlageneinflüssen geprägten Fahrspuren weisen ebenfalls hohe Emissionen auf. Diese werden ergänzt durch die Beiträge des Linienbusverkehrs auf den jeweils äußersten Fahrspuren.

Für die inneren Fahrspuren werden durch die Maßnahmen mit Kontrollen der Fahrgeschwindigkeit (V1 und V3) gleichmäßigere Fahrweisen und geringere Höchstgeschwindigkeiten gegenüber dem Ist-Zustand erwartet und damit geringere NO_x-Emissionen und auch geringere direkte NO₂-Emissionen. Die Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit auf Tempo 50 km/h ohne Kontrollen (V2) lässt entsprechend den zugeordneten Verkehrssituationen des HBEFA keine nennenswerten Änderungen der Emissionen erwarten. Da auf den äußeren Fahrspuren die erlaubte Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h schon im Ist-Zustand nicht überschritten wird, sind keine nennenswerten Änderungen durch zusätzliche Kontrollen zu erwarten, zumal auch die Lichtsignalanlagen und Fahrspurwechsel auf den äußeren Fahrspuren keine hohen Fahrgeschwindigkeiten erlauben und eher ein geringeres mittleres Geschwindigkeitsniveau erzeugen. Die weitestgehende Maßnahme, streng kontrolliertes Tempolimit von 50 km/h (V3), führt zu einer Reduktion der NO_x-Emissionen der Landshuter Allee auf 76% und der NO₂-Direktemissionen auf 75% der Ausgangssituation.

Mit der zeitlichen Entwicklung der Fahrzeugflottenzusammensetzung bis 2015 und 2020 werden verringerte motorbedingte Emissionen prognostiziert. Das führt dazu, dass auf allen Fahrspuren die Emissionen verringert werden bei angesetzter gleichbleibender Verkehrsstärke und ohne zusätzliche Tempolimits. Dabei sind intensive Minderungen für die NO_x-Emissionen und NO₂-Direktemissionen abgeleitet und erreichen im Jahr 2020 (Nullfall 2020) für NO_x ca. 51% der Ausgangsemission bzw. für direkte NO₂-Emissionen ca. 57% der Ausgangsemission.

Die Verringerungen der Partikelemissionen fallen für die Jahre 2015 und 2020 gegenüber NO_x - und NO_2 -Emissionen deutlich geringer aus, da nur eine Minderung der motorbedingten Beiträge angesetzt wurde und die nicht motorbedingten Beiträge aufgrund unveränderter Verkehrsstärken nicht modifiziert werden.

Immissionen

Die NO_2 - und PM_{10} - Immissionen wurden für den Ist-Zustand 2011 flächenhaft für die Höhe der Probenahme an der Messstation in ca. 4 m über dem Gelände sowie für die Höhe von ca. 1,5 m über dem Gelände berechnet. Die Höhe von 1,5 m entspricht in etwa der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten bzw. dem Eingangsbereich der Wohngebäude. Die Höhe von 4 m über Gelände kommt der Höhe der Fenster im ersten Obergeschoss nahe.

Stickstoffdioxid (NO_2)

Der für das Bezugsjahr 2011 prognostizierte NO_2 -Jahresmittelwert von $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem Messwert an der LÜB-Station von $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mit der weitestgehenden Maßnahme, streng überwacht Tempolimit von 50 km/h (V3), werden an der Messstation in 4 m Höhe NO_2 -Immissionen von $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Das entspricht einer Minderung um $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. einer Reduktion auf 87% des Ausgangswertes. An der benachbarten Wohnbebauung werden für den Ist-Zustand NO_2 -Immissionen in Höhe des ersten Obergeschosses (4 m) von $78 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und in „Nasenhöhe“ (1,5 m) von $81 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Mit der weitestgehenden Maßnahme (V3) reduzieren sich diese Belastungen auf $69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Trotz der deutlichen Minderungen kann – wie zu erwarten war – mit keiner der Maßnahmen eine Einhaltung des Grenzwertes für den Jahresmittelwert abgeleitet werden.

Feinstaub PM_{10}

An der Messstation wurde ein PM_{10} Jahresmittelwert von $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Bezugsjahr 2011 berechnet, welcher mit dem gemessenen Wert übereinstimmt. Mit der Maßnahme Tempolimit von 50 km/h inklusive strenger Überwachung (V3) wird eine Minderung auf $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Messstation prognostiziert, was einer Verringerung auf 97% des Ausgangswertes entspricht. An der Randbebauung werden PM_{10} -Immissionen von $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in „Nasenhöhe“ (1,5 m) und von $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf Höhe des ersten Obergeschosses (4 m) berechnet.

Die flächenhaften Ergebnisse zeigen, dass auch ohne zusätzliche Maßnahmen der Grenzwert für den PM₁₀ Jahresmittelwert von 40 µg/m³ im Untersuchungsgebiet der Landshuter Allee eingehalten wird. Nur durch die Maßnahme Tempolimit von 50 km/h mit strenger Überwachung (V3) ist eine geringe PM₁₀-Minderung im Jahresmittel gegenüber dem Ist-Zustand zu beobachten. Es ist aber zu erwarten, dass auch mit der weitestgehenden Maßnahme V3 der Grenzwert für den PM₁₀ Tagesmittelwert von 50 µg/m³ nicht sicher eingehalten werden kann.

2 AUFGABENSTELLUNG

In München werden an mehreren Luftmessstationen die Grenzwerte für Stickstoffdioxid (NO_2) sowie des Tagesmittelwertes für Feinstaub (PM_{10}) überschritten, unter anderem auch an der Messstation Landshuter Allee. Für die Stadt München existiert ein Luftreinhalteplan, der demnächst fortgeschrieben werden soll. Vor diesem Hintergrund sind zusätzliche Maßnahmen zur Minderung der Stickstoffdioxid- und Feinstaub-Belastung auf ihre Wirksamkeit zu prüfen. Eine dieser angedachten Maßnahmen sind Tempolimits auf 60 bzw. 50 km/h und unterschiedliche Intensitäten der Kontrolle.

Zu betrachten sind folgende Maßnahmen bzw. Varianten:

- V1: Strenge Überwachung der bestehenden Tempolimits (60 km/h) unter Annahme eines Befolgungsgrades nahe 100%,
- V2: Tempolimit von 50 km/h auf den vier inneren und den vier äußeren Fahrspuren der Landshuter Allee ohne Überwachung,
- V3: Tempolimit von 50 km/h auf den vier inneren und den vier äußeren Fahrspuren der Landshuter Allee mit strenger Überwachung wie V1.

Ergänzend sind Emissionsberechnungen für die Prognosejahre 2015 und 2020 ohne Berücksichtigung der vorgenannten Tempolimits (Nullfall 2015 und Nullfall 2020) durchzuführen und mit denen des Ist-Zustandes zu vergleichen.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, wie die durch die geplanten Maßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verändern. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z.B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt sind, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für den Kfz-Verkehr relevant ist v.a. die 39. BImSchV, die bei unveränderten Grenzwerten für NO_2 und PM_{10} die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf die v.a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickstoffoxide und Feinstaubpartikel PM_{10} . Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO_2 und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch Vergleich relativ zum entsprechenden Grenzwert.

3.1 Berechnungsverfahren MISKAM

Aufgrund der skizzierten Aufgabenstellung sind die Auswirkungen der Gebäudeumströmungen bei den Immissionsberechnungen zu berücksichtigen. Die Berechnungen erfolgen mit dem für solche Fragestellungen geeigneten mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 1995). Grundlage der Simulationsrechnungen sind die digitalen Daten der bestehenden Bebauung nach Lage und Höhe. Die Lagedaten sind aktuellen Stadtkarten und digitalen Gebäudedaten mit Höhenangaben entnommen, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster werden für die Strömungsberechnungen in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Das Rechengitter besteht aus 290×395 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. $800 \text{ m} \times 1\,200 \text{ m}$. Es wird ein nicht-äquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der Messstelle an der Bebauung eine feine Auflösung von ca. 2 m aufweist und nach außen gröber wird. In vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 37 Ebenen bis in eine Höhe von 480 m über Grund, wobei die Ebenen in Bodennähe mit $0,6 \text{ m}$ fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen

für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der durch die Stadtverwaltung München zur Verfügung gestellten lokalen Verkehrsmengen sowie der Flottenzusammensetzung (Zulassungszahlen) werden für die entsprechenden Bezugsjahre die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM_{10}) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung werden im HBEFA 3.1 nicht behandelt. Die PM_{10} -Emissionsbestimmung für Abrieb und Aufwirbelung erfolgt auf der Grundlage von Ergebnissen aktueller Forschungsarbeiten (BAST, 2005, Düring und Lohmeyer, 2011). Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik.

Die Emissionen werden in das Rechengitter übertragen und mit den oben erwähnten Windfeldern der Ausbreitungsrechnung mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM zugeführt. Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik), der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes und des Wochengangs der Emissionen werden die im Untersuchungsgebiet auftretenden Immissionen berechnet. Für die Ermittlung der NO_2 -Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO - NO_2 -Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

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

3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

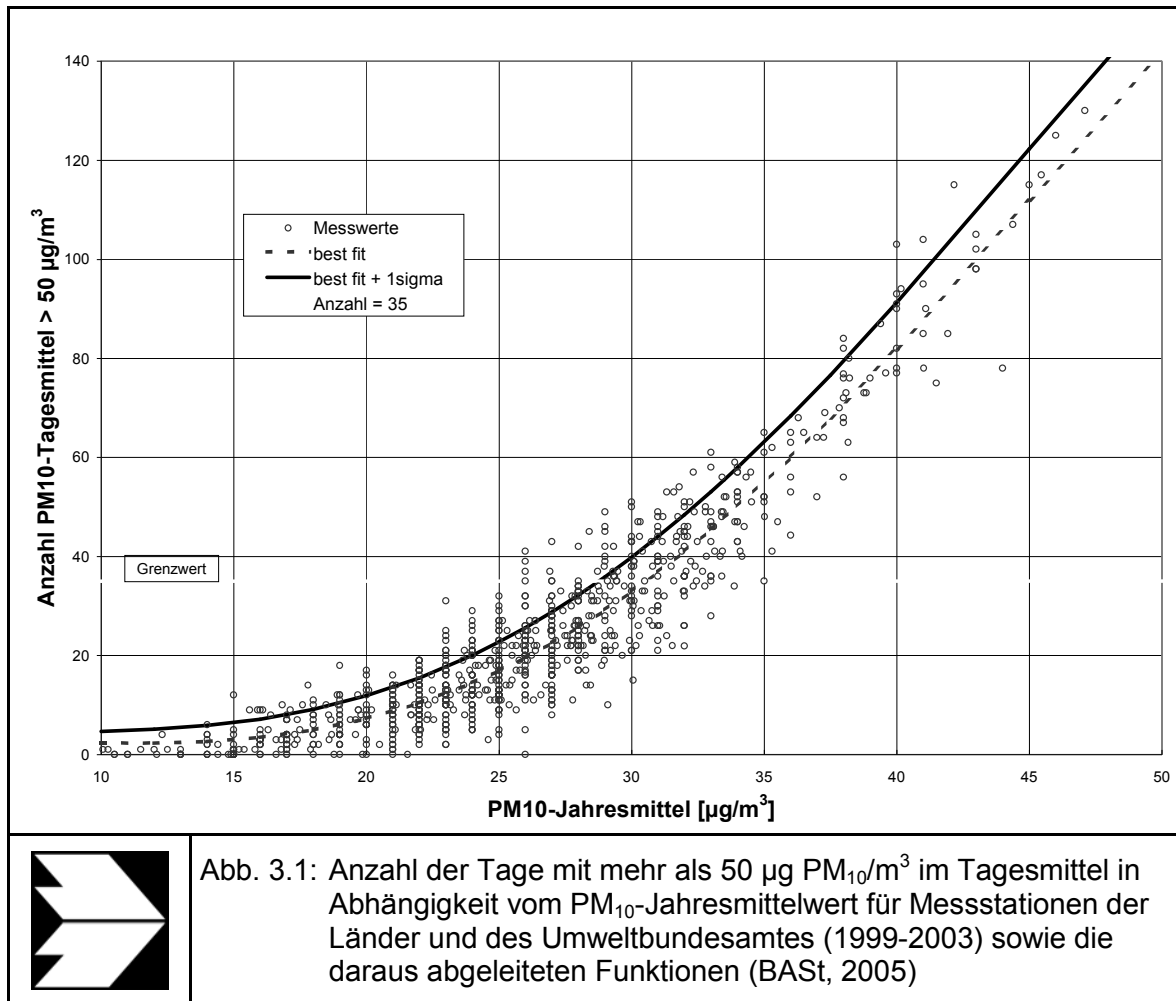
Die 39. BImSchV definiert u.a. als Kurzzeitgrenzwert für NO_2 einen Stundenmittelwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer et al., 2000) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten wird, wenn der 98-Perzentilwert $115 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bis $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht überschreitet. Die genannte Spannbreite, abgeleitet aus der Analyse von Messdaten verschiedener Messstellen, ist groß; die Interpretationen der Messdaten deuten darauf hin, dass bei einer Unterschreitung des 98-Perzentilwertes von $130 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (= Äquivalentwert) der genannte Grenzwert für die maximalen Stundenwerte eingehalten wird.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM_{10} -Konzentrationen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird ein ähnliches Verfahren eingesetzt. Im Rahmen eines Forschungsprojektes für die Bundesanstalt für Straßenwesen wurde aus 914 Messdatensätzen aus den Jahren 1999 bis 2003 eine gute Korrelation zwischen der Anzahl der Tage mit PM_{10} -Tagesmittelwerten größer als $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und dem PM_{10} -Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM_{10} -Überschreitungshäufigkeit vom PM_{10} -Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005). Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entsprechende Funktion für einen „best fit“ vor (UMK, 2004). Diese Funktion zeigt bis zu einem Jahresmittelwert von ca. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM_{10} -Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM_{10} -Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM_{10} -Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM_{10} -

Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).



3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

In **Tab. 3.1** werden die in der vorliegenden Studie verwendeten und im Anhang A1 erläuterten Beurteilungswerte für die relevanten Autoabgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM ₁₀	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)

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

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

4 EINGANGSDATEN

Für die Windfeld-, Emissions- und Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage und Höhe der bestehenden Bebauung, die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die genannten Eingangsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die Lage des Untersuchungsgebietes mit der Messstelle Landshuter Allee und dem umliegenden Straßennetz ist in **Abb. 4.1** aufgezeigt.

Das zu betrachtende Plangebiet liegt im zentralen Stadtbereich von München direkt westlich der Innenstadt. Die Messstelle liegt am westlichen Rand der Nord-Süd orientierten, insgesamt 8-streifigen Landshuter Allee, die vier innere Fahrspuren entsprechend einer Stadtautobahn und je Fahrtrichtung zwei äußere Fahrspuren mit Einmündungsbereichen zu den inneren Fahrspuren und beidseitig geschlossene, mehrgeschossige Randbebauung aufweist. Die inneren Fahrspuren der Stadtautobahn gehen weiter nördlich der Messstelle in eine Tunnelstrecke über und weiter südlich werden sie mit der Donnersberger Brücke über die Arnulfstraße und die Bahngleise geführt. Auf den inneren Fahrspuren besteht ein Tempolimit von 60 km/h. Die äußeren Fahrspuren entsprechen städtischen Straßen mit einer erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h; aufgrund durch Lichtsignalanlagen gesteuerten Kreuzungsbereichen sowie Einmündungen und Parkbuchten sowie zwei Buslinien herrscht dort ein eingeschränkter Verkehrsfluss vor.

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

4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten für das Straßennetz in der Umgebung der Messstelle wurden durch die Stadtverwaltung München übergeben. Das sind einmal Angaben der durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) und der Lkw-Anteile für die Hauptverkehrsstraßen und zum anderen Kfz-Belegungen aus der Schleifenzählung auf 7 Fahrspuren der Landshuter Allee auf der Höhe der Hirschbergstraße.

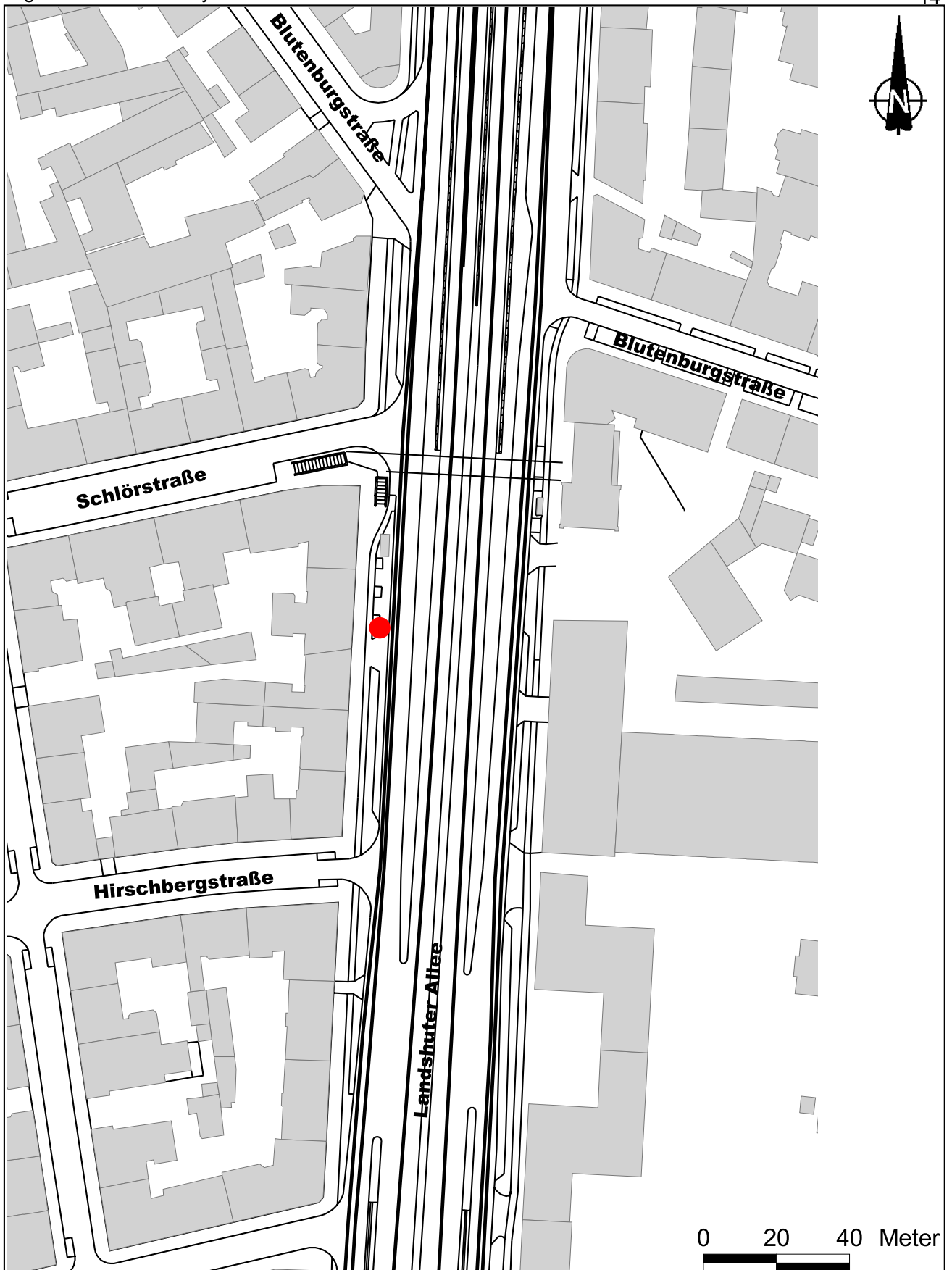


Abb. 4.1: Lageplan des Untersuchungsgebietes mit der Messstelle als roter Punkt dargestellt.
Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

In **Abb. 4.2** ist die Lage der Schleifen für die Verkehrszählung mit Nummerierung der Messstellen dargestellt und in **Abb. 4.3** sind die täglichen Verkehrsmengen der Fahrspuren sowie die Summe über alle Fahrspuren für das Jahr 2011 sowie bis Mai 2012 aufgetragen. Danach weisen im ersten Halbjahr 2011 die richtungsbezogenen inneren Fahrspuren vergleichbare Verkehrsbelegungen auf; dabei beschreiben die Zählstellen 13, 14 die nach Norden gerichteten inneren Fahrspuren und die Zählstellen 16, 17 die nach Süden gerichteten inneren Fahrspuren der Stadtautobahn. Die Zählstellen 11, 12 beschreiben den nach Norden gerichteten Verkehr auf den beiden äußeren, städtischen Fahrspuren und die Zählstelle 15 erfasst den nach Süden orientierten Verkehr der linken Fahrspur der nach Süden orientierten äußeren städtischen Fahrbahn der Landshuter Allee; die rechte Fahrspur der städtischen, nach Süden orientierten äußeren Fahrbahn wird nicht von einer Zählstelle erfasst.

Im zweiten Halbjahr 2011 wird auf den nach Süden orientierten inneren Fahrspuren eine geringere Verkehrsbelegung ausgewiesen, insbesondere an der Zählstelle 17; dies kann mit verkehrlichen Änderungen oder technischen Ursachen zusammenhängen wobei diesbezüglich keine weiteren Informationen vorliegen. Dieser Effekt ist auch in den ersten vier Monaten 2012 zu beobachten. Ab April 2012 sind zudem keine Zählzeiten an der Zählstelle 15, der nach Süden orientierten äußeren Fahrbahn verfügbar. Dies hängt mit der Baustelle auf der Donnersberger Brücke zusammen.

Für die Emissions- und Immissionsberechnungen an der Landshuter Allee werden die fahrspurfeinen Verkehrsdaten aus dem ersten Halbjahr 2011 herangezogen und um Verkehrsbelegungen der äußeren, nach Süden orientierten Fahrbahn in Analogie zur äußeren, nach Norden orientierten Fahrbahn ergänzt. Aus der Aufteilung des Verkehrs der inneren Fahrspuren (Stadtautobahn) und der äußeren Fahrspuren wird für die angrenzenden Abschnitte der Landshuter Allee die Verteilung bezogen auf die Angaben der Hauptverkehrsstraßen abgeleitet.

Die Verkehrsbelegungsdaten sind in **Abb. 4.4** aufgezeigt.

Weiterhin liegen aus den Schleifenzählungen für 2012 erfasste Fahrgeschwindigkeiten vor, wobei für die Zählstelle 17 keine Daten übergeben wurden; der Hinweis der nicht plausiblen Fahrgeschwindigkeiten der Zählstelle 17 deutet darauf hin, dass technische Schwierigkeiten an dieser Zählstelle vorliegen.

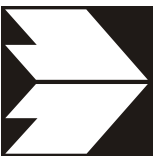
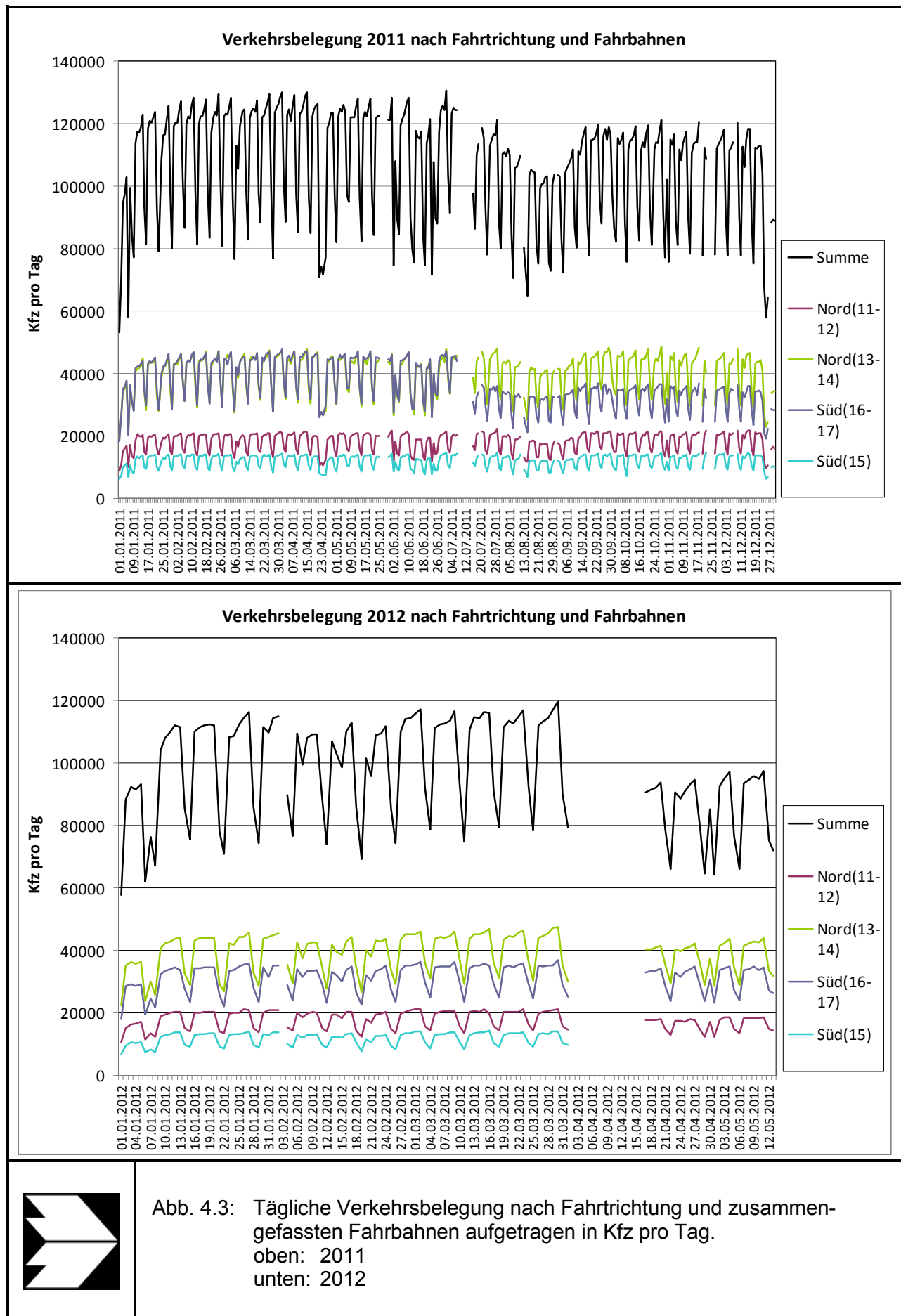


Abb. 4.2: Lage der Verkehrszählung mit Nummerierung der Messstellen



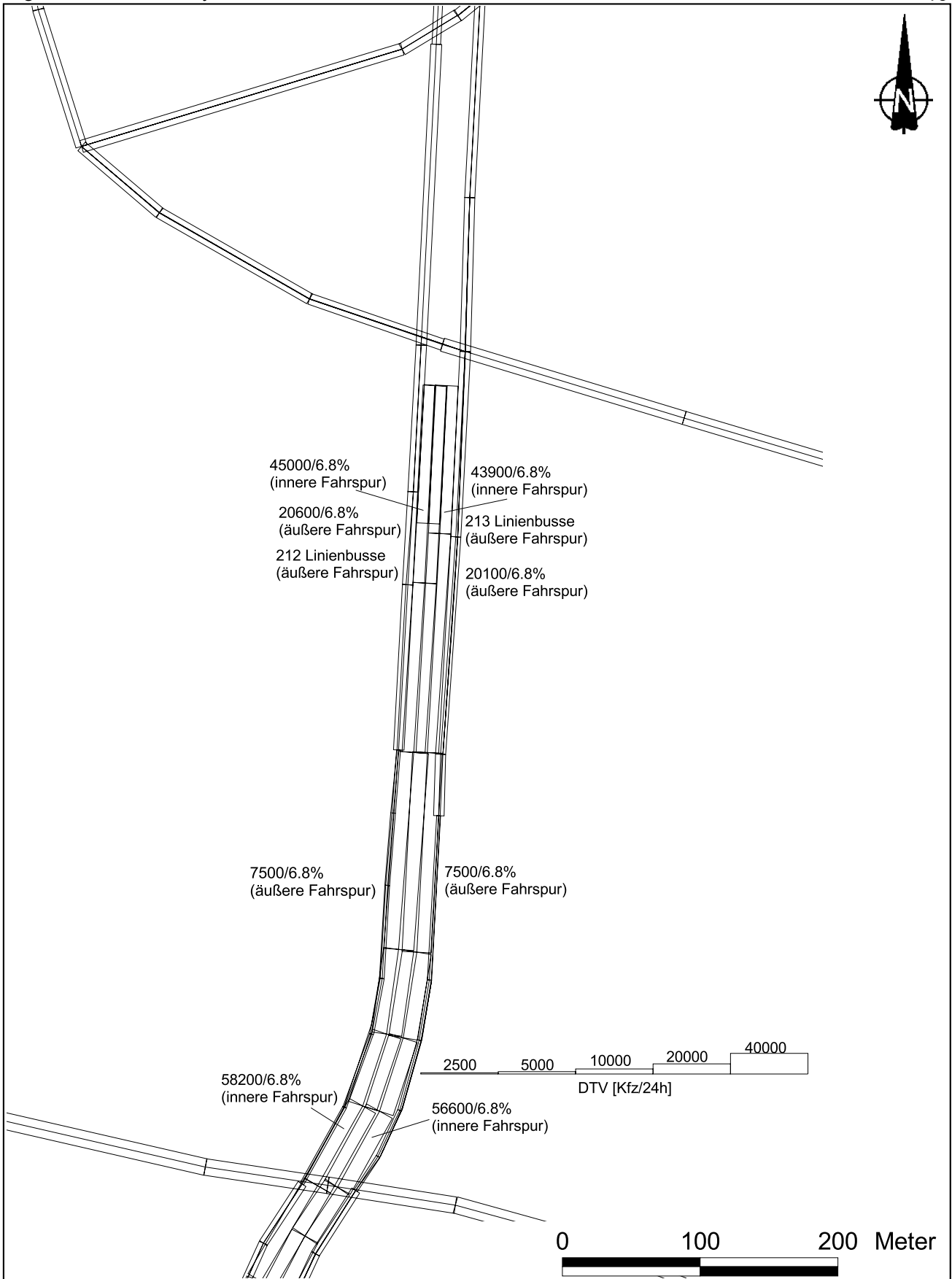


Abb. 4.4: Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in [Kfz/24h] und LKW-Anteil in [%] auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet (siehe auch Tab. 5.7)

4.2 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Jahreskennwerte der Schadstoffimmissionen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell unter Berücksichtigung der städtischen Bebauung werden repräsentative Winddaten benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit der Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

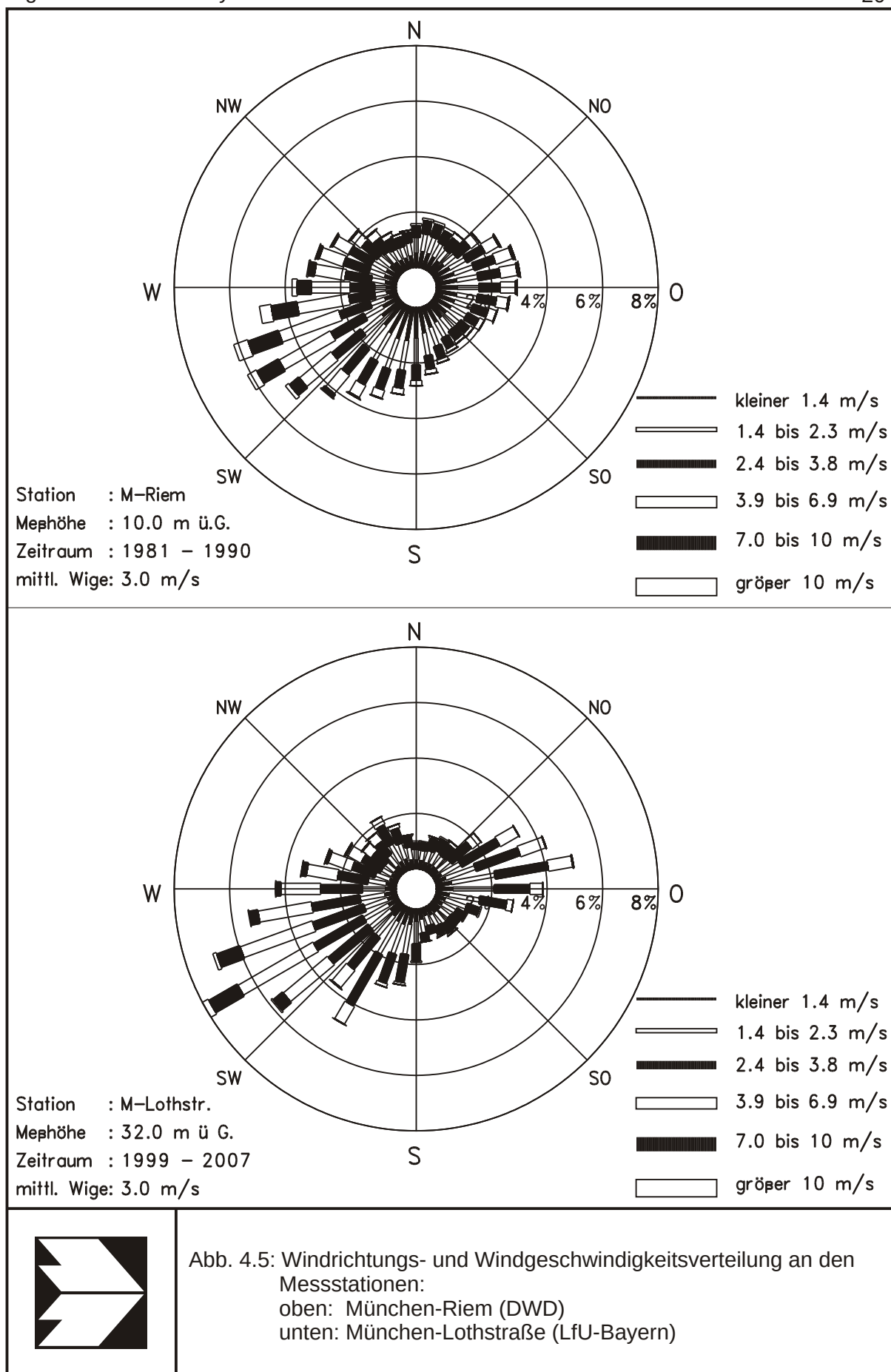
In München und Umgebung finden Winddatenerfassungen durch unterschiedliche Messeinrichtungen statt. Vom Deutschen Wetterdienst (DWD) liegen Messdaten der Station München-Riem vor, ca. 12 km östlich des Betrachtungsgebietes am ehemaligen Flughafengelände.

Weiterhin liegen Messdaten des Landesamtes für Umwelt Bayern (LfU-Bayern) an der Station Lothstraße in München vor, ca. 2 km nordöstlich des Plangebietes und nördlich des Stadtzentrums.

In **Abb. 4.5** sind die Häufigkeitsverteilungen von Windrichtung und Windgeschwindigkeit an den beiden genannten Stationen in München dargestellt. Die Windrichtungsverteilung an der Station München-Riem (**Abb. 4.5** oben) wird von Winden aus südwestlichen bis westlichen Richtungen geprägt, für welche auch die höchsten Windgeschwindigkeiten zu beobachten sind. Winde aus östlichen Richtungen bilden ein zweites Maximum. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in Messhöhe (10 m) ca. 3 m/s.

An der Station München Lothstraße (**Abb. 4.5** unten) wird die Windrichtungsverteilung von Winden aus südwestlichen bis westlichen Richtungen geprägt, für welche auch die höchsten Windgeschwindigkeiten zu beobachten sind. Winde aus östlichen Richtungen bilden auch hier ein zweites Maximum. Aufgrund der Lage in bebautem Gelände sind aufgrund der Einflüsse umliegender hoher Gebäude nicht alle Windrichtungen vergleichbar häufig wie bei der Station Riem vertreten, wobei die Windrichtungsverteilungen insgesamt vergleichbar sind. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in Messhöhe (32 m), d.h. über dem Dachniveau, ca. 3 m/s. Für die Jahre 2008, 2009 und 2011 liegen weitere Windmessdaten der Station Lothstraße vor, allerdings nicht als lückenlose Zeitreihe. Die Auswertung dieser Daten weist nicht auf wesentliche Änderungen der Windverhältnisse gegenüber dem Zeitraum 1999 bis 2007 hin.

Für die Ausbreitungsrechnungen im Betrachtungsgebiet an der Landshuter Allee in München wird die Windstatistik von München-Lothstraße aufgrund vergleichbarer Bebauungsverhältnisse unter Berücksichtigung der Rauigkeiten im Untersuchungsgebiet angewendet.



4.3 Schadstoffhintergrundbelastung

Die Immission eines Schadstoffes im Nahbereich von Straßen setzt sich aus der im Stadtgebiet großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung und der straßenverkehrsbedingten Zusatzbelastung zusammen. Die Hintergrundbelastung entsteht durch Überlagerung von Immissionen aus Industrie, Hausbrand, nicht detailliert betrachtetem Nebenstraßenverkehr und weiter entfernt fließendem Verkehr sowie überregionalem Ferntransport von Schadstoffen. Es ist die Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Vom Landesamt für Umwelt Bayern (LfU-Bayern) wird das Luftüberwachungssystem Bayern (LÜB) betrieben. Die Messdaten dieses Messnetzes für die dem Betrachtungsgebiet nahe gelegenen Stationen sind auszugsweise in **Tab. 4.1** aufgeführt. Im Vergleich zu den Grenz-

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Johanneskirchen	Lands-huter Allee	Loth-straße	Luise-Kiessel-bach-	Moosach	Prinzregen-tenstraße	Stachus
NO ₂ -Jahresmittel	2006	33	98	45	74	45	68	79
	2007	30	89	42	69	35	71	71
	2008	28	85	35	63	37	77	74
	2009	30	92	35	57	38	74	78
	2010	28	99	35	-	39	68	74
	2011	23	85	33	-	39	61	76
NO ₂ -98-Perzentil	2006	96	194	115	169	116	160	153
	2007	77	185	102	148	89	169	140
	2008	74	176	90	140	95	181	138
	2009	81	187	92	-	97	167	145
	2010	78	205	91	-	102	154	140
	2011	71	178	89	-	103	143	141
PM ₁₀ -Jahresmittel	2006	25	44	29	32	-	33	36
	2007	21	36	23	26	-	27	30
	2008	20	37	22	26	-	25	29
	2009	22	37	24	28	-	25	32
	2010	22	38	24	-	-	28	32
	2011	21	36	22	-	-	25	31
PM ₁₀ -Überschreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m³)	2006	26	92	39	44	-	39	52
	2007	12	53	19	24	-	15	30
	2008	13	61	11	17	-	14	21
	2009	13	52	16	19	-	15	33
	2010	23	65	27	-	-	31	47
	2011	9	48	11	-	-	17	35

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Stationen des Luftüberwachungssystems Bayern (LfU, 2007-2012).

werten sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid von untergeordneter Bedeutung. Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden im vorliegenden Gutachten die Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaubpartikel (PM₁₀) betrachtet.

Die in **Tab. 4.1** angeführten Stationen sind alle innerhalb des Stadtgebietes von München nördlich bzw. nordöstlich des Plangebietes gelegen. Die Station München-Johanneskirchen ist als städtische Hintergrundmessstation eingestuft, die anderen Stationen sind als Verkehrsmessstationen aufzufassen.

An den Stationen Johanneskirchen und Lothstraße wird auch die städtische Hintergrundbelastung an Ozon erfasst, die in den letzten Jahren zwischen 39 µg/m³ und 46 µg/m³ umfasste.

Zur Ermittlung der Vorbelastung ohne verkehrsbedingte Beiträge im Betrachtungsgebiet wurden in der vorliegenden Studie die Messwerte flächenbezogener Messstationen im Bereich des Untersuchungsgebiets, u.a. auch von der Station München Johanneskirchen, für die Jahre 2006-2011 berücksichtigt. Die Jahresmittelwerte der **Tab. 4.2** der Schadstoffbelastungen für NO₂ und PM₁₀ können näherungsweise als Werte für die Hintergrundbelastung herangezogen werden.

In der vorliegenden Studie werden auf dieser Grundlage für die Immissionsprognosen die Werte der **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt, die aus den verfügbaren Messdaten der nächstgelegenen Stationen und unter Berücksichtigung der Einflüsse des Straßennetzes außerhalb des Rechengebietes abgeleitet sind.

Schadstoff	Hintergrundbelastung in µg/m ³
NO ₂ -Jahresmittel	28
NO ₂ -98-Perzentilwert	80
PM ₁₀ -Jahresmittel	21

Tab. 4.2: Hintergrundbelastungswerte im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr (2011/2015/2020).

Ergänzend liegen in der direkten Umgebung der Messstelle Landshuter Allee Ergebnisse von zeitlich befristeten NO₂-Immissionsmessungen mittels Passivsammlern vor (LfU, 2012). Das betrifft weitere Standorte in der Landshuter Allee sowie in den abzweigenden Straßenabschnitten mit geringer Verkehrsbelegung in der Schlörstraße und Blumenburgstraße. Diese Daten wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt und sind in **Abb. 4.6** nach der Lage und in **Abb. 4.7** mit den erfassten Konzentrationen aufgeführt; die Messpunkte MP1 und MP2 liegen mehr als 700 m nördlich der Luftmessstation und damit außerhalb des Lageplanausschnittes und werden deswegen hier nicht dargestellt.

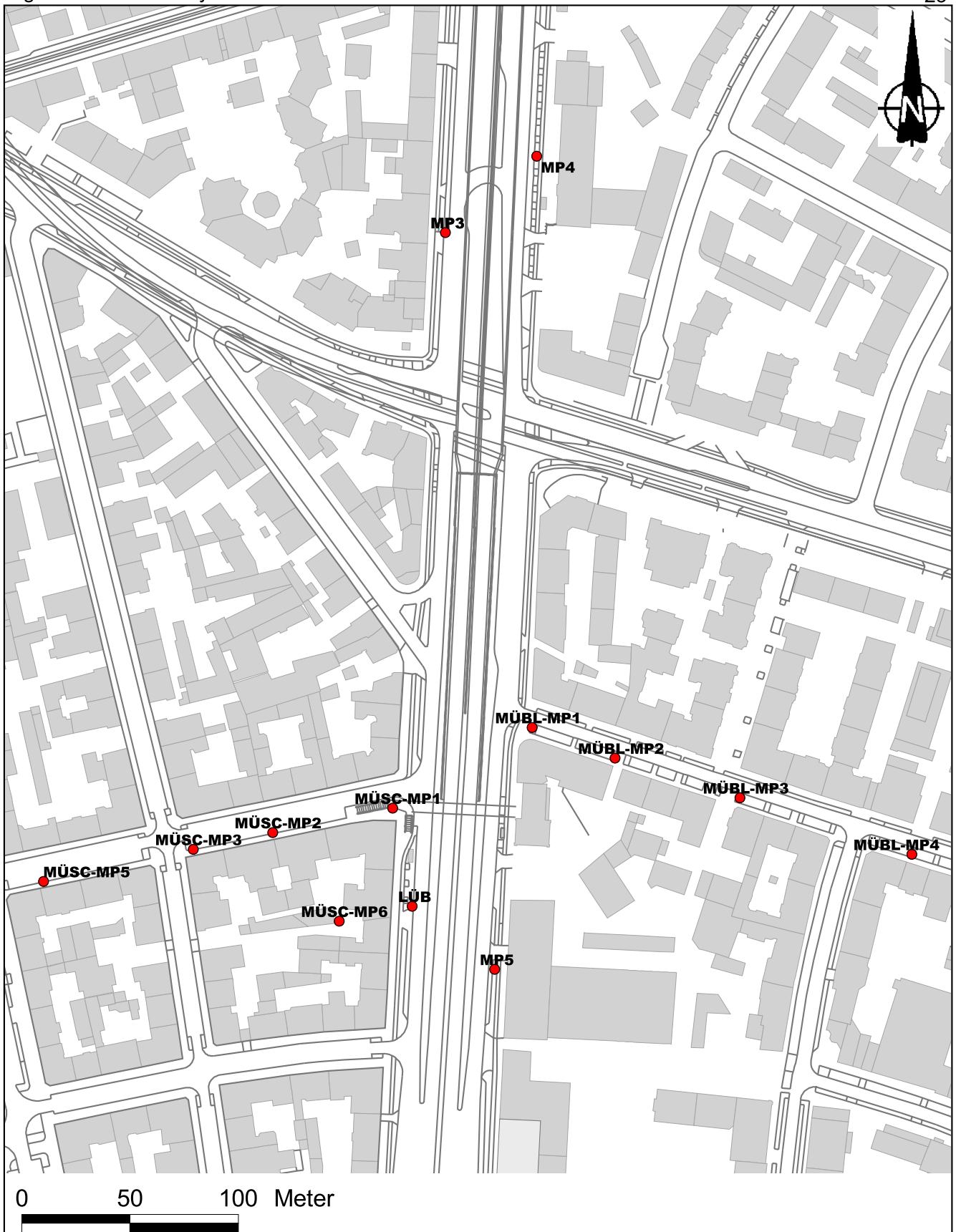


Abb. 4.6: Lageplan mit Lage der Messstellen.
Quelle: NOx-Projekt (LfU-Vorhaben TLK 01U-10540)

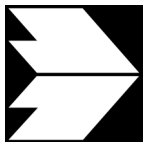
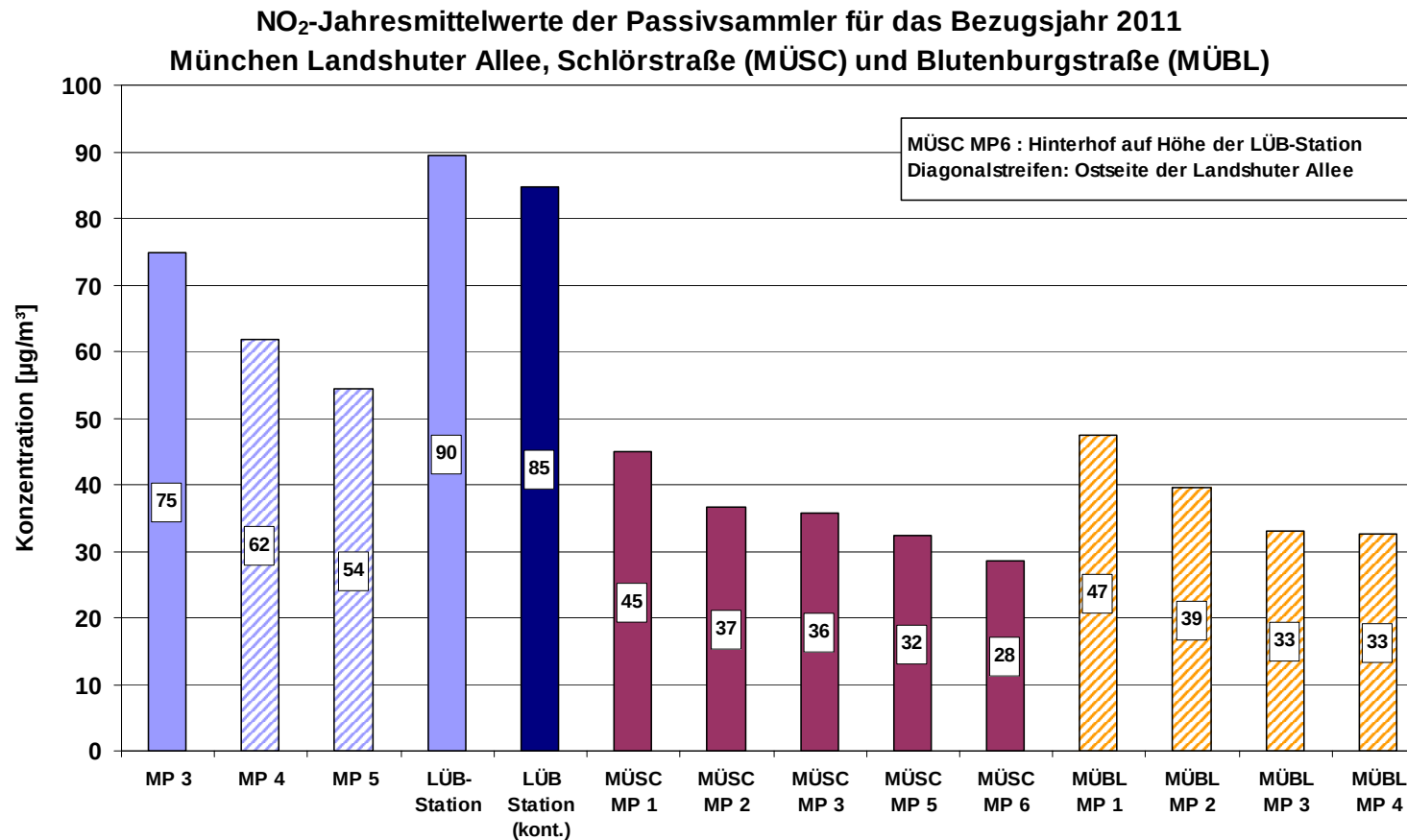


Abb. 4.7: NO₂-Jahresmittelwerte im Jahr 2011 an den Messpunkten.
 Quelle: NO_x-Projekt (LfU-Vorhaben TLK 01U-10540)

5 EMISSIONEN

5.1 Messtechnische Erfassung der Verkehrssituationen

5.1.1 Vorgehen bezüglich Fahrverhalten

Zur Bewertung der Emissionsminderungspotenziale durch Fahrverhaltensänderungen in den drei Szenarien

- Überwachung des derzeitigen Tempolimits von 60 km/h (V1)
- Reduzierung des Tempolimits auf 50 km/h ohne Geschwindigkeitsüberwachung (V2)
- Reduzierung des Tempolimits auf 50 km/h mit Geschwindigkeitsüberwachung (V3)

war es erforderlich, das Fahrverhalten auf den zu betrachtenden Straßenabschnitten sowohl im Ist-Zustand als auch für die Szenarien zu ermitteln und darauf aufbauend die Emissionen im jeweiligen Szenario auf der Basis HBEFA3.1 zu berechnen. Die Erfassung des Fahrverhaltens erfolgte dabei durch Messfahrten.

In HBEFA3.1 wird das Fahrverhalten über Verkehrssituationen beschrieben. Insgesamt werden dabei aus der Kombination der Kriterien

- Gebietstyp (Agglomerationsraum / ländlicher Raum)
- Straßentyp (Erschließungsstraße, Hauptverkehrsstraße, Autobahn...)
- Tempolimit sowie
- Level of service (LOS) (flüssig, dicht, gesättigt, stop+go)

276 Verkehrssituationen definiert.

Neben der formalen Beschreibung ist jede Verkehrssituation über die Fahrverhaltenskennwerte

- Reisegeschwindigkeit
- Standanteil
- RPA (relative positive acceleration)

beschrieben.

Die Reisegeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit eines Fahrzeuges über einen Streckenabschnitt einschließlich aller Halte. Unter Standanteil wird der prozentuale Anteil von Sekundenwerten einer Fahrt mit einer Geschwindigkeit kleiner als 3 km/h an der Gesamtfahrzeit verstanden.

Der RPA (relative positive acceleration) ist die geschwindigkeitsbezogene, durchschnittliche positive Beschleunigung der Fahrzeuge und wird folgendermaßen berechnet:

$$RPA = \frac{\int_0^T (v_i * a_i^+) * dt}{x}$$

Dabei stellt T die Gesamt-Fahrzeit, x die Gesamt-Fahrstrecke, v die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt t und a^+ die positive Beschleunigung (also ohne Berücksichtigung der negativen Beschleunigungen bei Abbremsvorgängen) im Zeitintervall dt dar.

Bei der messtechnischen Erfassung wurde durch ein Messfahrzeug mit einem Peiseler-Messrad (siehe **Abb. 5.1**) in Sekundenschritten die zurückgelegte Wegstrecke und die momentane Geschwindigkeit erfasst. Die somit aufgenommenen Fahrprofile wurden bzgl. der o.g. Fahrverhaltenskennwerte analysiert und darüber den Verkehrssituationen zugeordnet. Die Bestimmung der Verkehrssituationen erfolgte somit unabhängig von den o.g. formalen Kriterien, sondern auf der Basis der in HBEFA3.1 zu Grunde liegenden spezifischen Fahrverhaltenskennwerte der einzelnen Verkehrssituationen.



Abb. 5.1: Messfahrzeug mit angebautes Peiseler-Messrad

Zur Erfassung des Fahrverhaltens im Ist-Zustand (ohne Maßnahmen) schwimmt das Messfahrzeug im Verkehrsfluss mit (floating car), sodass der Verkehrsfluss zu den Messzeiten erfasst wird. Die messtechnische Erfassung der Verkehrssituationen für die drei Szenarien ist prinzipiell mit methodischen Ungenauigkeiten verbunden, da das Messfahrzeug zur Simulation dieser Maßnahmen nicht mehr im Verkehr mitschwimmt und das aufgezeichnete Fahrverhalten somit einerseits stärker durch den subjektiven Einfluss des Fahrers, vor allem aber durch das z.T. stark abweichende Fahrverhalten des übrigen Verkehrs beeinflusst wird.

Bei der Simulation des Fahrverhaltens der beiden Maßnahmen Tempo 50 bzw. Tempo 60 mit Überwachung sind diese methodischen Unsicherheiten jedoch vertretbar, da hierbei davon ausgegangen werden kann, dass sich bei strikter Überwachung des Tempolimits im gesamten Fahrerkollektiv ein stetiger Verkehrsfluss einstellt, der die subjektiven Einflüsse in den Hintergrund treten lässt.

Weitaus schwieriger ist die Simulation eines repräsentativen Fahrverhaltens im Szenario Tempo 50 ohne Überwachung auf den inneren Fahrspuren, da die tatsächlich gefahrenen Geschwindigkeiten einerseits stark von den örtlichen Gegebenheiten wie Fahrbahnbreiten und Einmündungsbereiche abhängen sowie andererseits die Befolgung des vorgeschriebenen Tempolimits individuell unterschiedlich ist. Aus diesem Grunde wurden für dieses Szenario keine Messfahrten vorgenommen.

Die messtechnische Erfassung der Verkehrssituationen erfolgte demnach für den Ist-Zustand sowie für die beiden Maßnahmen Tempo 50 bzw. Tempo 60 mit Überwachung. Die Bestimmung der Verkehrssituation im Szenario Tempo 50 ohne Überwachung erfolgte durch Analogieschlüsse auf Basis der messtechnisch erfassten Befolgung des Tempolimits im Ist-Zustand (Tempo 60 ohne Überwachung).

Die Fahrten wurden an den Tagen 17.04. – 19.04.2012 in der Zeit von 05.00 – 21.00 Uhr durchgeführt. Damit lässt der Untersuchungszeitraum sowohl bzgl. der gewählten Wochentage (Dienstag – Donnerstag) als auch des Untersuchungsmonats (außerhalb der Wintermonate sowie außerhalb der allgemeinen Urlaubs- und Ferienzeit) ein repräsentatives Fahrverhalten erwarten.

Eine Beeinträchtigung wurde jedoch auf Grund der ab April 2012 stattfindenden Bauarbeiten im Bereich Donnersbergerbrücke festgestellt. Dadurch kam es in Nord-Süd-Richtung auf den beiden äußeren Fahrspuren durch die gesperrte Auffahrt auf die inneren Spuren zu einer Reduzierung der beiden Fahrspuren auf eine Fahrspur und somit zu starken Verkehrsflussbeeinträchtigungen. Die unrepräsentativen Zustände in diesem Bereich wurden in der Auswertung berücksichtigt. Die südlichen Abschnitte der inneren Spuren im Bereich der Donnersbergerbrücke, auf denen auf Grund der Baumaßnahmen die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 40 km/h begrenzt worden war, wurden nicht in die Auswertung einbezogen. Die übrigen Untersuchungsabschnitte blieben von den Baumaßnahmen im Wesentlichen unbeeinflusst.

Die Messfahrten wurden für die inneren und für die äußeren Fahrspuren in zwei verschiedenen Messfahrtrunden durchgeführt (siehe **Abb. 5.2**). Da auf den äußeren Fahrspuren die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit 50 km/h beträgt und die tatsächlich gefahrenen Ge-

schwindigkeiten auch nur geringfügig darüber liegen, wurde dort lediglich der Ist-Zustand erfasst. Eine Simulation des Fahrverhaltens für die beiden Maßnahmen Tempo 50 bzw. Tempo 60 mit Überwachung erfolgte deshalb nur auf den inneren Spuren, im Untersuchungsbereich beträgt dort das Tempolimit 60 km/h.

Insgesamt wurden im o.g. Untersuchungszeitraum pro Richtung und Abschnitt

- auf den äußeren Spuren zur Erfassung des Ist-Zustandes 24 Fahrten,
- auf den inneren Spuren zur Erfassung des Ist-Zustandes 27 Fahrten sowie
- auf den inneren Spuren zur Simulation des Fahrverhaltens bei Tempo 50 bzw. 60 mit Überwachung jeweils 10 Fahrten

durchgeführt.



Abb. 5.2: Lageplan der durchgeführten Messfahrten (rot: innere Fahrspuren / Tempo 60, grün: äußere Fahrspuren / Tempo 50)
Quelle: LfU (© Bayerische Vermessungsverwaltung 2013)

5.1.2 Ergebnisse

In **Abb. 5.3** ist das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm der Fahrten auf den äußeren Spuren in Süd-Nord-Richtung enthalten. Darin zeigt sich zwar eine Varianz der Fahrgeschwindigkeiten im Bereich zwischen 40 und 55 km/h, der Verkehrsfluss hingegen ist über den gesamten Tagesverlauf relativ homogen. Während der Nachtstunden – zur Abbildung der Nachtstunden wurden die Fahrten im Zeitraum zwischen 05.00 und 05.45 Uhr verwendet – lagen die Geschwindigkeiten ebenfalls nur unwesentlich über der vorgeschriebenen Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h.

Die Fahrkurven der insgesamt ca. 650 m langen Strecke gliedern sich prinzipiell in einen ca. 250 m langen Abschnitt der Beschleunigungsphase zwischen LSA Arnulfstraße und Höhe Wilderich-Lang-Straße (in dieser Höhe mündet die Wilderich-Lang-Straße in der Gegenrichtung in die äußeren Spuren), in einen ca. 300 m langen Abschnitt mit einem relativ stetigen Verkehrsfluss zwischen Höhe Wilderich-Lang-Straße und der Einmündung Blütenburgstraße sowie einen ca. 100 m langen Aufstellbereich vor der LSA Nymphenburger Straße. Zur räumlichen Differenzierung der Verkehrssituationen und damit der Emissionen wurde die Auswertung der Fahrkurven getrennt für jeden dieser Abschnitte vorgenommen.

Abb. 5.4 zeigt das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm der Fahrten auf den äußeren Spuren in Nord-Süd-Richtung. Darin ist deutlich die starke Beeinträchtigung des Verkehrsflusses in Folge der in Abschnitt 5.1.1 beschriebenen Baumaßnahmen erkennbar. Da dieses Fahrverhalten als nicht repräsentativ betrachtet wird, werden die aufgezeichneten Fahrten auf diesem Abschnitt nicht in die Auswertung einbezogen. Da die örtlichen Gegebenheiten auf den äußeren Spuren der Nord-Süd-Richtung ähnlich denen auf den äußeren Spuren der Gegenrichtung sind, wurden die Verkehrssituationen auf den Abschnitten der Nord-Süd-Richtung unter Berücksichtigung der Ergebnisse der Befahrung in Süd-Nord-Richtung bestimmt.

Das Fahrverhalten auf den inneren Spuren ist richtungsgetrennt für den Ist-Zustand sowie für die beiden Szenarien Tempo 50 bzw. Tempo 60 mit Überwachung in **Abb. 5.5** und **Abb. 5.6** dargestellt. Darin zeigt sich zunächst, dass das tatsächlich gefahrene Geschwindigkeitsniveau mit z.T. über 70 km/h am Tag bzw. über 80 km/h in der Nacht deutlich über dem vorgeschriebenen Tempolimit von 60 km/h liegt. Die Fahrgeschwindigkeiten variieren im Tagesverlauf im Ist-Zustand im Wesentlichen zwischen 50 und 75 km/h. Wesentliche Störungen des Verkehrsflusses wurden nicht erfasst, sodass die Fahrgeschwindigkeiten von 50 bzw. 60 km/h, die bei der Simulation der Szenarien Tempolimit mit Überwachung zu Grunde gelegt wurden, nahezu über den gesamten Tagesverlauf mit großer Gleichmäßigkeit vor allem in der Tunnelstrecke erreicht wurden.

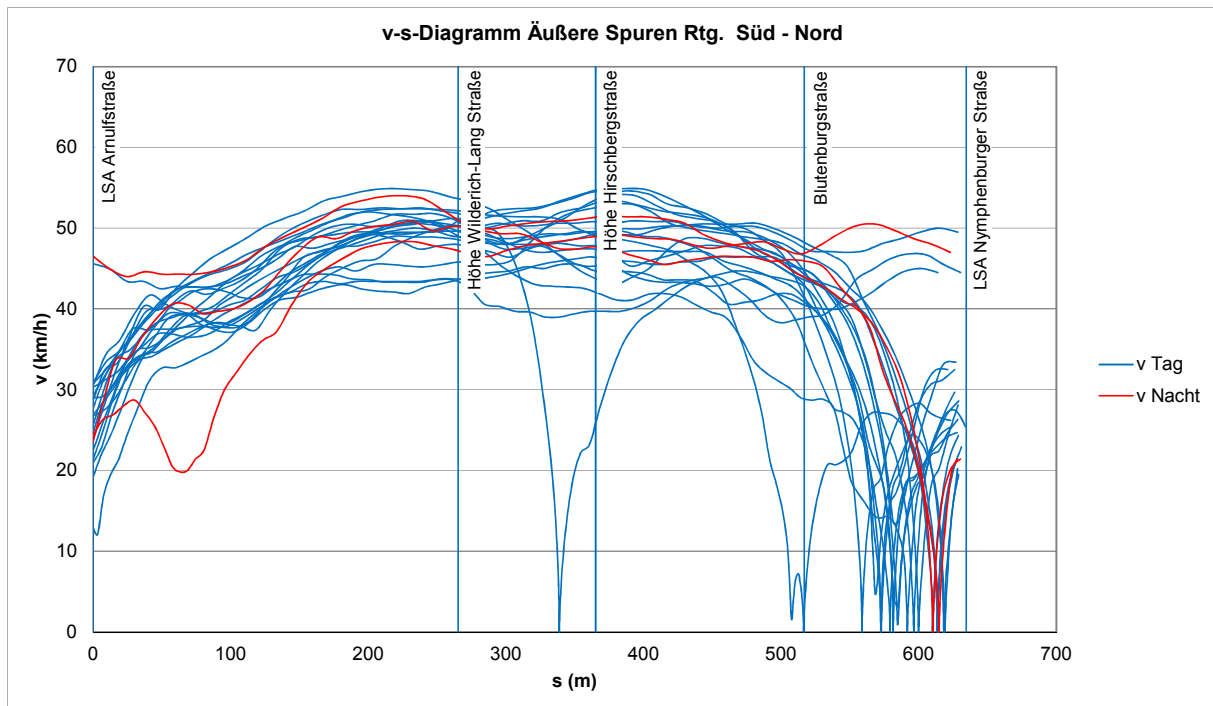


Abb. 5.3: v-s-Diagramm äußere Spuren Süd-Nord-Richtung

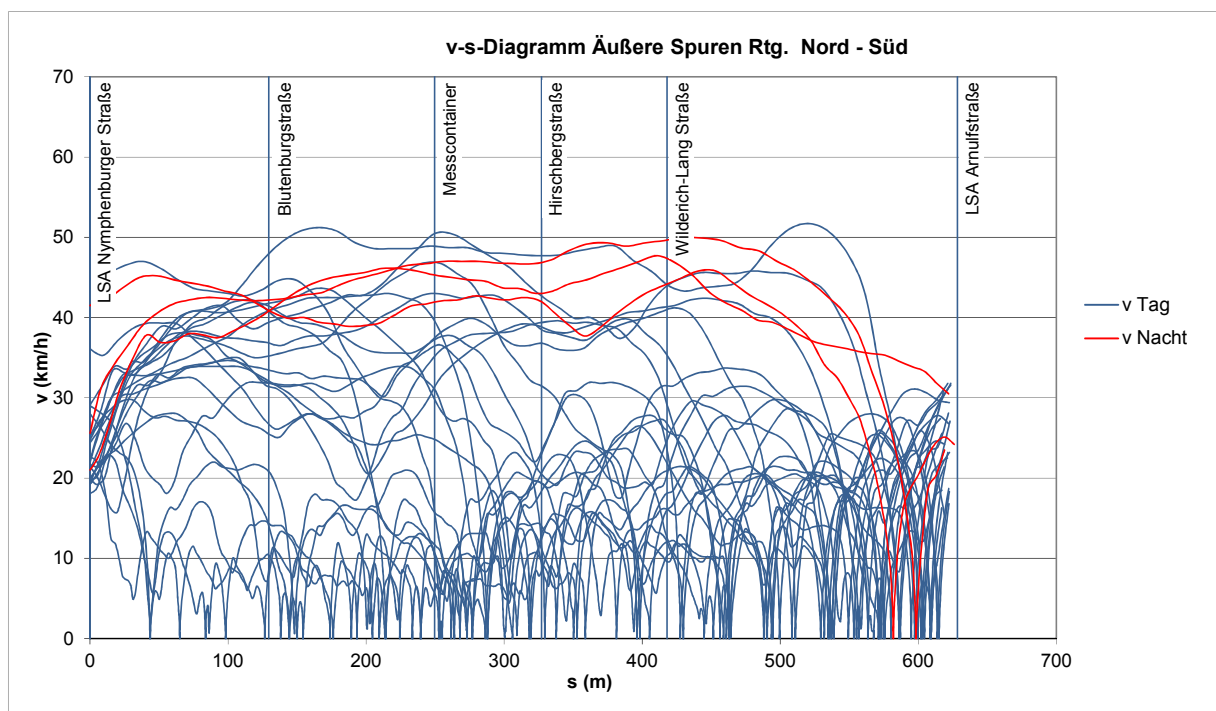


Abb. 5.4: v-s-Diagramm äußere Fahrspuren Nord-Süd-Richtung

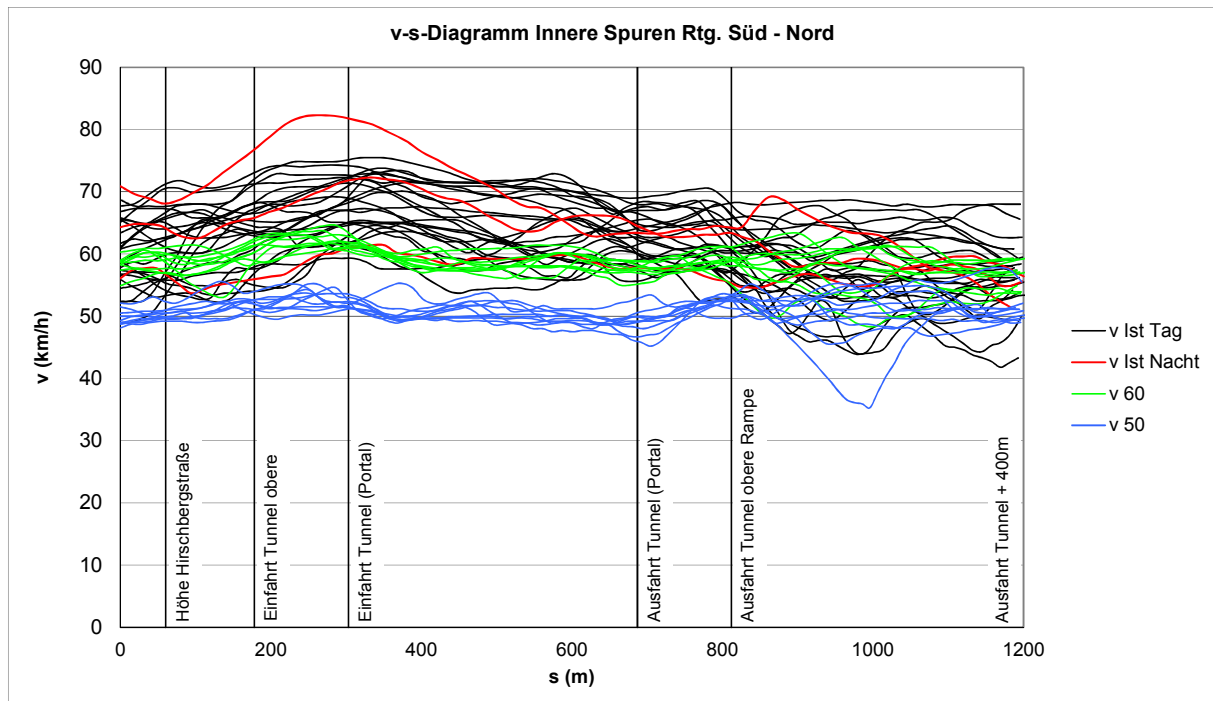


Abb. 5.5: v-s-Diagramm innere Spuren Süd-Nord-Richtung in den Szenarien Ist-Zustand (v Ist), Tempo 50 mit Überwachung (v 50 sowie Tempo 60 mit Überwachung (v 60)

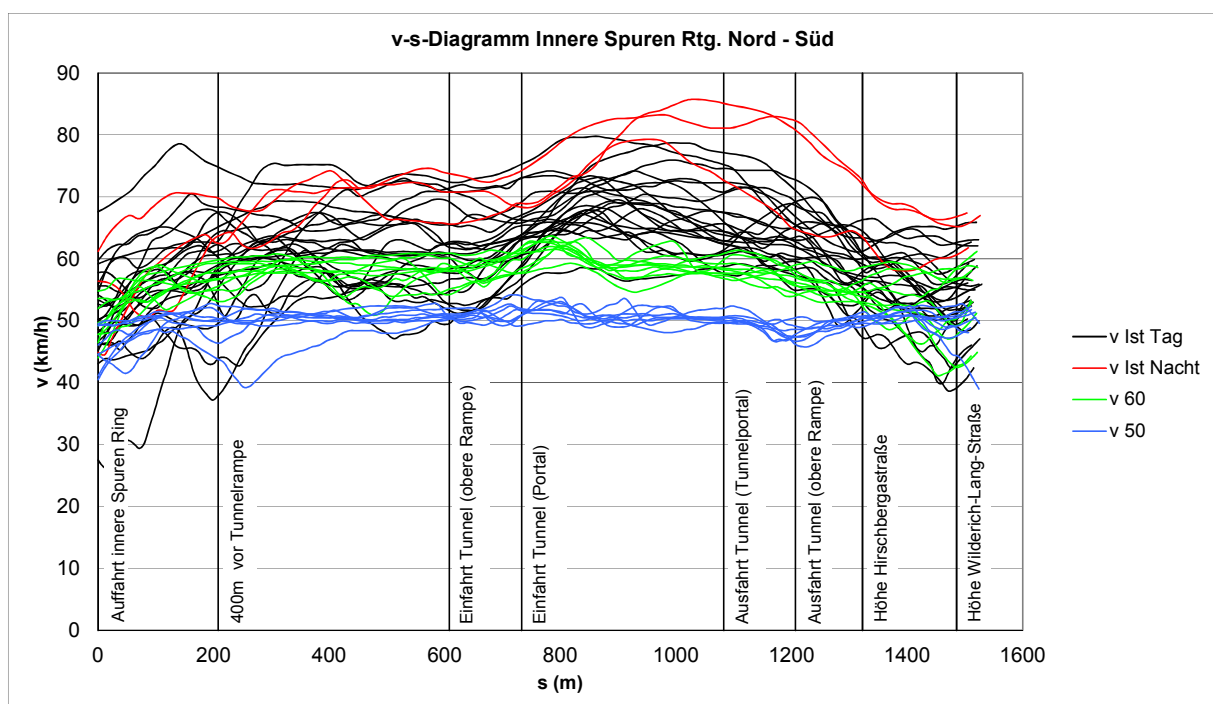


Abb. 5.6: v-s-Diagramm innere Spuren Nord-Süd-Richtung in den Szenarien Ist-Zustand (v Ist), Tempo 50 mit Überwachung (v 50 sowie Tempo 60 mit Überwachung (v 60)

Ein deutlicher Unterschied ist im Ist-Zustand in beiden Richtungen in der Stetigkeit des Verkehrsflusses zwischen den Abschnitten außerhalb des Tunnels und dem Abschnitt im Tunnel zu erkennen. So ist das Fahrverhalten im Tunnel deutlich gleichmäßiger und von geringeren Beschleunigungen bzw. Spurwechsel oder Überholvorgängen gekennzeichnet als in den Abschnitten außerhalb des Tunnels. Diese Unterschiede spiegeln sich deutlich in der geschwindigkeitsbezogenen, durchschnittlichen positiven Beschleunigung (RPA) der Fahrzeuge wider. Da der RPA einen relativ starken Einfluss auf das Emissionsniveau hat, wurden auf den inneren Spuren die Abschnitte innerhalb des Tunnels und außerhalb des Tunnels getrennt betrachtet.

In den beiden Szenarien Tempo 50 bzw. Tempo 60 mit Überwachung traten diese Unterschiede nicht in diesem Maße auf, sodass dort die Unterscheidung zwischen Abschnitten im Tunnel bzw. außerhalb des Tunnels nicht vorgenommen wurde.

Zur Einordnung der erfassten Fahrkurven des Ist-Zustandes wurden die Fahrgeschwindigkeiten, die im vorliegenden Untersuchungszeitraum 17.04.-19.04.2012 im Bereich Hirschbergstraße erfasst wurden, mit den entsprechenden gemessenen Werten der Zählstelle am Querschnitt Hirschbergstraße verglichen. **Abb. 5.7** zeigt den Tagesgang der Fahrgeschwindigkeiten an der Zählstelle Hirschbergstraße auf den inneren Spuren in Süd-Nord-Richtung (grüne Linien) und in Nord-Süd-Richtung (rote Linie). Danach sind überwiegend Fahrgeschwindigkeiten zwischen 50 km/h und 80 km/h in diesem Zeitraum erfasst; nur am 17.04. sind kurzzeitig stark verringerte Geschwindigkeiten ausgewiesen.

Abb. 5.8 zeigt die erfassten Fahrkurven nach Tageszeit. Die darin rot gezeichneten Verläufe der Fahrten zwischen 07.00 und 08.00 Uhr liegen im Tagesmittel, allgemein kann kein ausgeprägter Tagesgang der Reisegeschwindigkeiten beobachtet werden.

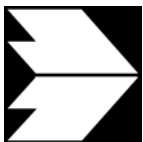
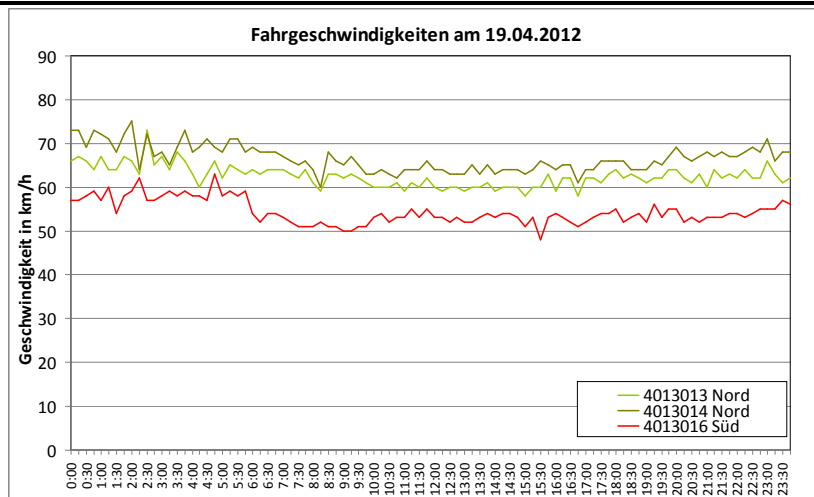
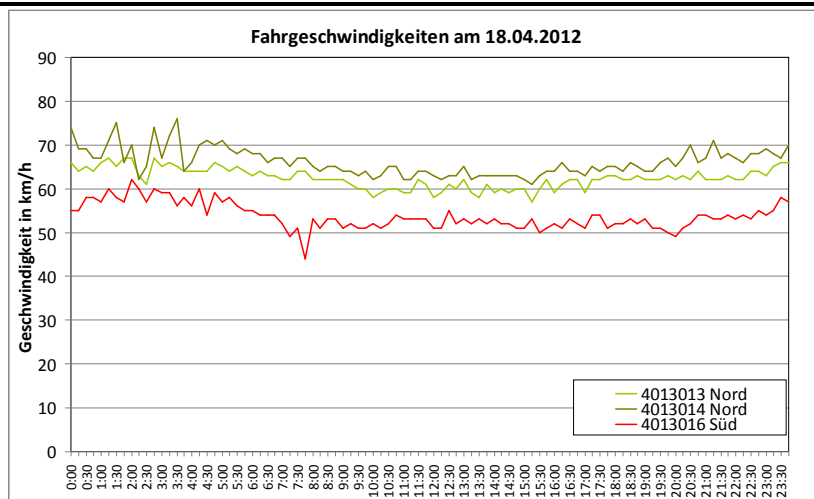
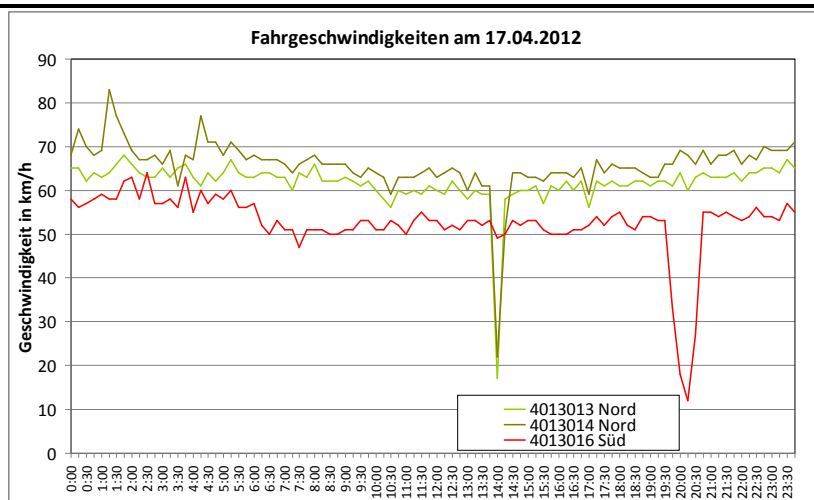


Abb. 5.7: Erfasste Fahrgeschwindigkeiten an der Zählstelle auf den inneren Fahrspuren im Zeitraum 17.04.2012-19.04.2012 (Richtung Norden = grüne Linien, Richtung Süden = rote Linie).

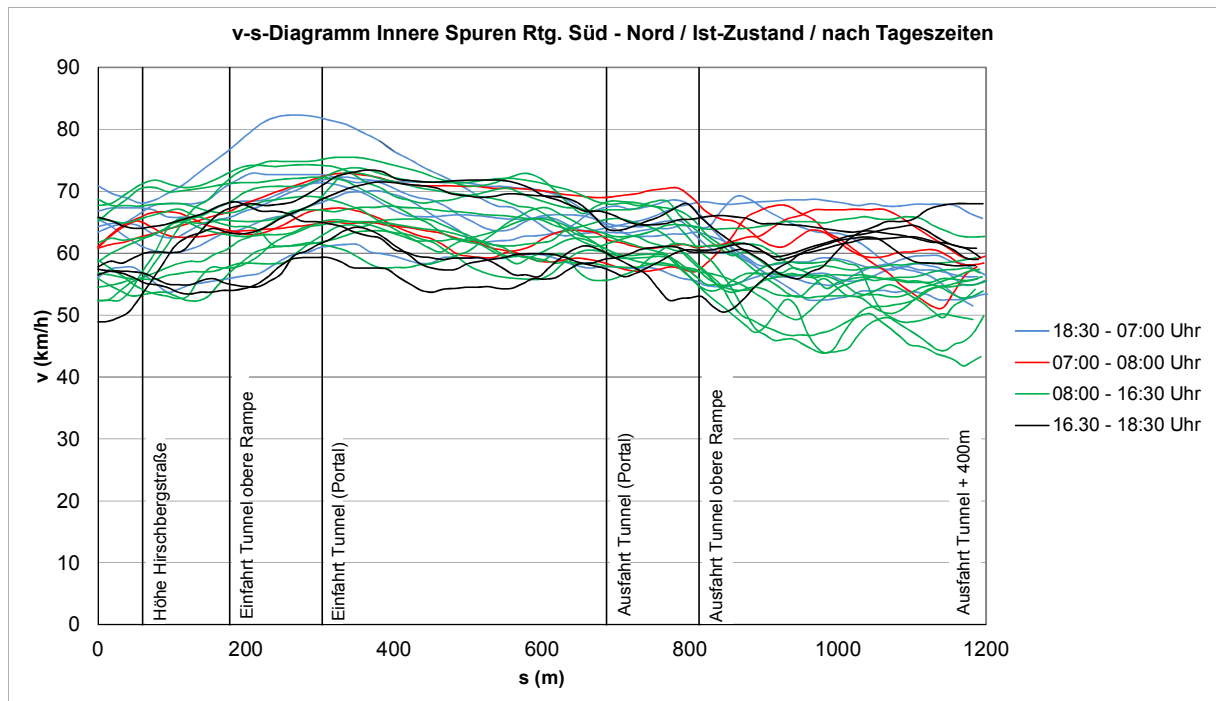


Abb. 5.8: v-s-Diagramm innere Spuren Süd-Nord-Richtung, Ist-Zustand nach Tageszeiten

Zum Vergleich werden exemplarisch die an der Zählstelle gemessenen Fahrgeschwindigkeiten für den Zeitraum 27.03.2012-29.03.2012 in **Abb. 5.9** dargestellt, die in Hauptverkehrszeiten teilweise deutlich verringerte Fahrgeschwindigkeiten bei sehr hohem Verkehrsaufkommen aufweisen. Dies trifft auf mehrere Wochentage in der ersten Jahreshälfte 2012 zu. Die relativ flüssige Fahrweise auf den inneren Spuren, die mit den Fahrkurven erfasst wurde, ist demnach nicht zwingend auf alle Werkstage übertragbar.

Da auf Grund der Baumaßnahmen auf der Donnersbergerbrücke auch die Zählstelle beeinträchtigt war, lagen die Querschnittsdaten für die inneren Spuren in Nord-Süd-Richtung nur unvollständig vor. Aus diesem Grunde wurde der Vergleich in dieser Richtung nicht vorgenommen.

Die Zuordnung des gemessenen Fahrverhaltens zu den Verkehrssituationen des HBEFA3.1 erfolgt über einen Vergleich der Fahrverhaltenskennwerte. In **Tab. 5.1** sind die gemessenen Werte sowie die zugeordnete Verkehrssituation richtungsgetrennt für alle Abschnitte und betrachteten Szenarien enthalten. Zum Vergleich sind die gemessenen Fahrverhaltenskennwerte denen der HBEFA-Verkehrssituationen gegenübergestellt.

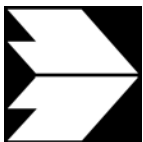
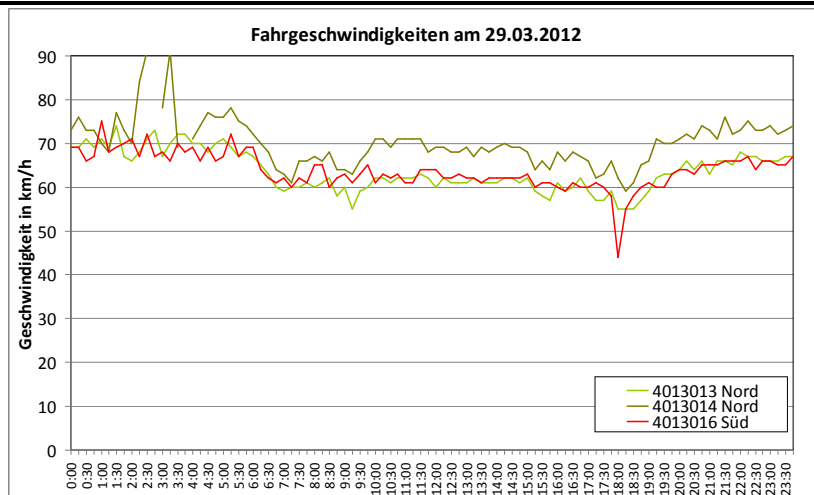
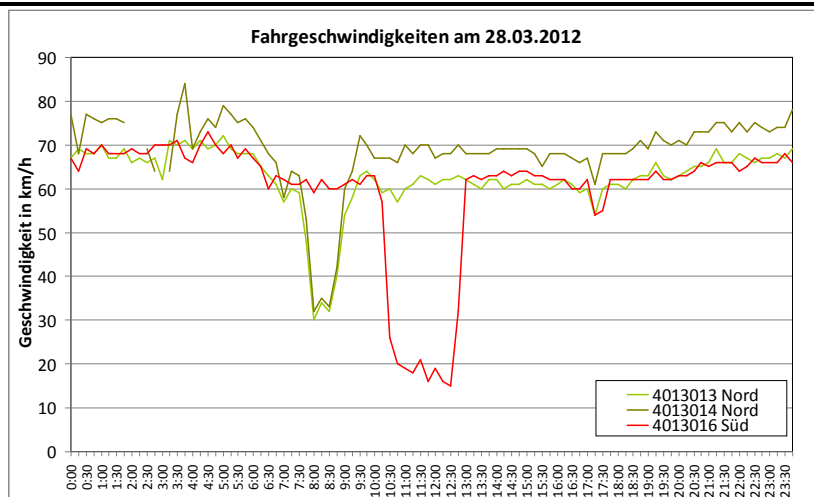
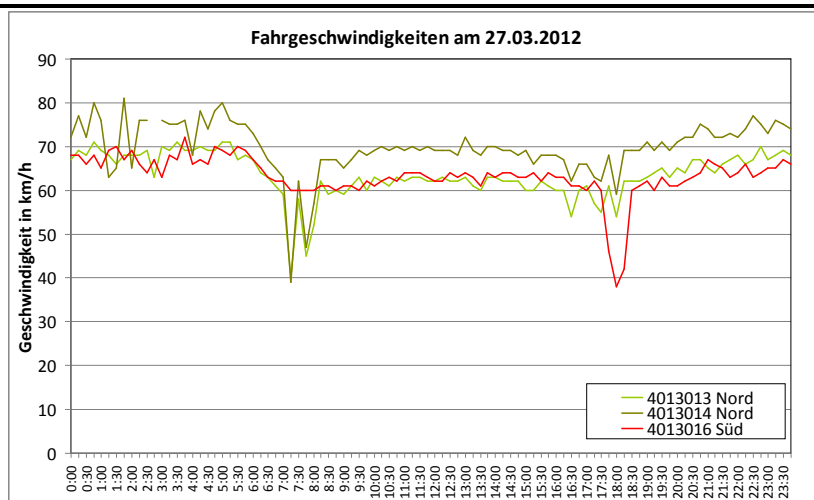


Abb. 5.9: Erfasste Fahrgeschwindigkeiten an der Zählstelle auf den Fahrspuren im Zeitraum 27.03.2012-29.03.2012 (Richtung Norden = grüne Linien, Richtung Süden = rote Linie).

Szenario	Strecken	Richtung	Abschnitt	Reisegeschwindigkeit		Standanteil		RPA		Verkehrssituation
				Messung	HBEFA	Messung	HBEFA	Messung	HBEFA	
Ist-Zustand	innere Spuren	N-S	Tunnel	65.9	67.0	0%	0%	0.08	0.09	Land/HVS/70/fluessig
			außerhalb des Tunnels	61.5	62.0	0%	0%	0.11	0.18	Agglo/AB-City/70/dicht
		S-N	Tunnel	65.1	67.0	0%	0%	0.05	0.09	Land/HVS/70/fluessig
			außerhalb des Tunnels	61.6	62.0	0%	0%	0.08	0.18	Agglo/AB-City/70/dicht
	äußere Spuren	S-N	Arnulfstr. - W.-Lang-Str.	41.4	35.8	0%	10%	0.26	0.23	Agglo/Sammel/50/dicht
			W.-Lang-Str. - Blumenburgstr.	41.7	41.4	7.1%	7.2%	0.07	0.16	Agglo/FernStr-City/50/dicht
			Blumenburgstr. - Nymphenburger Str.	12.8	12.8	48.6%	19.8%	0.22	0.27	Agglo/FernStr-City/50/stop+go
		N-S	Nymphenburger Str. - Blumenburgstr.	-	37.0	-	7.1%	-	0.23	Agglo/HVS/50/dicht
			Blumenburgstr. - W.-Lang-Str.	-	37.0	-	7.1%	-	0.23	Agglo/HVS/50/dicht
			W.-Lang-Str. - Aufstellbereich	-	35.8	-	10.0%	-	0.23	Agglo/Sammel/50/dicht
			Aufstellbereich vor LSA Arnulfstr.	-	12.8	-	19.8%	-	0.27	Agglo/FernStr-City/50/stop+go
Tempo 60 mit Überwachung	innere Spuren	N-S	Gesamt	56.8	58.0	0%	0%	0.08	0.09	Land/HVS/60/fluessig
		S-N	Gesamt	58.4	58.0	0%	0%	0.06	0.09	Land/HVS/60/fluessig
Tempo 50 mit Überwachung	innere Spuren	N-S	Gesamt	50.1	49.9	0%	0%	0.05	0.09	Land/HVS/50/fluessig
		S-N	Gesamt	50.3	50.7	0%	0%	0.06	0.09	Land/HVS/50/fluessig
Tempo 50 ohne Überwachung	innere Spuren	N-S	Tunnel	-	49.9	-	0%	-	0.09	Land/HVS/60/fluessig
			außerhalb des Tunnels	-	50.7	-	0%	-	0.18	Agglo/AB/60/dicht
		S-N	Tunnel	-	49.9	-	0%	-	0.09	Land/HVS/60/fluessig
			außerhalb des Tunnels	-	50.7	-	0%	-	0.18	Agglo/AB/60/dicht

Tab. 5.1: Zuordnung der ermittelten Fahrverhaltenskennwerte zu den HBEFA3.1-Verkehrssituationen

Dabei fällt auf, dass eine Zuordnung der gemessenen Kennwerte der Fahrten zur Simulation der Tempoüberwachung - insbesondere beim Szenario Tempo 50 mit Überwachung - nur unzureichend möglich ist. Das bei der Simulation der Tempoüberwachung auftretende stetige Fahrverhalten ist mit einem sehr geringen RPA verbunden, der durch die in HBEFA3.1 enthaltenen Verkehrssituationen nur bedingt abgebildet wird.

Abb. 5.10 zeigt die für die Darstellung der Verkehrssituationen an der Landshuter Allee untersuchten Verkehrszustände des Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) Version 3.1 (linker Teil des Diagramms in Abb. 5.10, siehe auch Tabelle 5.3), die auf Grund der Reisegeschwindigkeiten für eine Zuordnung zum Szenario Tempolimit von 50 km/h mit strenger Überwachung (V3) in Betracht kommen. Demgegenüber wurden die über die durchgeführten Messfahrten ermittelten Kennwerte für die Geschwindigkeit (v), die geschwindigkeitsbezogene, durchschnittliche positive Beschleunigung (RPA) und der Stopanteil aufgetragen (rechter Teil des Diagramms in Abb. 5.10). Die beste Übereinstimmung bei den Kennwerten Reisegeschwindigkeit und Standanteil ist für die Verkehrssituation „Land/HVS/50/flüssig“ (im Diagramm **gelb** markiert) zu erkennen. Allerdings ist der RPA laut HBEFA, obwohl er im Vergleich mit den anderen Verkehrssituationen am geringsten ist, immer noch deutlich höher wie der gemessene. Das Emissionsverhalten kann demzufolge für das Szenario Tempo 50 mit Überwachung mit den in HBEFA3.1 enthaltenen Verkehrssituationen nicht genau abgebildet werden.

Im Rahmen einer Untersuchung für Hannover (SHP, Lohmeyer, 2012) wurden die bei Messfahrten aufgenommenen Fahrkurven mit dem Emissionsberechnungsmodell PHEM (Passenger car and Heavy duty Emission Model) berechnet, mit dem auch die Emissionsfaktoren des HBEFA3.1 berechnet wurden. Die Emissionsfaktoren in PHEM werden in g/h ausgegeben. Somit lassen sich für jeden beliebigen Abschnitt einer Fahrkurve die Emissionen berechnen. Auf der Grundlage dieser in Hannover aufgenommenen Fahrkurven und den Daten wurde abgeschätzt, dass die Emissionen bei Tempo 50 mit Überwachung ca. 40% geringer sind als die der Verkehrssituation „Land/HVS/50/flüssig“; dieser Zusammenhang wird auf die Betrachtungen an der Landshuter Allee in München übertragen.

Die Parameter der Fahrkurven des Szenarios Tempo 60 mit Überwachung haben ebenfalls einen, wenn auch nicht in dem Maße wie bei Tempo 50, geringeren RPA als die zuordenbare HBEFA-Verkehrssituation. Es liegt auch dort die Vermutung nahe, dass der „reale“ Emissionsfaktor hier ebenfalls etwas geringer ist als der der zugeordneten „Land/HVS/60/flüssig“.

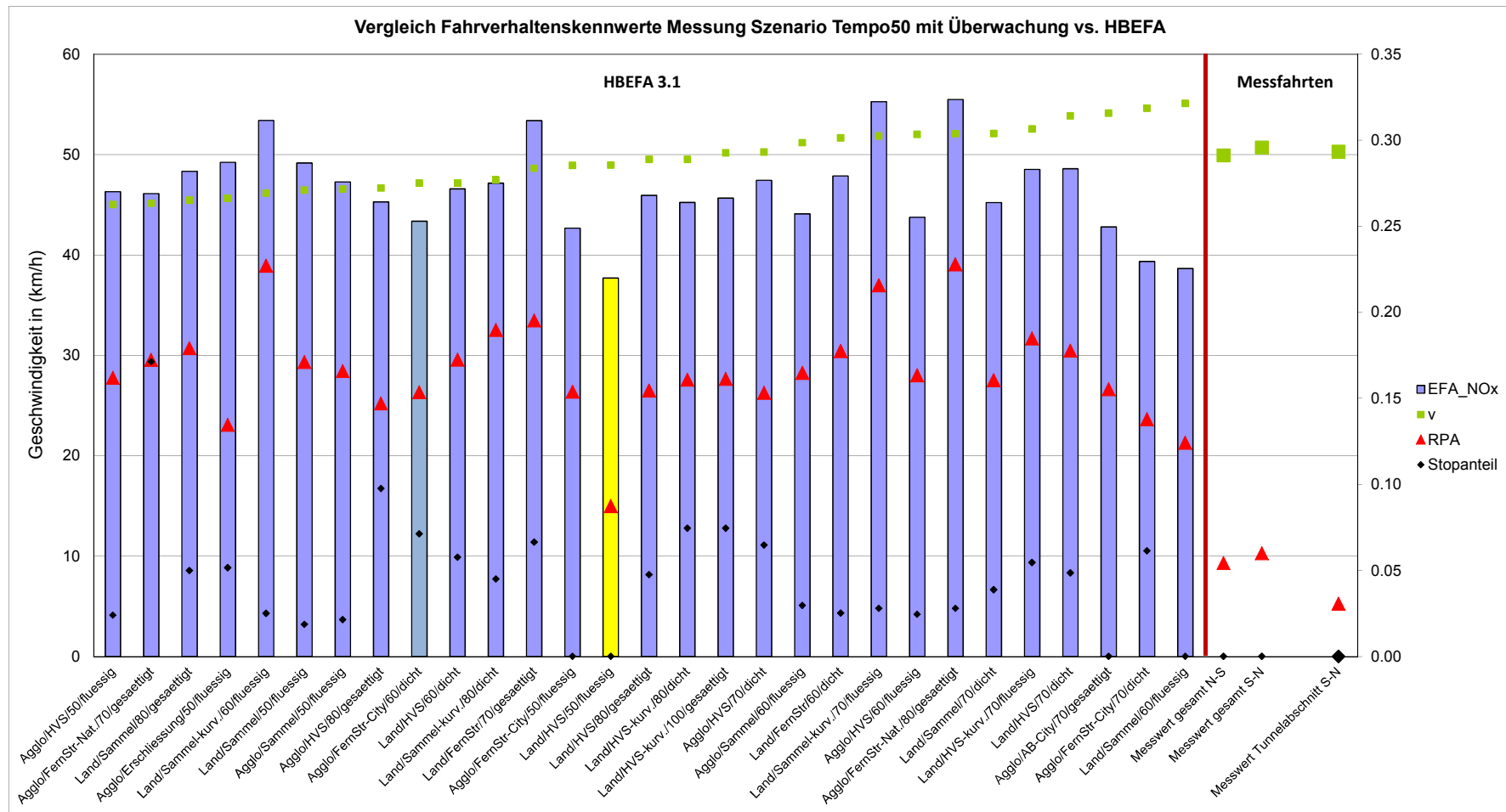


Abb. 5.10: Vergleich der Fahrverhaltenskennwerte der Messung im Szenario Tempo 50 mit Überwachung mit den HBEFA3.1-Werten der relevanten Verkehrssituationen (linke Achse: Geschwindigkeit (v) in (km/h), rechte Achse: NO_x-Emissionsfaktor (EFA_NO_x) in (g/km), Stopanteil (-) und geschwindigkeitsbezogene, durchschnittliche positive Beschleunigung (RPA) in (m/s²).

Eine differenzierte Quantifizierung konnte nicht erfolgen, da für dieses Fahrverhalten keine vergleichbaren Fahrkurven vorlagen. Detailliertere Zuordnungen der Fahrkurven zu Emissionen könnten mit PHEM erfolgen.

Aus den erfassten Fahrkurven für die einzelnen Abschnitte erfolgte somit eine Zuordnung zu den Verkehrssituationen des HBEFA in bestmöglicher Näherung. Anhand eines Vergleichs der Kennwerte des HBEFA3.1 mit vorhandenen Messwerten können somit die realen Verkehrszustände und damit die Emissionsfaktoren der Fahrzeuge gut abgebildet werden und die Emissionen wie in den folgenden Kapiteln beschrieben, berechnet werden.

5.2 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO_2 und PM_{10} erreicht, weshalb diese Stoffe im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet werden.

5.3 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten und für jeden Luftschadstoff so genannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten Leichtverkehr (LV) und Schwerverkehr (SV) unterschieden. Die Fahrzeugart LV enthält dabei die Pkw, die leichten Nutzfahrzeuge (INfz) inklusive zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

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

5.3.1 Motorbedingte Emissionsfaktoren

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 3.1 (UBA, 2010) und unter Berücksichtigung der Fahrzeugflotte von München sowie der Linienbusflotte von München berechnet.

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

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

Die Zusammensetzung der Fahrzeuge innerhalb der Fahrzeugkategorien wird aus den Bestandsdaten der Fahrzeugflotte für 2011, die durch die Stadtverwaltung München zur Verfügung gestellt wurde und in **Abb. 5.11** aufgezeigt ist, entnommen und anhand der Angaben aus dem HBEFA (UBA, 2010) auf die dynamische Fahrzeugflottenzusammensetzung übertragen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israel et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100% der Partikelgröße kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit der PM₁₀-Fraktion zugeordnet werden.

Für die Linienbusse wurde durch die Stadtwerke München die in **Tab. 5.2** aufgeführte Zusammensetzung der Fahrzeugflotte genannt.

Größenklasse	Standardbus		Gelenkbus	
	Anzahl	Anteil	Anzahl	Anteil
EURO 2 (DPF)	0	0%	25	13%
EURO 3 (DPF)	11	22%	26	13%
EURO 4 (DPF)	0	0%	97	50%
EURO 5	36	72%	24	12%
EURO 5 SCR	3	6%	24	12%
	50	100%	196	100%

Tab. 5.2: Fahrzeugflotte der Linienbusse von München Stand 2011

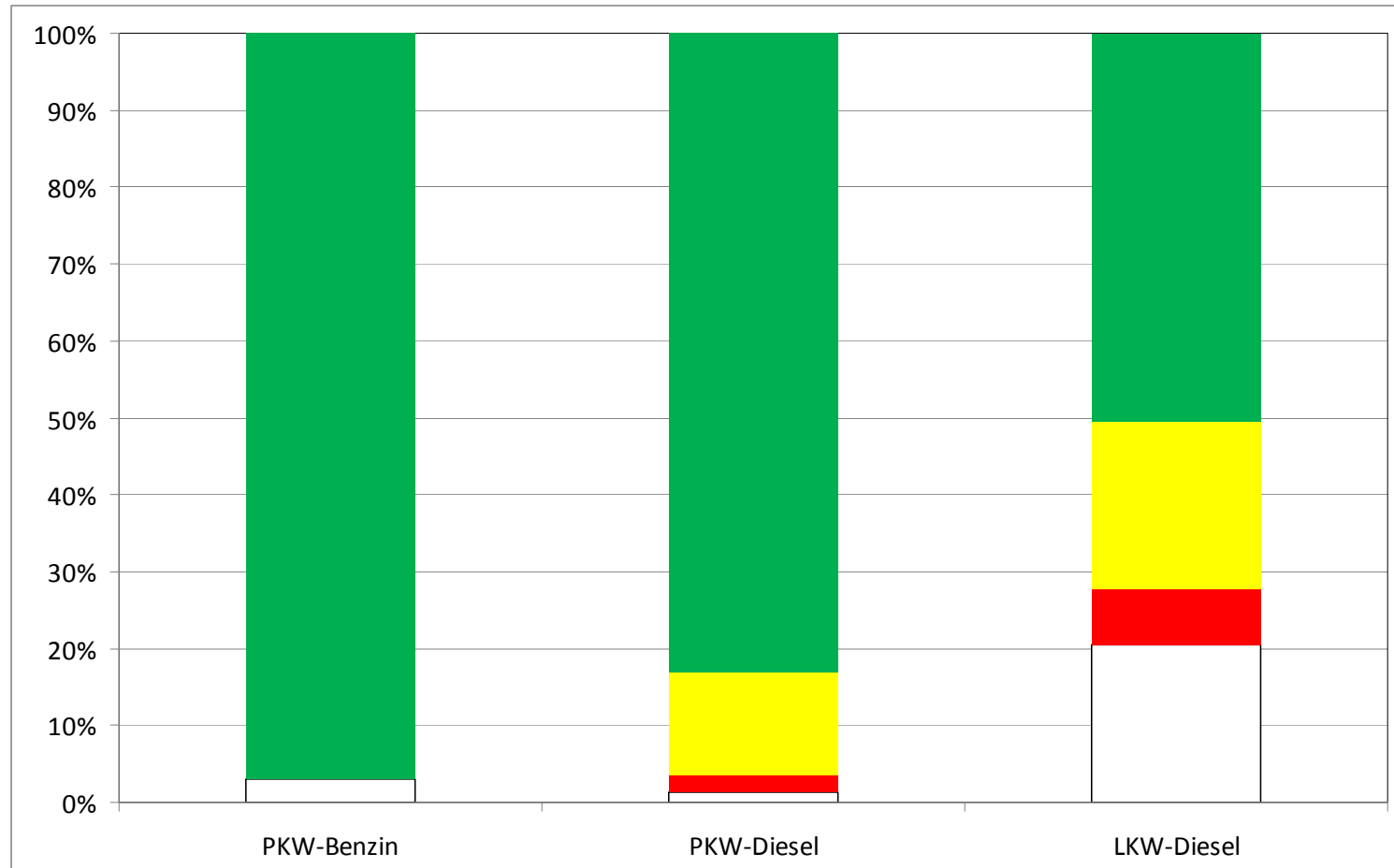


Abb. 5.11: Kfz-Flottenzusammensetzung für München im Jahr 2011 entsprechend den Umweltzonenplaketten (weiß = ohne Plakette), Stand 31.10.2011

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

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

AO-HVS70:	Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h
IOS-FernC50d:	Innerstädtische Fernverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IO-HVS50d:	Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IO-Sam50d:	Innerörtliche Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-AB70d:	Innerstädtische Autobahn, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IOS-HVS50d:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS60:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h
IOS-HVS60d:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 60 km/h, dichter Verkehr
IO_Stau:	Innerörtliche Straße mit Stop&Go
IOS-AB60:	Innerstädtische Autobahn, Tempolimit 60 km/h
IOS-AB60d:	Innerstädtische Autobahn, Tempolimit 60 km/h, dichter Verkehr
IOS-50K:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, mit strenger Überwachung
IOS-50Kd:	Innerstädtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, mit strenger Überwachung, dichter Verkehr
IOS-Sam50:	Innerstädtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h
IOS-Sam50d:	Innerstädtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-Sam50d:	Innerstädtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr

Die Emissionsfaktoren für die Verkehrssituationen sind in **Tab. 5.3 bis Tab. 5.6** aufgeführt. Die angesetzten Verkehrssituationen für den Ist-Zustand sind in **Abb. 5.12** dargestellt.

5.3.2 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

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

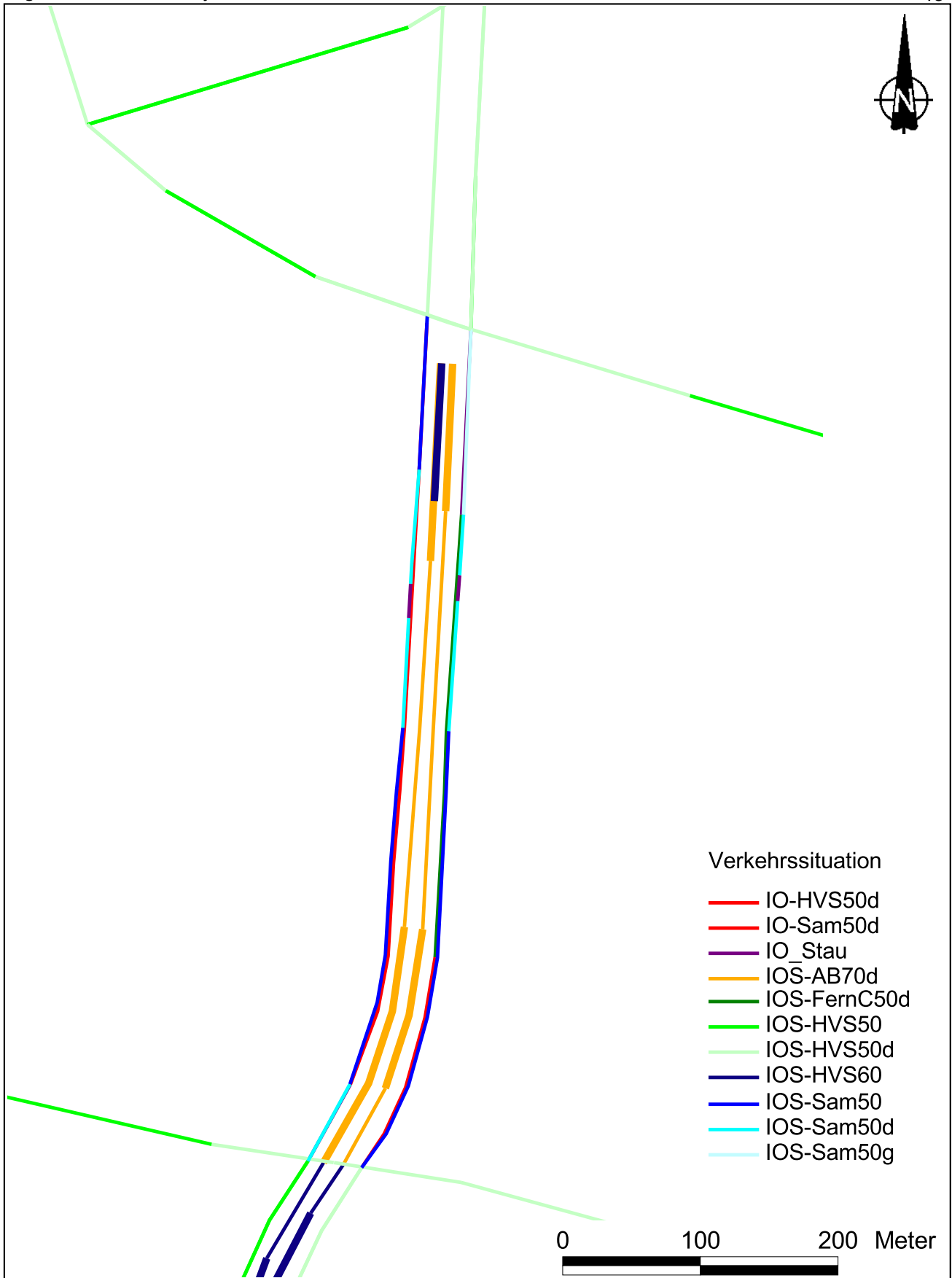


Abb. 5.12: Verkehrssituationen auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen mit Berücksichtigung geltender Tempolimits.
Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

In der vorliegenden Untersuchung werden die PM₁₀-Emissionen aus Abrieben (Reifen, Bremsen und Straßenbelag) und infolge der Wiederaufwirbelung (Resuspension) von Straßenstaub in Anlehnung an BASt (2005) sowie Düring und Lohmeyer (2011) verwendet. Es werden zur Berechnung der Emissionen für die Summe aus Reifen-, Brems- und Straßenabrieb sowie Wiederaufwirbelung von eingetragenem Straßenstaub die in **Tab. 5.3** bis **Tab. 5.6** aufgeführten Emissionsfaktoren verwendet.

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

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2011							
Verkehrssituation (Kürzel)	Geschwindigkeit [km/h]	NO_x		NO₂ direkt		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
AO-HVS70	67,0	0,2366	3,9441	0,0815	0,3544	0,0066	0,0703	0,03	0,13
IOS-FernC50d	41,4	0,3190	5,3382	0,1069	0,5254	0,0113	0,1057	0,033	0,35
IO-HVS50d	39,6	0,3399	5,3453	0,1132	0,5234	0,0131	0,1009	0,033	0,35
IO-Sam50d	37,4	0,3733	5,8493	0,1212	0,5669	0,0138	0,1190	0,033	0,35
IOS-AB70d+4	62,5	0,6392	7,8562	0,2128	0,7746	0,0179	0,1325	0,03	0,13
IOS-AB70d-4	62,5	0,1534	0,3700	0,0508	0,0333	0,0067	0,0258	0,03	0,13
IOS-HVS50	45,0	0,3170	5,0312	0,1047	0,5038	0,0122	0,0934	0,026	0,1
IOS-HVS50d	37,0	0,4166	6,0039	0,1391	0,5896	0,0141	0,1271	0,033	0,35
IOS-HVS60	52,0	0,3055	4,2671	0,1003	0,4176	0,0116	0,0798	0,026	0,1
IOS-HVS60+4	52,0	0,5900	8,1472	0,1952	0,8095	0,0174	0,1387	0,026	0,1
IOS-HVS60-4	52,0	0,1525	0,8865	0,0491	0,0933	0,0076	0,0369	0,026	0,1
IO_Stau	12,8	0,6337	11,8562	0,2179	1,1320	0,0207	0,2426	0,045	1,2
IOS-AB60	62,7	0,2219	3,5600	0,0738	0,3401	0,0098	0,0768	0,03	0,13
IOS-AB60+4	62,7	0,5268	7,8136	0,1780	0,7703	0,0161	0,1310	0,03	0,13
IOS-AB60-4	62,7	0,0898	0,3398	0,0302	0,0306	0,0052	0,0244	0,03	0,13
IOS-AB60d	56,5	0,3178	3,8435	0,1055	0,3679	0,0110	0,0812	0,03	0,13
IOS-AB60d+4	56,5	0,6155	7,8711	0,2055	0,7779	0,0171	0,1371	0,03	0,13
IOS-AB60d-4	56,5	0,1561	0,3735	0,0521	0,0338	0,0068	0,0283	0,03	0,13
IOS-50K	50,0	0,1420	2,3665	0,0489	0,2126	0,0039	0,0422	0,03	0,13
IOS-50Kd	50,0	0,1961	2,1326	0,0652	0,2045	0,0067	0,0468	0,03	0,13
IOS-50Kd-4	50,0	0,0921	0,2220	0,0305	0,0200	0,0040	0,0155	0,03	0,13
IOS-50Kd+4	50,0	0,3835	4,7137	0,1277	0,4648	0,0107	0,0795	0,03	0,13

Tab. 5.3: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2011 für München und für die Maßnahmen mit kontrollierten Tempolimits

Straßen- parameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2015							
		NO _x		NO ₂ direkt		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
AO-HVS70	67,0	0,1946	2,8014	0,0641	0,2690	0,0050	0,0527	0,03	0,13
IOS-FernC50d	41,4	0,2670	4,0790	0,0853	0,4395	0,0088	0,0812	0,033	0,35
IO-HVS50d	39,6	0,2881	4,1533	0,0907	0,4579	0,0103	0,0786	0,033	0,35
IO-Sam50d	37,4	0,3175	4,4560	0,0967	0,4733	0,0108	0,0910	0,033	0,35
IOS-AB70d+4	62,5	0,5382	5,8538	0,1718	0,6197	0,0142	0,1022	0,03	0,13
IOS-AB70d-4	62,5	0,1284	0,3007	0,0406	0,0320	0,0053	0,0202	0,03	0,13
IOS-HVS50	45,0	0,2692	3,8959	0,0838	0,4348	0,0095	0,0728	0,026	0,1
IOS-HVS50d	37,0	0,3510	4,6730	0,1108	0,5182	0,0110	0,0977	0,033	0,35
IOS-HVS60	52,0	0,2598	3,2506	0,0804	0,3473	0,0091	0,0619	0,026	0,1
IOS-HVS60+4	52,0	0,4995	6,0769	0,1572	0,6475	0,0137	0,1068	0,026	0,1
IOS-HVS60-4	52,0	0,1310	0,7457	0,0391	0,0938	0,0060	0,0288	0,026	0,1
IO_Stau	12,8	0,5311	9,4473	0,1731	1,0586	0,0163	0,1851	0,045	1,2

Tab. 5.4: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2015 für München

Straßen- parameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2020							
		NO _x		NO ₂ direkt		Partikel (nur Abgas)		Partikel (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw	Pkw	Lkw
AO-HVS70	67,0	0,1512	0,9714	0,0450	0,1341	0,0026	0,0127	0,03	0,13
IOS-FernC50d	41,4	0,2073	1,6720	0,0608	0,2421	0,0046	0,0202	0,033	0,35
IO-HVS50d	39,6	0,2273	1,9132	0,0647	0,2917	0,0053	0,0181	0,033	0,35
IO-Sam50d	37,4	0,2524	1,8455	0,0689	0,2664	0,0057	0,0231	0,033	0,35
IOS-AB70d+4	62,5	0,4122	1,9257	0,1226	0,2929	0,0074	0,0255	0,03	0,13
IOS-AB70d-4	62,5	0,0995	0,1505	0,0288	0,0264	0,0027	0,0029	0,03	0,13
IOS-HVS50	45,0	0,2132	1,7131	0,0599	0,2576	0,0050	0,0175	0,026	0,1
IOS-HVS50d	37,0	0,2747	2,1822	0,0786	0,3339	0,0058	0,0243	0,033	0,35
IOS-HVS60	52,0	0,2049	1,2927	0,0573	0,1856	0,0047	0,0150	0,026	0,1
IOS-HVS60+4	52,0	0,3878	1,9848	0,1122	0,3003	0,0071	0,0270	0,026	0,1
IOS-HVS60-4	52,0	0,1066	0,4373	0,0278	0,0831	0,0032	0,0052	0,026	0,1
IO_Stau	12,8	0,4227	5,0744	0,1247	0,8373	0,0089	0,0460	0,045	1,2

Tab. 5.5: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2020

	spezifische Emissionsfaktoren je Kfz [g/km] 2011			
Verkehrssituation (Kürzel)	NO _x	NO ₂ direkt	Partikel (nur Abgas)	Partikel (nur Abrieb und Aufwirbelung)
	LBus	LBus	LBus	LBus
IOS-HVS50	8,14	2,13	0,019	0,2
IOS-HVS50d	8,71	2,29	0,022	0,3
IOS-Sam50	8,14	2,13	0,019	0,1
IOS-Sam50d	8,71	2,29	0,022	0,35
IOS-Sam50g	9,58	2,52	0,024	0,7
IO_Stau	12,71	3,35	0,028	0,8

Tab. 5.6: Linienbus-Emissionsfaktoren in g/km für den Linienbusverkehr auf den betrachteten Straßenabschnitten im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2011 für die Linienbusflotte von München

5.4 Emissionen pro Fahrzeug

Tab. 5.3 bis **Tab. 5.6** geben einen Überblick über die im vorliegenden Fall jeweils angesetzten Verkehrssituationen und zugehörigen Emissionsfaktoren unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten.

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x 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. Im Anhang sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x, direkte NO₂-Emissionen und PM₁₀ dargestellt.

5.5 Berechnete Emissionen an der Messstelle

Tab. 5.7 zeigt exemplarisch für die Landshuter Allee in München auf der Höhe der Immissionsmessstelle die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen für den jeweiligen Richtungsverkehr, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten für die Bestandssituation 2011.

Die Auswirkungen der betrachteten Maßnahmen auf die berechneten Emissionen sind in **Abb. 5.13** bis **Abb. 5.15** dargestellt und um die berechneten Emissionen für die Jahre 2015 und 2020 ohne Verkehrsänderungen und ohne zusätzliche Tempolimits und Maßnahmen ergänzt (Nullfall 2015 und Nullfall 2020).

Variante	DTV [Kfz/24h]	Lkw- Anteil [%]	Verkehrs- situation	mittlere Emissionsdichte		
				NO _x [mg/(m*s)]	NO ₂ direkt [mg/(m*s)]	PM ₁₀ [mg/(m*s)]
Bus Süd	212	-	IOS-Sam50d	0,0214	0,0056	0,0009
LA aussen Süd	20 600	6,8	IO-HVS50d	0,1623	0,0337	0,0176
LA innen Süd	45 000	6,8	IOS-AB70d	0,2846	0,0648	0,0273
LA innen Nord	43 900	6,8	IOS-AB70d	0,2777	0,0632	0,0267
LA aussen Nord	20 100	6,8	IOS-FernC50d	0,1537	0,0315	0,0168
Bus Nord	213	-	IOS-Sam50d	0,0215	0,0056	0,0009

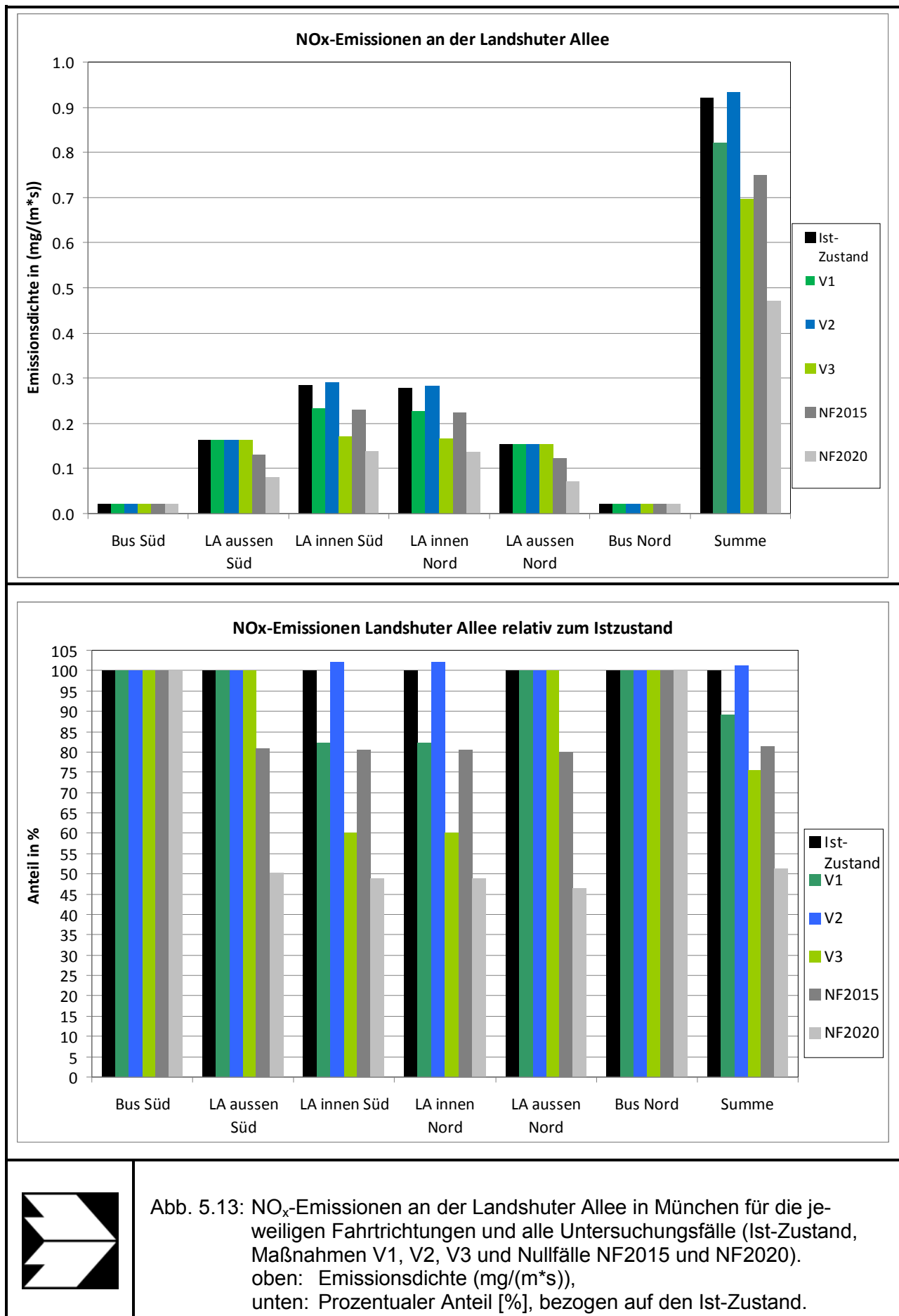
Tab. 5.7: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die Landshuter Allee in München an der Messstelle für den Ist-Zustand 2011

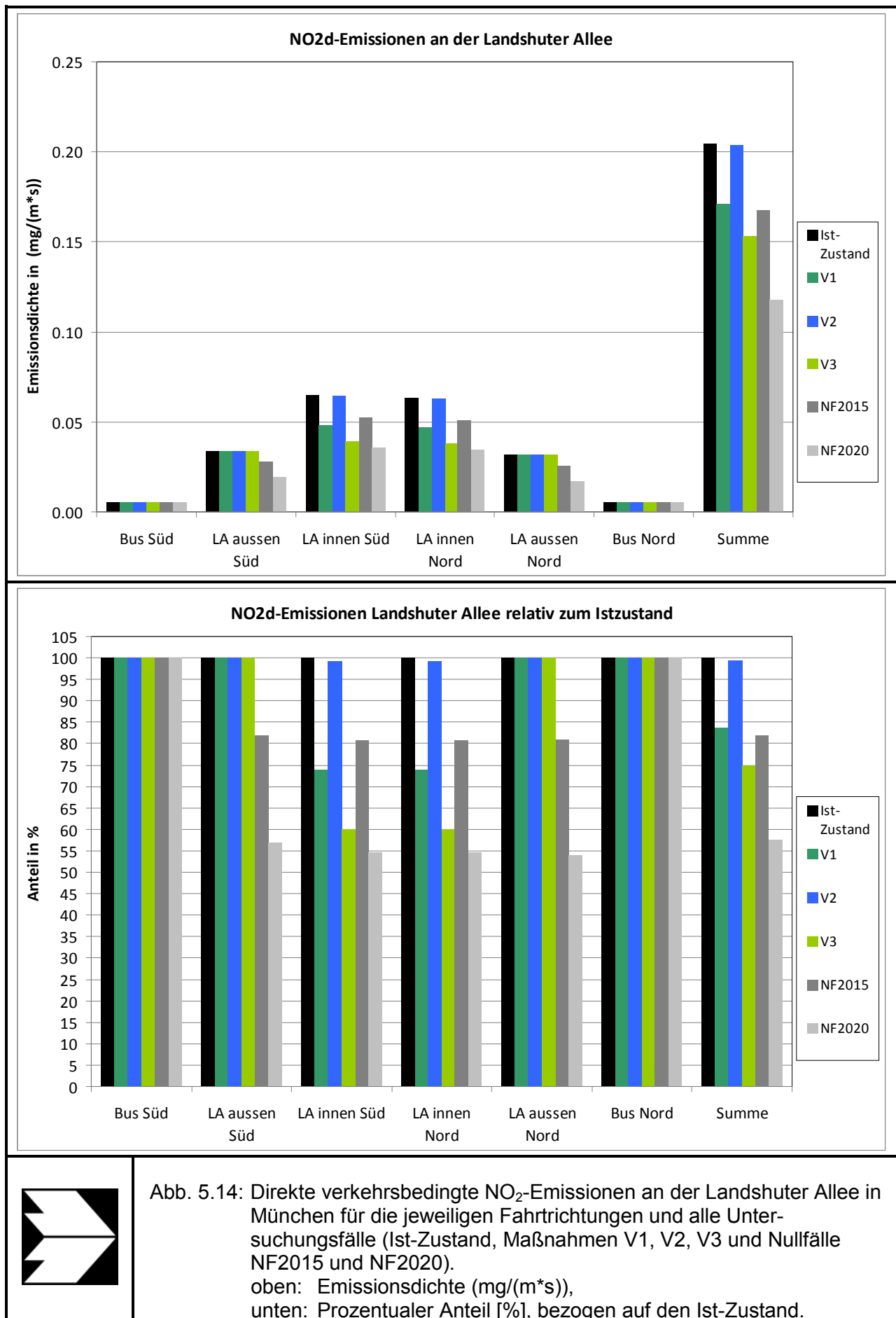
Danach prägen im Ist-Zustand 2011 die inneren Fahrspuren die Emissionen der Landshuter Allee. Die äußeren, durch den städtischen Verkehr inklusive Lichtsignalanlageneinflüssen geprägten Fahrspuren weisen ebenfalls hohe Emissionen auf. Diese werden ergänzt durch die Beiträge des Linienbusverkehrs auf den jeweils äußersten Fahrspuren.

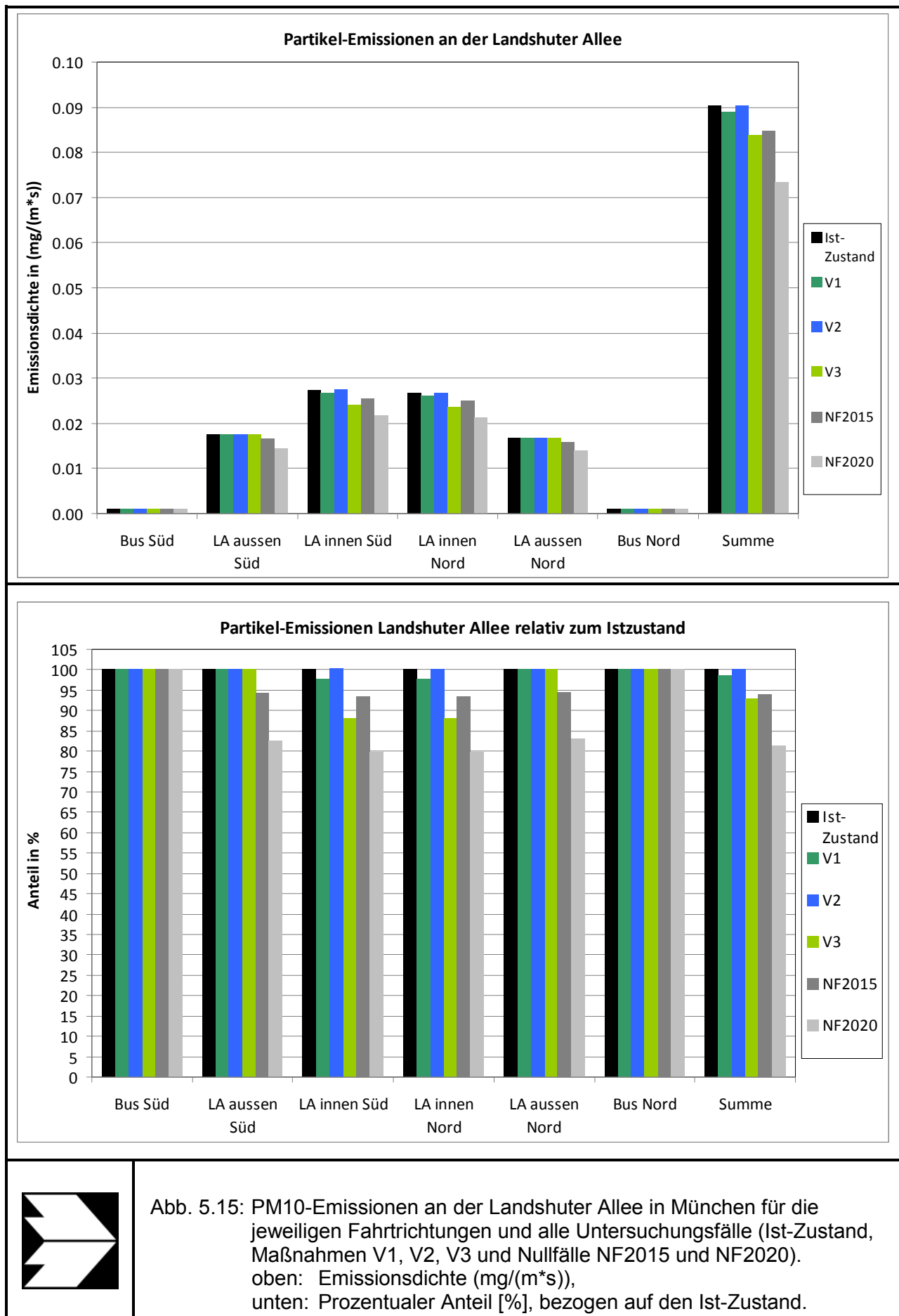
Für die inneren Fahrspuren werden durch die Kontrollen der Fahrgeschwindigkeit (Maßnahme V1 und V3) gleichmäßigere Fahrweisen und geringere Höchstgeschwindigkeiten gegenüber dem Ist-Zustand erwartet und damit geringere NO_x-Emissionen und auch geringere direkte NO₂-Emissionen. Die Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit auf Tempo 50 km/h ohne Kontrollen (Maßnahme V2) lässt entsprechend den zugeordneten Verkehrssituationen des HBEFA keine nennenswerten Änderungen der Emissionen erwarten. Da auf den äußeren Fahrspuren die erlaubte Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h schon im Ist-Zustand nicht überschritten wird, sind keine nennenswerten Änderungen durch zusätzliche Kontrollen zu erwarten, zumal auch die Lichtsignalanlagen und Fahrspurwechsel keine hohen Fahrgeschwindigkeiten erlauben und eher ein geringeres mittleres Geschwindigkeitsniveau erzeugen.

Die weitestgehende Maßnahme, streng kontrolliertes Tempolimit von 50 km/h (V3), führt zu einer Reduktion der NO_x-Emissionen der Landshuter Allee auf 76% und der NO₂-Direkt-emissionen auf 75% der Ausgangssituation.

Mit der zeitlichen Entwicklung der Fahrzeugflottenzusammensetzung bis 2015 und 2020 werden verringerte motorbedingte Emissionen prognostiziert (Nullfall NF2015 und Nullfall NF2020). Das führt dazu, dass auf allen Fahrspuren die Emissionen verringert werden bei angesetzter gleichbleibender Verkehrsstärke. Dabei sind intensive Minderungen für die NO_x-







Emissionen und NO_2 -Direktemissionen abgeleitet und erreichen im Jahr 2020 (Nullfall 2020) für NO_x ca. 51% der Ausgangsemission bzw. für direkte NO_2 -Emissionen ca. 57% der Ausgangsemission. Bei der Emissionsberechnung wurde allerdings die Linienbusflotte nicht variiert, da keine detaillierten Angaben über die mögliche Flottenverjüngung vorlagen und der Anteil der Linienbusse an der Gesamtemission der Landshuter Allee eher von untergeordneter Bedeutung ist.

Die Verringerungen der Partikelemissionen fallen für die Jahre 2015 und 2020 (Nullfall NF2015 und Nullfall NF2020) gegenüber NO_x - und NO_2 -Emissionen deutlich geringer aus, da nur eine Minderung der motorbedingten Beiträge angesetzt wurde und die nicht motorbedingten Beiträge aufgrund unveränderter Verkehrsstärken nicht modifiziert werden.

6 ERGEBNISSE DER IMMISSIONSBERECHNUNGEN

In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein, die im voranstehenden Kapitel 5.5 aufgezeigt und diskutiert sind. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung, die unter Berücksichtigung der für den städtischen Bereich von München repräsentativen Windstatistik berechnet wird. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse der Immissionsberechnungen werden grafisch aufbereitet und als farbige Abbildungen dargestellt. Die grafische Umsetzung der Immissionen erfolgt in Form von farbigen Rechtecken, deren Farbe bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet ist. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentrationsintervall ist jeweils in einer Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für die Immissionen wurde der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Beurteilungsrelevante Kenngrößen sind einheitlichen Farben zugeordnet. Damit werden derzeit geltende Grenzwerte für PM_{10} mit gelben bis violetten Farben und für NO_2 mit gelben Farben belegt.

6.1 Stickstoffdioxidimmissionen

Die Auswertung der berechneten NO_2 -Immissionen erfolgt für den Ist-Zustand 2011 einmal für die Messhöhe an der Luftmessstation, d.h. in ca. 4 m über dem Gelände sowie für die Auswertehöhe von ca. 1,5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten bzw. dem Eingangsbereich der Wohngebäude. Die Höhe von 4 m über Gelände kommt auch der Höhe der Fenster im ersten Obergeschoss nahe. Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO_2 -Immissionen in der Höhe der Luftmessstation und weist mit berechneten $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine gute Übereinstimmung mit dem Messwert von $85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2011 auf. Über den Fahrbahnen der Landshuter Allee sind sehr hohe Immissionen berechnet mit Konzentrationen über $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel. Zu der nächstgelegenen Bebauung an der Messstelle verringern sich die berechneten NO_2 -Immissionen auf unter $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. In Bodennähe sind etwas höhere NO_2 -Immissionen berechnet, die in **Abb. 6.2** dargestellt sind. Damit sind an der Randbebauung der Landshuter Allee NO_2 -Immissionen bis leicht über $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und im Bereich der Messstelle über $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Die hohen verkehrsbedingten NO_2 -Immissionen der Landshuter Allee wirken auch bis in die abzweigenden Nebenstraßen ein und führen dort teilweise noch zu NO_2 -Immissionen über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Abb. 6.1: NO₂-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) im Ist-Zustand 2011 in ca. 4 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet



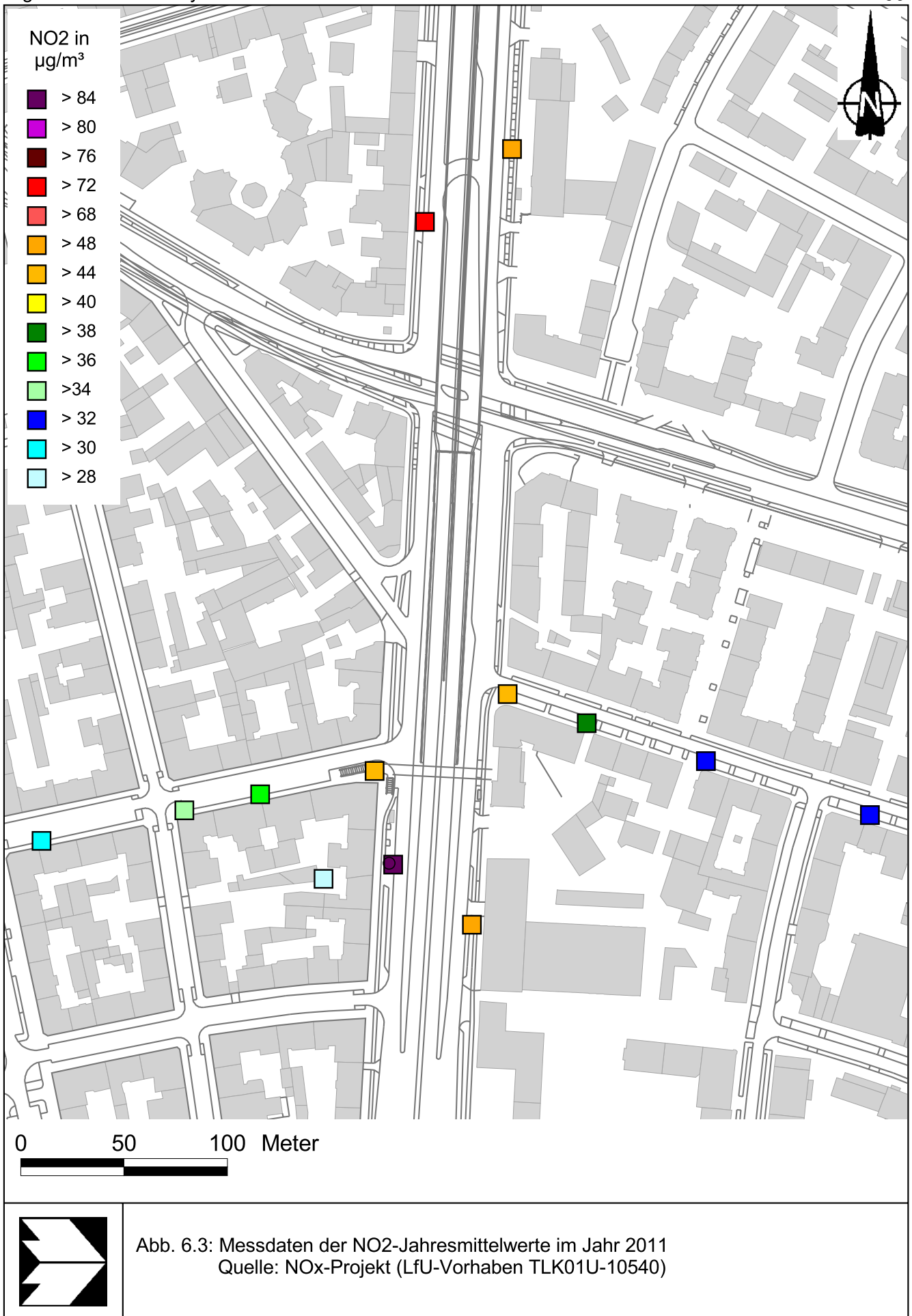
Abb. 6.2: NO₂-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) im Ist-Zustand 2011 in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

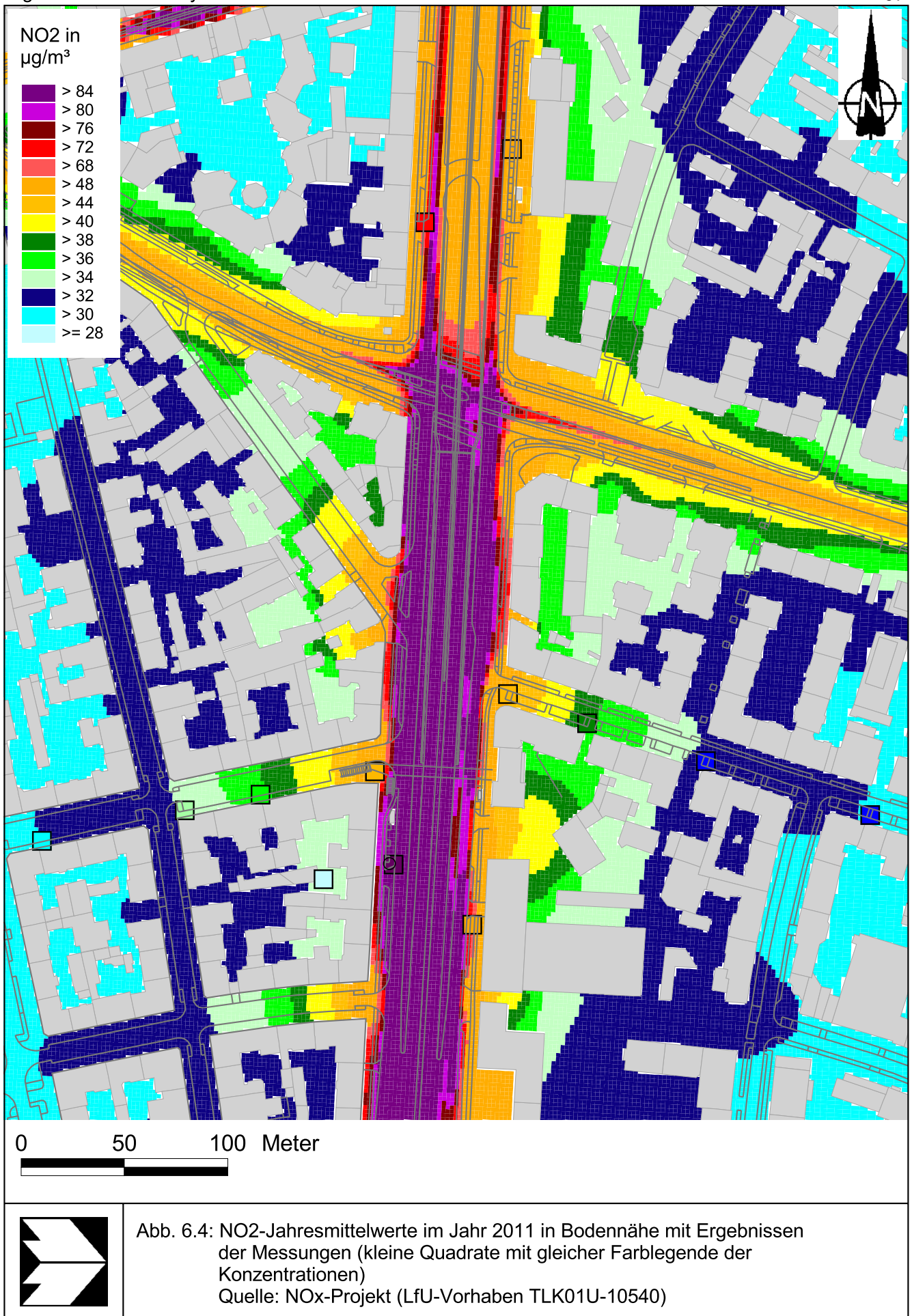
Ergänzend zu den Messdaten der Messstation Landshuter Allee wurden durch den Auftraggeber auch Messdaten befristeter Messkampagnen zur Verfügung gestellt (LfU, 2012). Die Standorte und erfassten Konzentrationen sind in **Abb. 6.3** unter Berücksichtigung der selben Farblegende wie für die Immissionsberechnungen aufgezeigt. In **Abb. 6.4** ist eine Überlagerung der Messdaten mit den berechneten NO₂-Immissionen in Bodennähe aufgetragen und zeigt auch in den Nebenstraßen gute Übereinstimmungen. An der Messstelle im Hinterhof der Landshuter Allee werden Konzentrationen gemessen, die der angesetzten Hintergrundbelastung von 28 µg/m³ entsprechen; solch eine intensive Abschätzung der verkehrsbedingten Beiträge der Landshuter Allee durch die Bebauung wird mit den Immissionsberechnungen nicht erzielt, die im Hofbereich berechnete NO₂-Immissionen um 34 µg/m³ erzielen.

Für das Aufzeigen der Auswirkungen der betrachteten Maßnahmen auf die NO₂-Immissionen sind für den Standort der Messstelle und die nächstgelegene Bebauung die berechneten NO₂-Gesamtbelastungen in **Abb. 6.5** aufgetragen. Danach werden mit der weitestgehenden Minderung durch das überwachte Tempolimit von 50 km/h (V3) an der Messstelle (in 4 m über Grund) NO₂-Immissionen von 73 µg/m³ prognostiziert, das entspricht einer Minderung um ca. 11 µg/m³ bzw. eine Reduktion auf 87% des Ausgangswertes (vgl. **Abb. 6.5** unten). An der benachbarten Wohnbebauung werden damit in der Höhe des ersten Obergeschosses NO₂-Immissionen von 69 µg/m³ berechnet.

Für die Berechnung der Gesamtbelastungen an NO₂ wurde auch der Beitrag der direkten motorbedingten NO₂-Emission ohne die sekundäre NO₂-Bildung durch Oxidation des motorbedingten NO mit Ozon berücksichtigt und der Ausbreitungsrechnung zugeführt. Damit kann als reiner Rechenwert die Zusatzbelastung bedingt durch die direkte NO₂-Emission abgeleitet werden, die als Zwischenergebnis in **Abb. 6.6** aufgetragen ist. Allein die Auswirkungen der berechneten Zusatzbelastung durch direkte NO₂-Emissionen des Kfz-Verkehrs führen beim Ist-Zustand an der Messstelle zu Konzentrationen von 36 µg/m³ und an der Bebauung im ersten Obergeschoss von 32 µg/m³. Auf eine detaillierte Diskussion dieser Ergebnisse wird hier verzichtet, da diese rechnerischen Zwischenergebnisse nicht durch Messungen belegt werden können und immer im Zusammenhang mit der atmosphärischen NO₂-Bildung auf dem Ausbreitungspfad zu sehen sind.

In **Abb. 6.7** bis **Abb. 6.9** sind die berechneten NO₂-Gesamtbelastungen in Bodennähe (1,5 m) für die drei Tempolimit-Szenarien aufgeführt. Damit ist mit der weitestgehenden Maßnahme, überwachtes Tempo 50 km/h (V3), eine verringerte NO₂-Immission verbunden, aber an der Randbebauung im Straßenraum der Landshuter Allee kann entsprechend den Berechnungen dennoch keine Einhaltung des Grenzwertes abgeleitet werden.





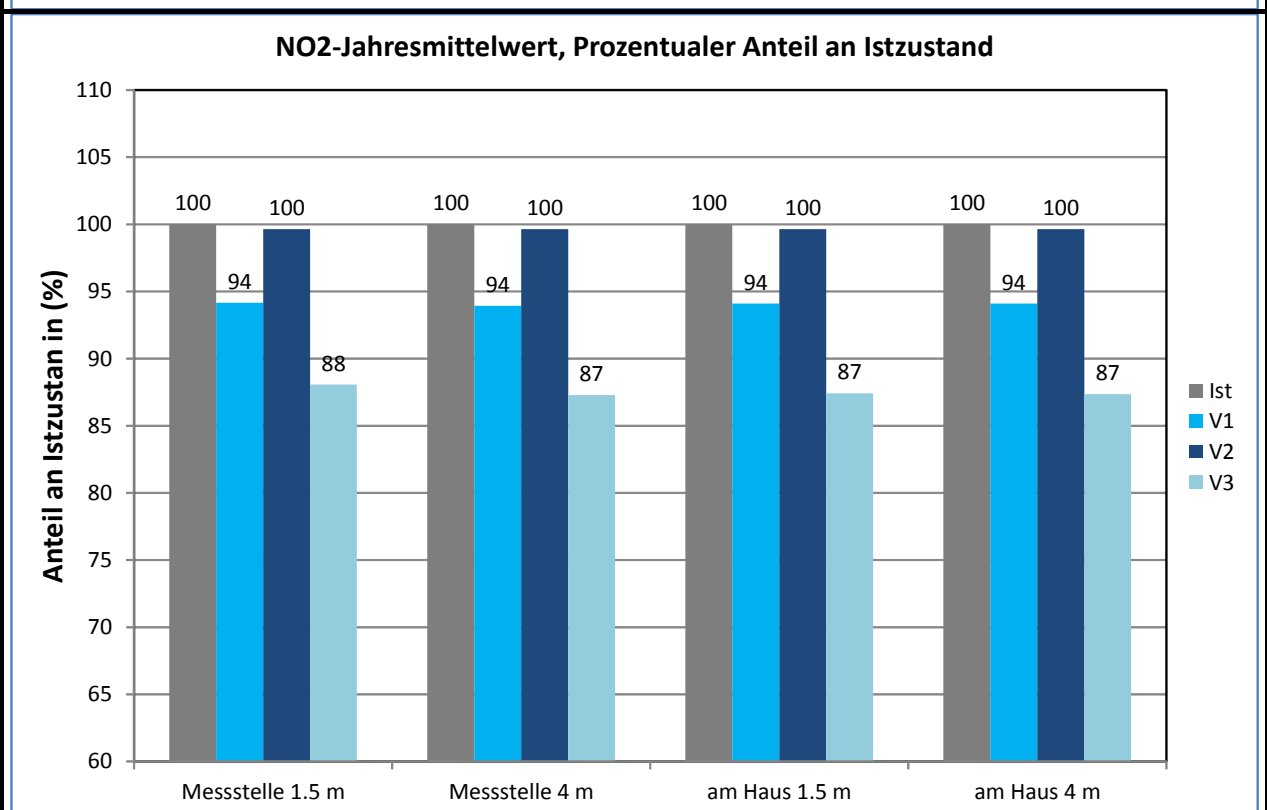
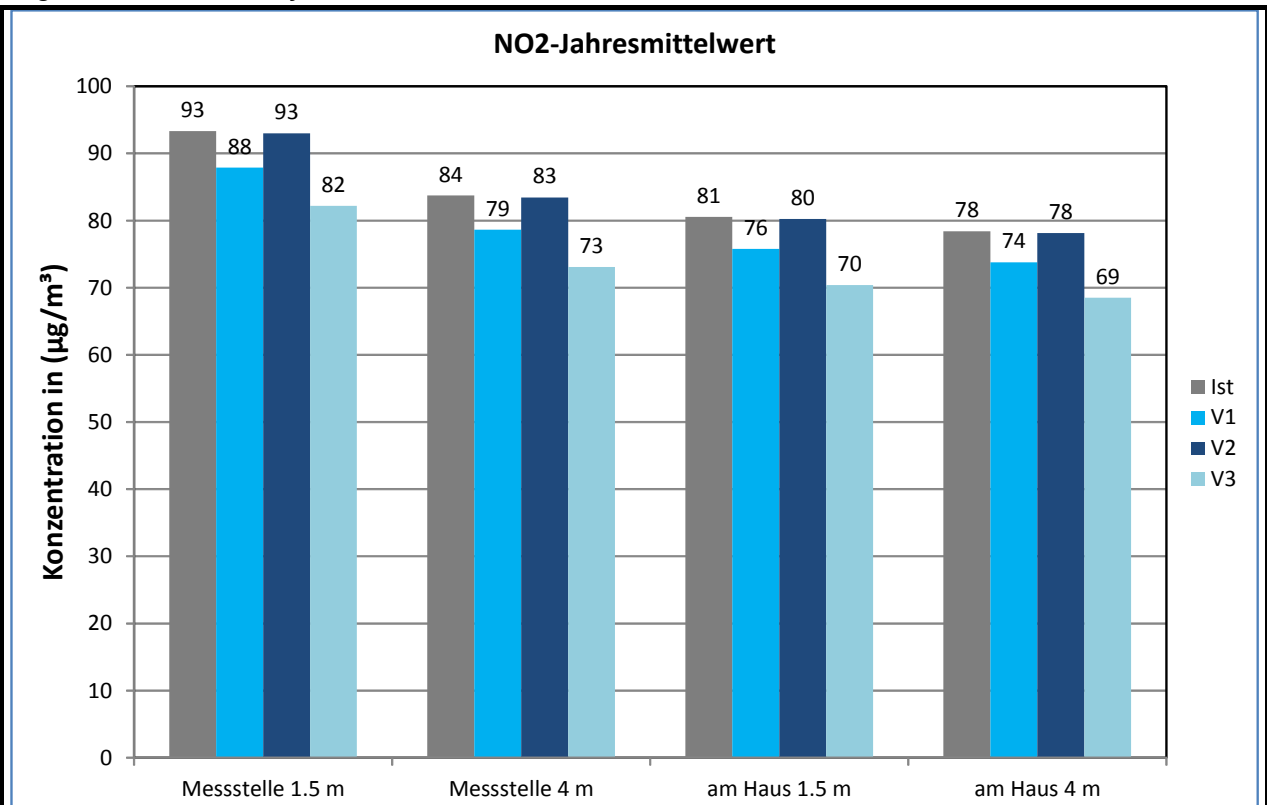


Abb. 6.5: NO₂- Immissionen an der Messstelle Landshuter Allee in München und an der benachbarten Bebauung in 4m über Grund (Messeinlass) und in 1.5 m über Grund für alle Untersuchungsfälle.
 oben: Immission [$\mu\text{g}/\text{m}^3$],
 unten: Prozentualer Anteil [%].

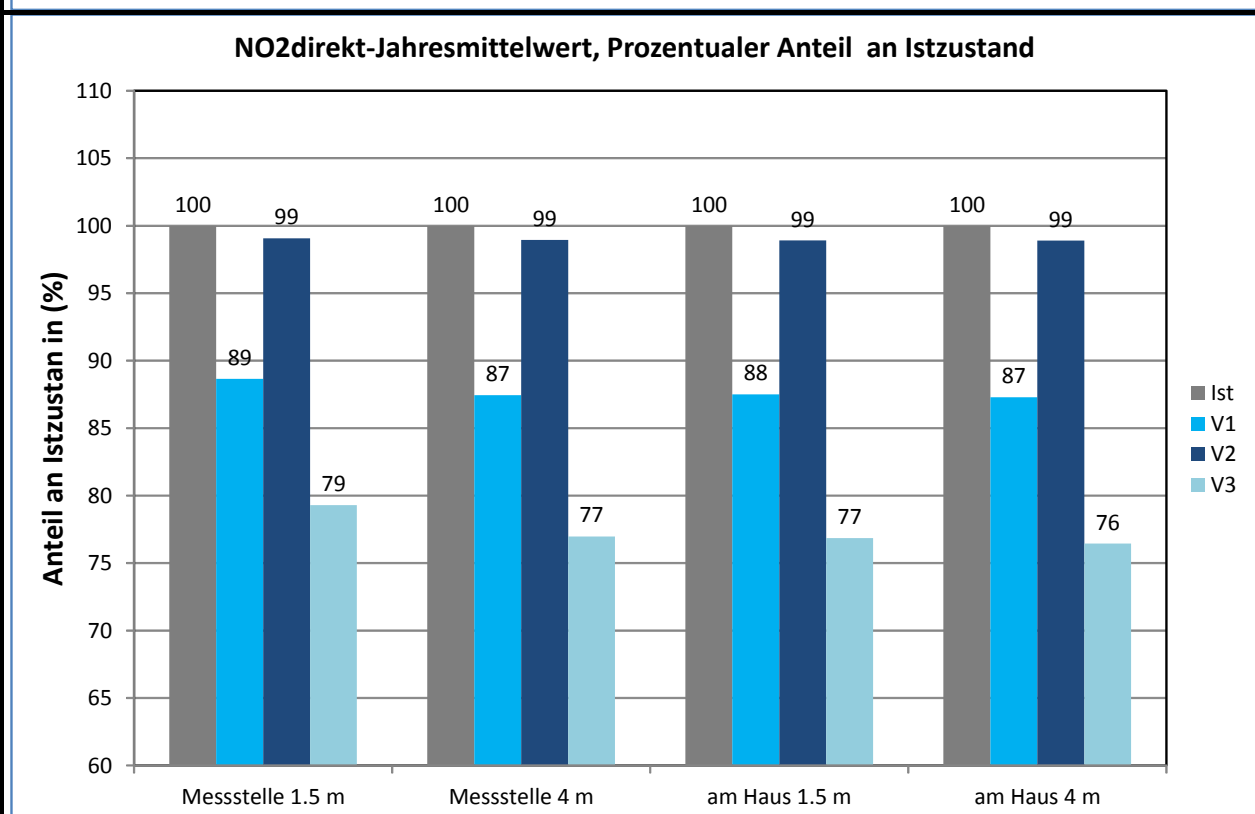
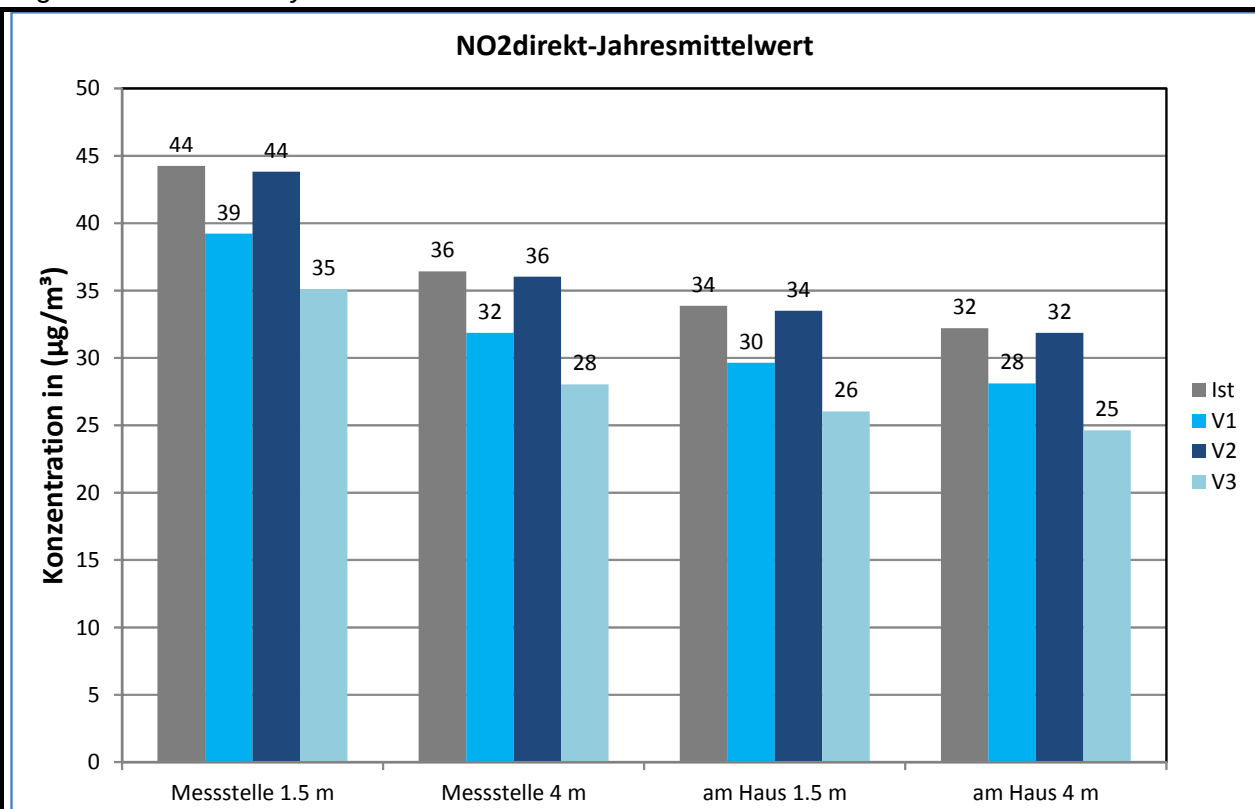


Abb. 6.6: Verkehrbedingte direkte NO₂-Zusatzbelastung an der Messstelle Landshuter Allee in München und an der benachbarten Bebauung in 4m über Grund (Messeinlass) und in 1.5 m über Grund für alle Untersuchungsfälle.
oben: verkehrsbedingte direkte NO₂-Zusatzbelastung [µg/m³],
unten: Prozentualer Anteil [%].

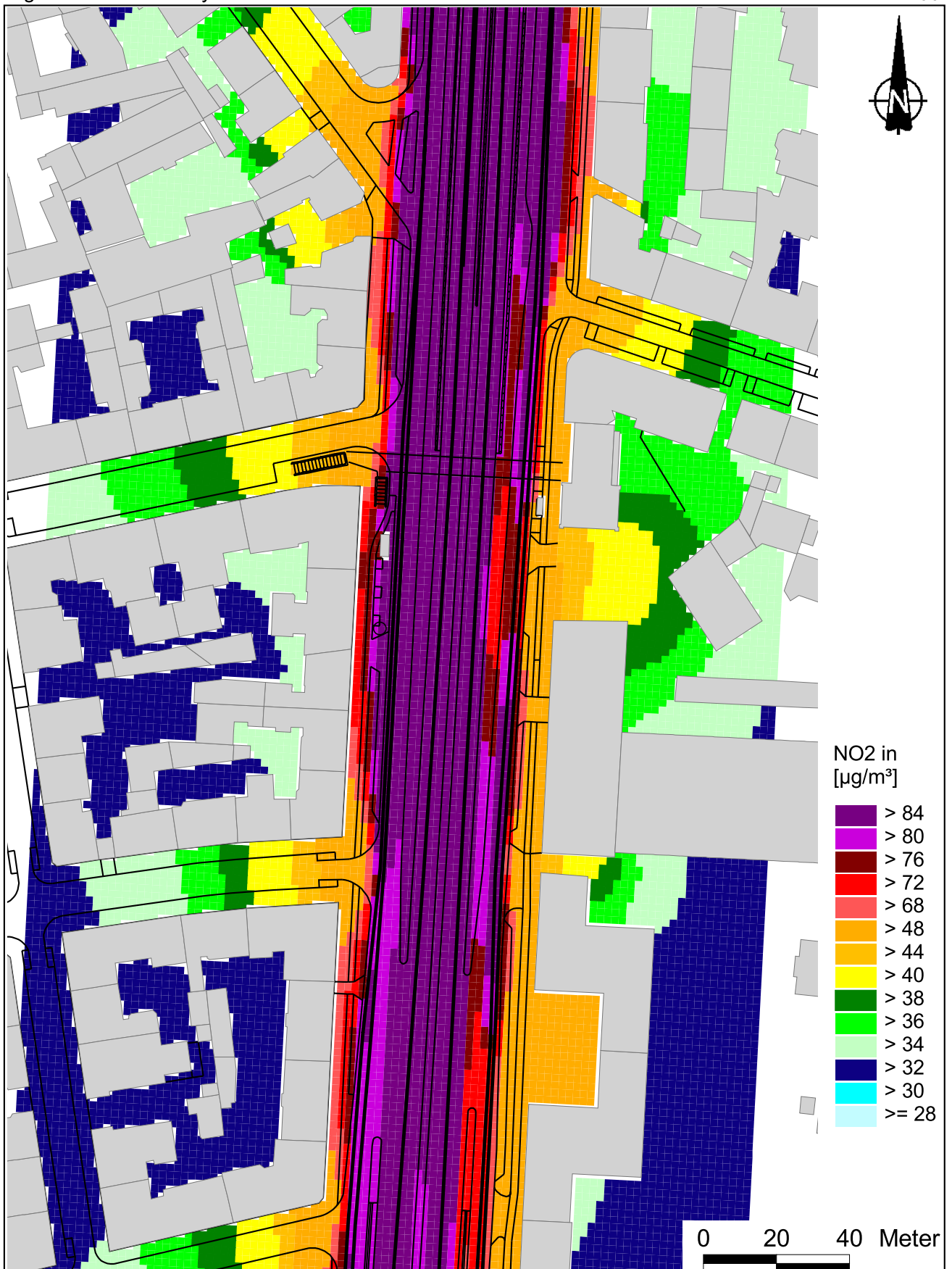


Abb. 6.7: NO₂-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für die Variante V1 (Tempolimit 60 km/h, überwacht) in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet



Abb. 6.8: NO₂-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für die Variante V2 (Tempolimit 50 km/h, nicht überwacht) in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

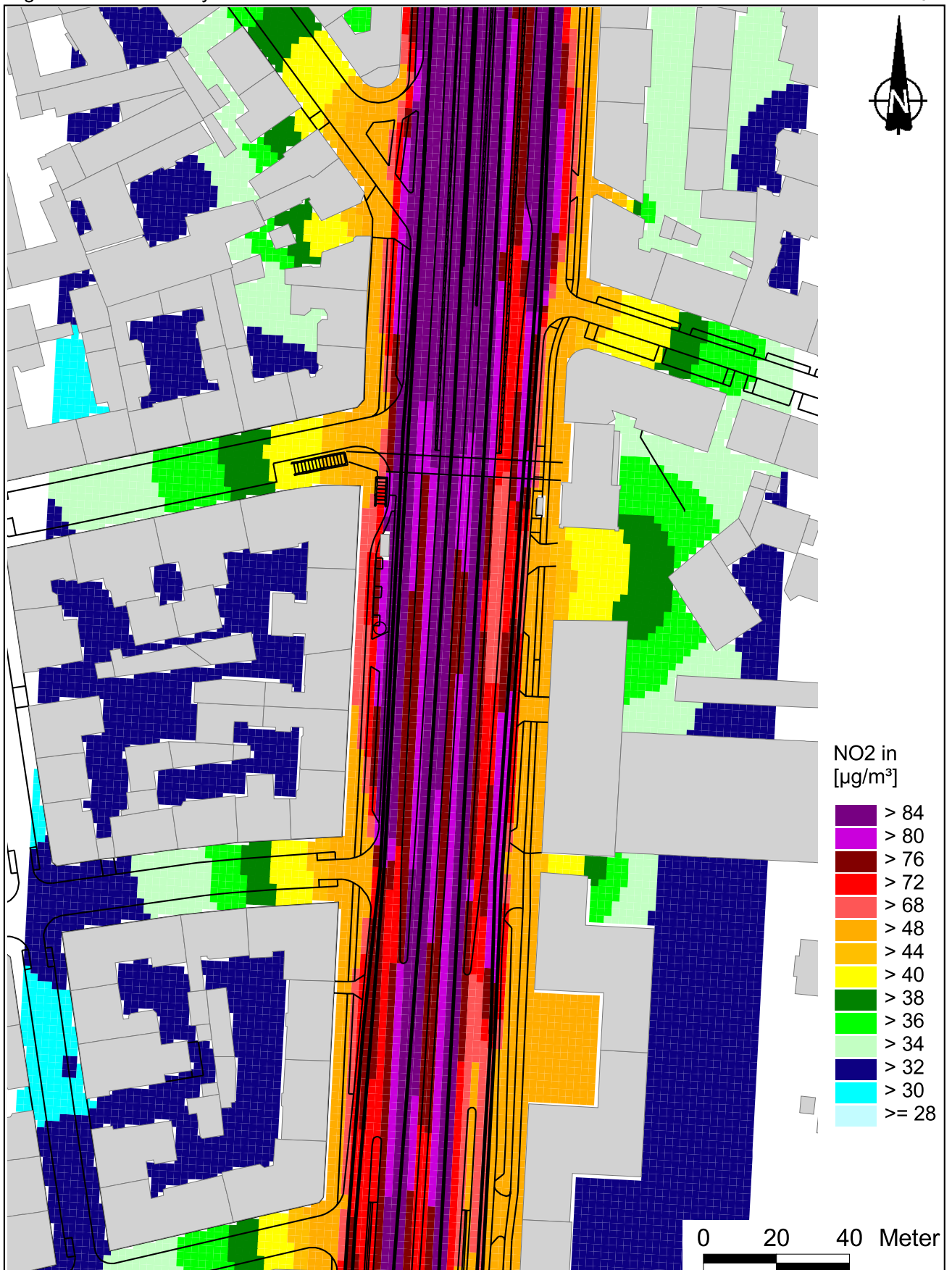


Abb. 6.9: NO₂-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für die Variante V3 (Tempolimit 50 km/h, überwacht) in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

6.2 Feinstaubimmissionen (PM₁₀)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g PM}_{10}/\text{m}^3$ in einem Jahr erlaubt. Die Auswertungen von Messdaten zeigen, dass der Kurzzeitwert die strengere Größe darstellt. Entsprechend den Ausführungen in Kap. 3.2 gibt es für den Kurzzeitwert einen Schwellenwert. Dieser besagt, dass ab einem PM₁₀-Jahresmittelwert von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der Kurzzeitwert überschritten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM₁₀-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ diskutiert.

Am Standort der Messstelle sind PM₁₀-Immissionen (Jahresmittelwert) von $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet (**Abb. 6.10**) und stimmen gut mit den Messwerten überein. An der benachbarten Bebauung werden im ersten Obergeschoss PM₁₀-Immissionen von $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Bodennähe von $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Mit dem Tempolimit auf 50 km/h inklusive strenger Überwachung (V3) ist eine gewisse Minderung berechnet, die zu einer Verringerung bis auf 97% des Ausgangswertes führt (vgl. **Abb. 6.10** unten).

Die flächenhaften Ergebnisse der PM₁₀-Immissionen in Bodennähe sind in **Abb. 6.11** bis **6.14** dargestellt. Danach sind an der Randbebauung im Straßenraum der Landshuter Allee Konzentrationen unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$, aber über $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel berechnet. Ab PM₁₀-Jahresmittelwerten über $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ besteht eine hohe Wahrscheinlichkeit, dass auch der PM₁₀-Kurzzeitbelastungswert (mehr als 35 Tage mit Tagesmittelwerten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten wird. Dies ist an der gesamten Randbebauung im Straßenraum der Landshuter Allee bei allen betrachteten Varianten zu erwarten. An Gebäudeseiten außerhalb des Straßenraumes der Landshuter Allee sind allerdings nur vereinzelt PM₁₀-Jahresmittelwerte über $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

6.3 Diskussion

Die im vorliegenden Bericht untersuchten Auswirkungen von Tempolimits auf 60 km/h bzw. 50 km/h mit unterschiedlichen Intensitäten der Kontrolle an der Landshuter Allee zeigen hinsichtlich der Wirksamkeit auf die Reduktion der Feinstaub (PM₁₀)- und Stickstoffdioxid (NO₂)-Immission positive Auswirkungen.

Die Fahrgeschwindigkeiten im Ist-Zustand variieren im Tagesverlauf im Wesentlichen zwischen 50 km/h und 75 km/h. Durch die Einführung eines Tempolimits auf 50 km/h mit strikter Überwachung stellt sich ein über den gesamten Tagesverlauf nahezu stetiger Verkehrsfluss

ein, der die im Ist-Zustand häufigen Beschleunigungs- und Verzögerungsanteile deutlich reduziert. Durch die Verstetigung des Verkehrsflusses und das raschere Erreichen der Höchstgeschwindigkeit mit kürzeren Beschleunigungsphasen wird eine Reduzierung der auspuffbedingten Emissionen erzielt, was in der Folge zu einer Reduktion der Immissionen führt. Dies betrifft vor allem die Stickstoffoxid-Emissionen.

Durch die Einführung eines Tempolimits von 50 km/h mit einer strengen Überwachung (V3) könnten demnach die NO₂-Immissionen an der LÜB-Messstation von 84 µg/m³ auf 73 µg/m³ im Jahresmittelwert reduziert werden. Die Auswirkung der Einführung der Maßnahme V3 auf die Feinstaubimmission fällt mit einer Reduzierung von 1 µg/m³ auf 35 µg/m³ deutlich geringer aus.

Die NO₂-Minderung um bis zu 11 µg/m³ ist im Wesentlichen auf den an der Landshuter Allee sehr hohen Verkehrsanteil von ca. 74 % an der NO₂-Gesamtbelastung zurückzuführen (siehe Luftreinhalteplan München, 1. Fortschreibung, Oktober 2007). Durch die Verstetigung des Verkehrsflusses werden die Emissionen der gesamten Fahrzeugflotte spürbar verringert, was sich zu einem hohen Anteil auch auf die NO₂-Gesamtbelastung auswirkt. Im Gegensatz dazu bewirkt zum Beispiel eine Umweltzone nur bei einem relativ geringen Flottenanteil (die durch die jeweilige Stufe der Umweltzone mit Fahrverbot belegten älteren Fahrzeuge) eine Minderung der Emissionen. Hinzu kommt bei einer Umweltzone, dass neue Diesel-Pkw zum Teil auch etwas höhere NO₂-Direktemissionen aufweisen können, was sich im Mittel kontraproduktiv auf die NO₂-Minderung auswirken kann.

Bei den Feinstaub-Immissionen wird im vorliegenden Gutachten nur der Auspuffanteil durch die betrachteten Maßnahmen modifiziert; Abrieb und Aufwirbelung werden in den Berechnungen nicht verändert. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass durch die beschriebenen Maßnahmen mit Homogenisierung des Verkehrsflusses auch der Beitrag von Abrieb und Aufwirbelung zurückgehen wird.

Unter diesen Gesichtspunkten sind die errechneten Minderungswirkungen auch im Vergleich mit anderen Minderungsmaßnahmen als plausibel und nachvollziehbar zu bezeichnen. Es versteht sich, dass – verglichen mit flächigen Maßnahmen – die unterstellten Tempolimits an der Landshuter Allee nur am begrenzten Abschnitt der Landshuter Allee selbst, nicht jedoch im weiteren Stadtgebiet von München, ihre Minderungswirkung entfalten können.

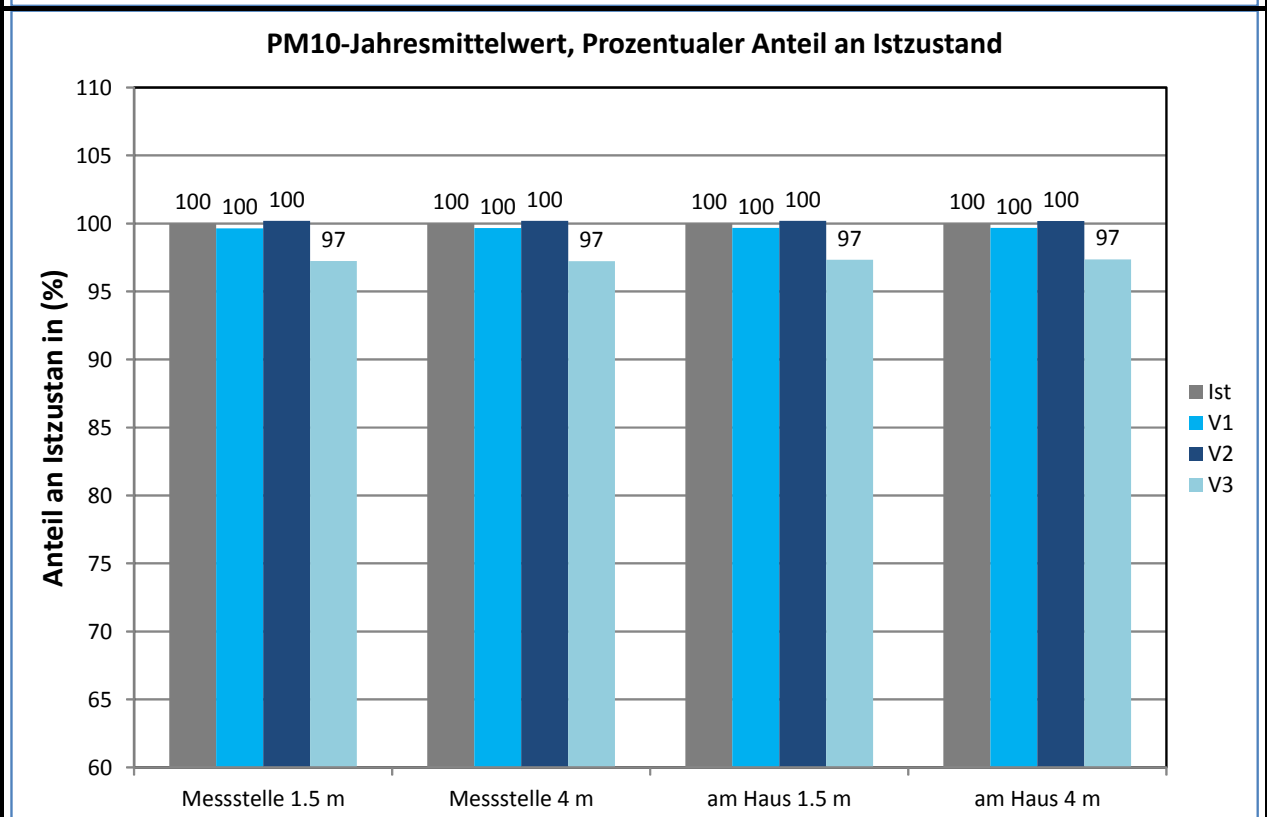
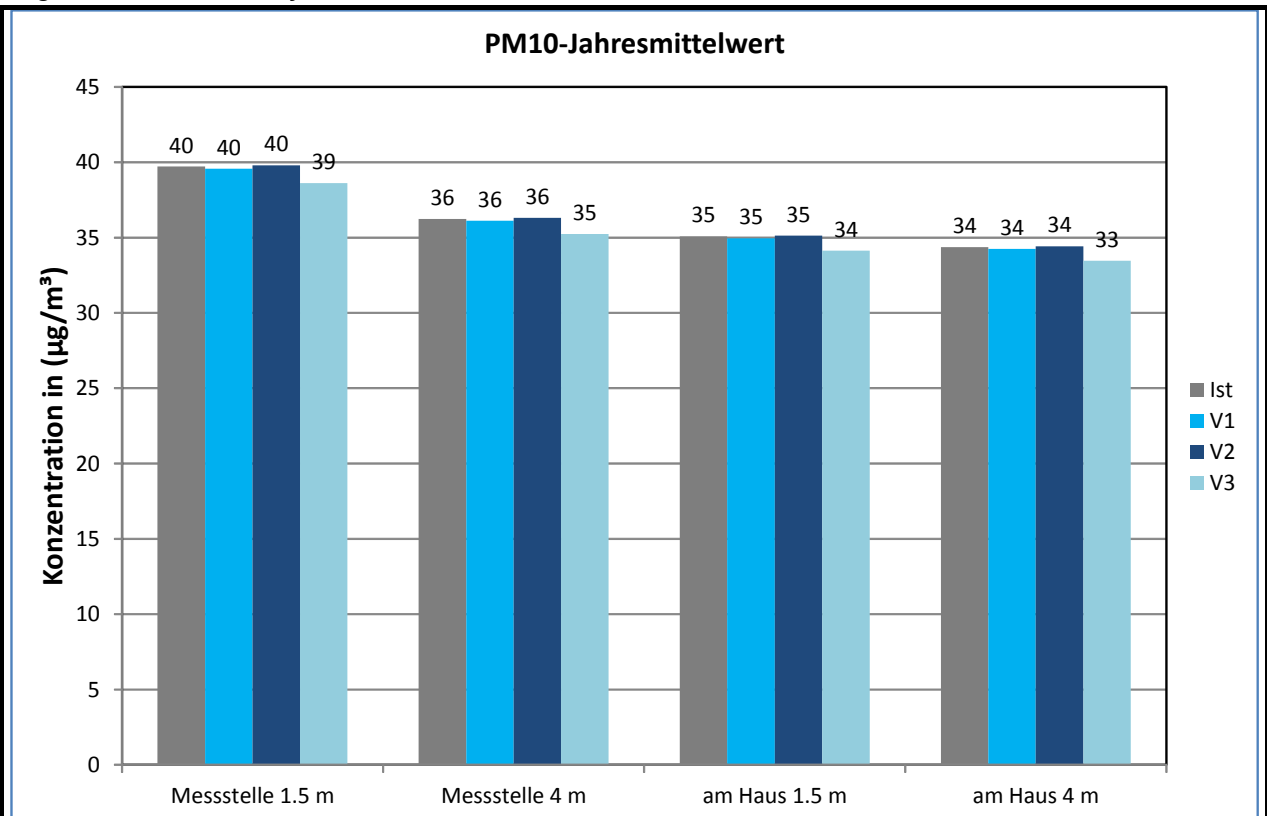


Abb. 6.10: PM10- Immissionen an der Messstelle Landshuter Allee in München und an der benachbarten Bebauung in 4m über Grund (Messeinlass) und in 1.5 m über Grund für alle Untersuchungsfälle. oben: Immission [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], unten: Prozentualer Anteil [%].

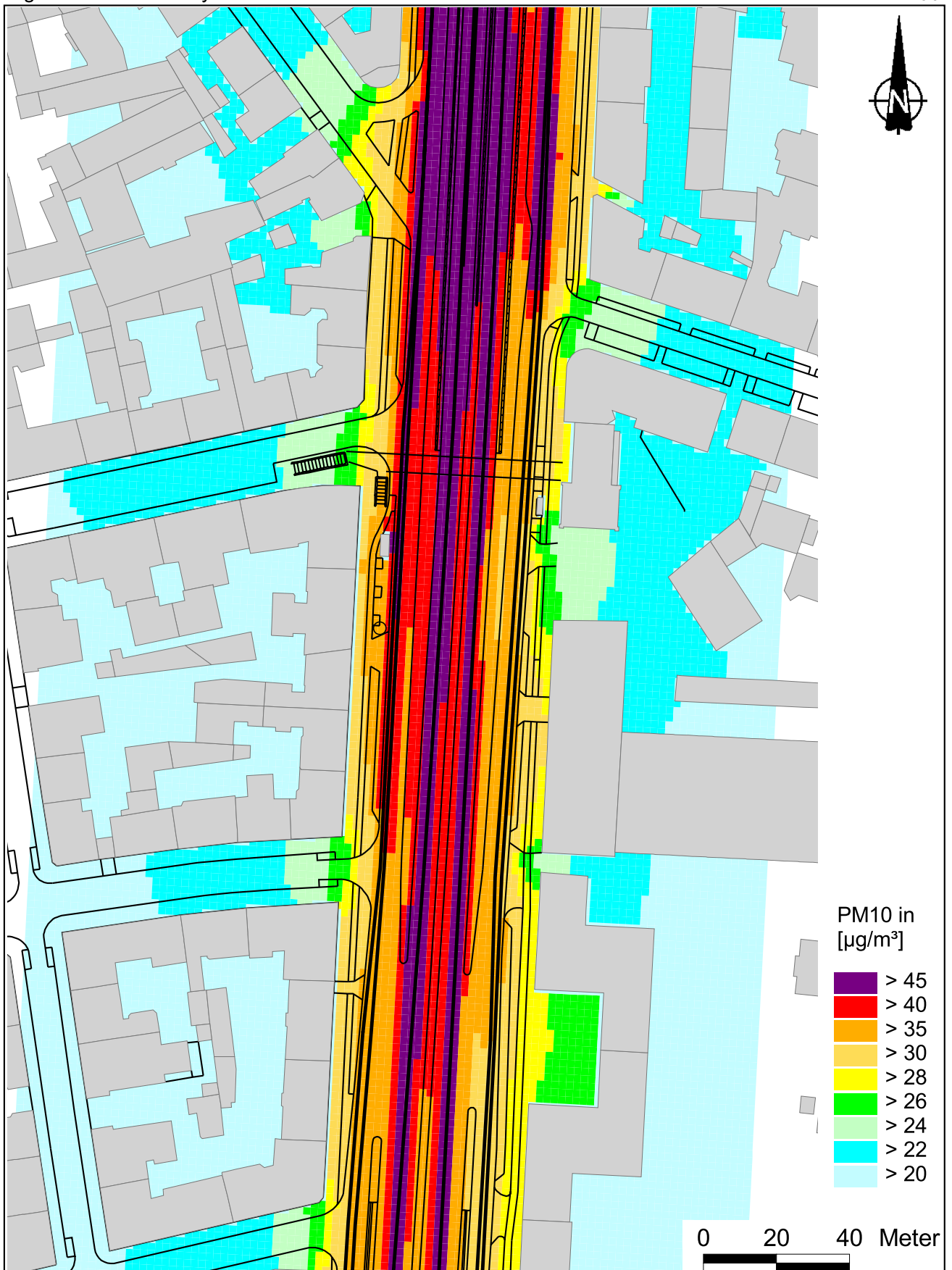


Abb. 6.11: PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) im Ist-Zustand 2011 in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

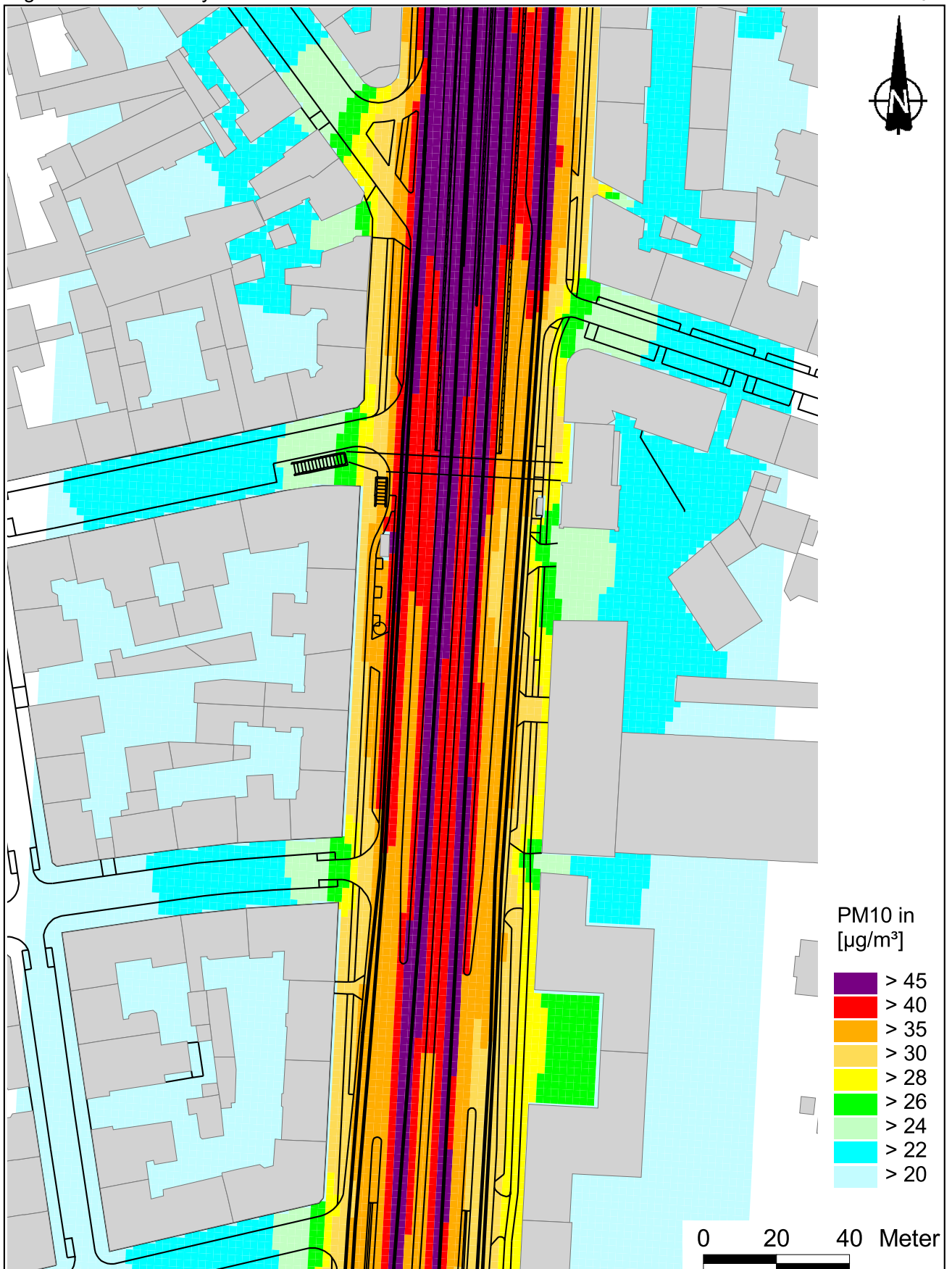


Abb. 6.12: PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für die Variante V1 (Tempolimit 60 km/h, überwacht) in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

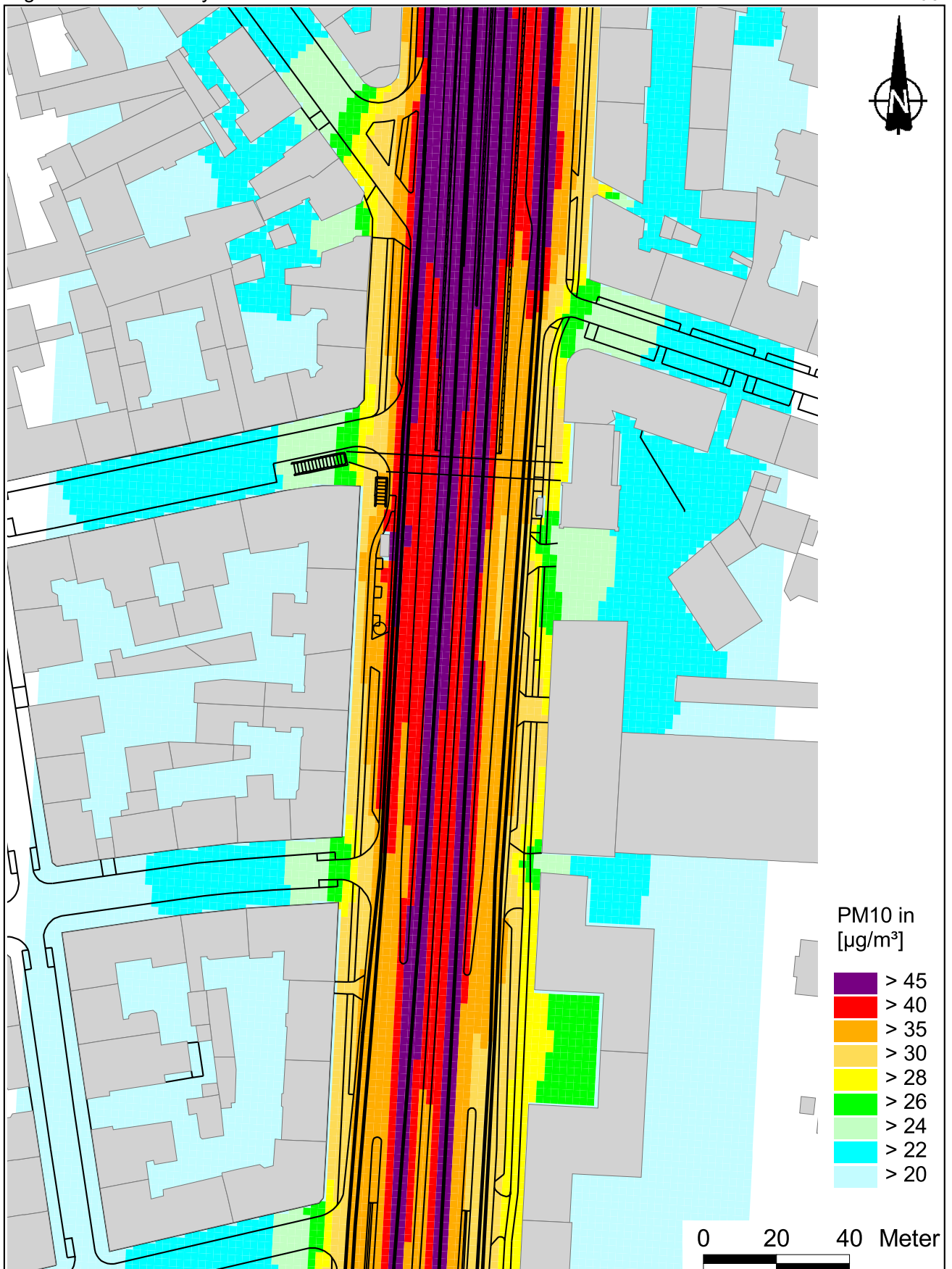


Abb. 6.13: PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für die Variante V2 (Tempolimit 50 km/h, nicht überwacht) in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

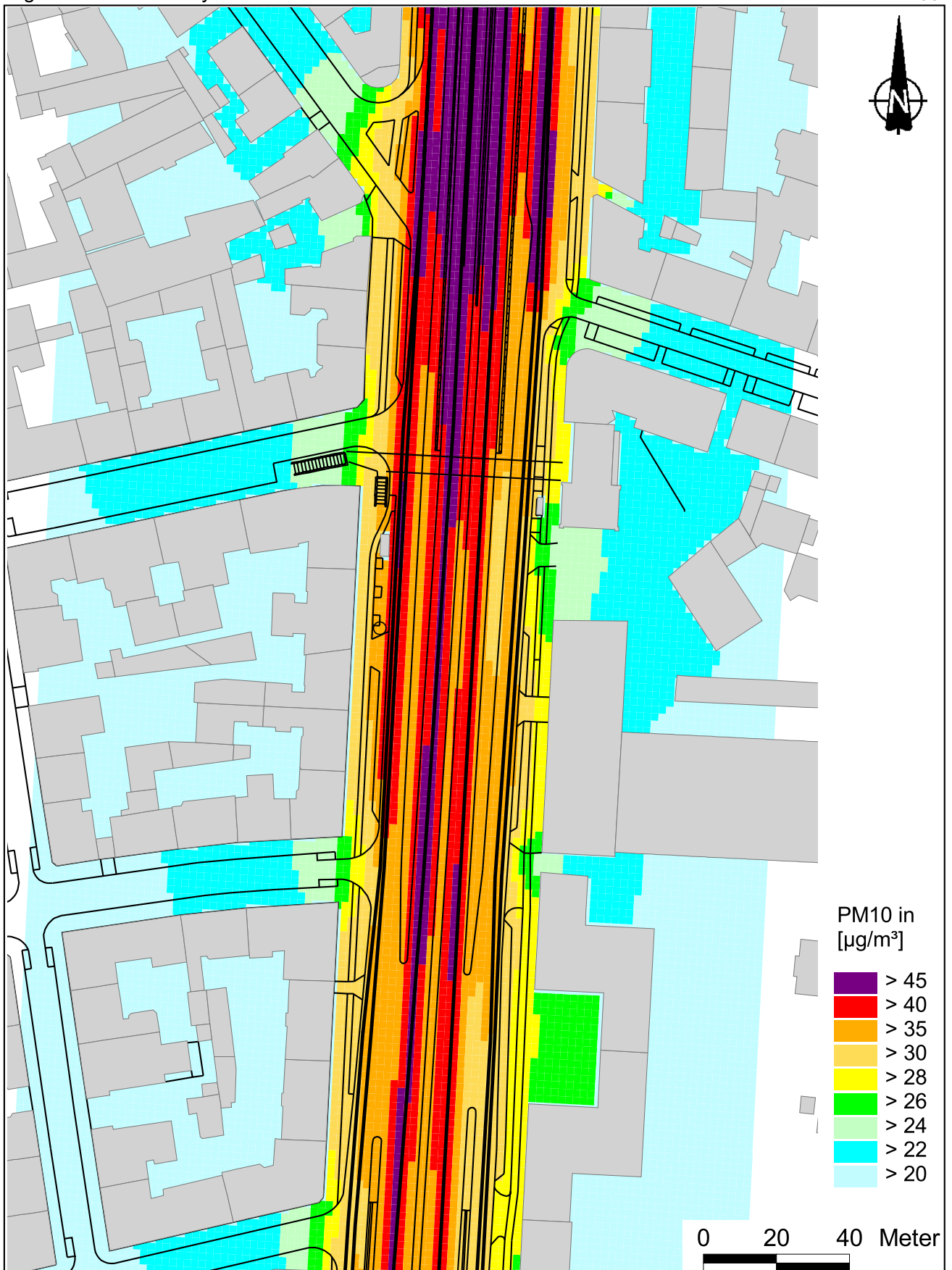


Abb. 6.14: PM10-Gesamtbelastung (Jahresmittelwerte) für die Variante V3 (Tempolimit 50 km/h, überwacht) in ca. 1.5 m Höhe ausgedrückt in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Gebäude sind hellgrau und Straßen als schwarze Linien eingezeichnet

7 LITERATUR

22. BlmSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11. September 2002 (BGBl. I S. 3626), zuletzt geändert durch Artikel 1 der Verordnung vom 27. Februar 2007 (BGBl. I S. 241) (mit Erscheinen der 39. BlmSchV zurückgezogen).
23. BlmSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BlmSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BlmSchV zurückgezogen).
33. BlmSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BlmSchV). BGBl. I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (mit Erscheinen der 39. BlmSchV zurückgezogen).
39. BlmSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BlmSchV) und BlmSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- BAST (2005): PM₁₀-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM₁₀-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Baustellenbericht München 04/2012: Bis Anfang September 2012 bleiben im Zuge des Mittleren Ringes zwei durchgehende Fahrspuren frei. Dabei wird während der gesamten Bauzeit die linke Fahrspur in Fahrtrichtung Norden auf der gegenüberliegenden Richtungsfahrbahn geführt. In den Rampenbereichen bleibt jeweils nur eine von zwei Fahrspuren frei. Während der gesamten Bauzeit wird auf der Donnersbergerbrücke die zulässige Höchstgeschwindigkeit auf 40 km/h begrenzt. Siehe: <http://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/baureferat/baustellen/baustellenbericht.html#innen>
- Düring und Lohmeyer (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenver-

- kehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. *Meteorologische Zeitschrift*, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.05.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. Amtsblatt der Europäischen Union vom 11.06.2008, Nr. L152/1.
- Eichhorn, J. (1995): MISKAM-Handbuch zu Version 2 und 3, Universität Mainz, Institut für Physik der Atmosphäre.
- 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 Instituts (PSI) zum Forschungsprojekt ASTRA 2000/415. Juli 2003.
www.empa.ch/plugin/template/empa/700/5750/---/l=1.
- Hausberger et al.: PHEM (Passenger car and heavy duty emission model). Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.
- Israël, G.W., Pesch, M., Schlums, C. (1994): Bedeutung des Reifenabriebs für die Rußemission des Kfz-Verkehrs. In: *Staub - Reinhaltung der Luft* 54, S. 423-430. Springer-Verlag, Berlin.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: *VDI-Bericht Nr. 888*, S. 119-131.
- Kühlwein, Jörg (2004): Unsicherheiten bei der rechnerischen Ermittlung von Schadstoffemissionen des Straßenverkehrs und Anforderungen an zukünftige Modelle. Dissertation, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (IER) der Universität Stuttgart, 20. September 2004.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Hrsg.: Landesanstalt für Umweltschutz, Karlsruhe.

- LfU (2007-2012): Jahreskenngößen der Luftschadstoff-Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an Stationen des Luftmessnetzes Bayern.
- LfU (2012): NO_x -Projekt (LfU-Vorhaben TLK 01U-10540): Untersuchung der räumlichen Verteilung der NO_2 -Belastung im Umfeld von vorhandenen, hoch belasteten Luftmessstationen. Unveröffentlichte Informationen.
- 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.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.
- Regierung von Oberbayern (2007): Luftreinhalte-/Aktionsplan für die Stadt München, 1. Fortschreibung, Oktober 2007.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).
- SHP, Lohmeyer (2012): Landeshauptstadt Hannover, Optimierung der Verkehrsabläufe auf den besonders luftschadstoffbelasteten Strecken im Stadtgebiet – Pilotprojekt Marienstraße/Sallstraße. Fachgutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Hannover, Fachbereich Tiefbau. Bearbeitung: SHP Ingenieure, Hannover und Ingenieurbüro Lohmeyer, Radebeul.
- TREMOT (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung "Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030". Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.
- UBA (2010): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 3.1/Februar 2010. Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS AG Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit IFEU Heidelberg. Hrsg.: Umweltbundesamt Berlin. <http://www.hbefa.net/>.

UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.

VDI (2003): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, November 2003.

A N H A N G A 1

BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN

KFZ-STRASSEN

A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

A1.1 Grenzwerte

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

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit NO_2 , PM_{10} und $\text{PM}_{2,5}$ von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM_{10} und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

Ergänzend zu diesen Grenzwerten nennt die 39. BImSchV Toleranzmargen; das sind in jährlichen Stufen abnehmende Werte, um die der jeweilige Grenzwert innerhalb festgesetzter Fristen überschritten werden darf, ohne in Deutschland die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Diese Werte werden als Übergangsbeurteilungswerte bezeichnet, sofern sie aufgrund der zeitlichen Zusammenhänge in den Betrachtungen der Planungen Berücksichtigung finden.

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden auch Zielwerte für $\text{PM}_{2,5}$, Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM_{10} -Fraktion über ein Kalenderjahr

gemittelt festgesetzt. Ein Zielwert ist die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, um die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern. Die verkehrsbedingten Zusatzbelastungen dieser genannten Schadstoffe liegen selbst an stark befahrenen Hauptverkehrsstraßen meist deutlich unterhalb der Hintergrundbelastung und werden deshalb ebenfalls nicht mitbetrachtet.

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM ₁₀)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM ₁₀)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM _{2,5})	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	ab 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	seit 2005

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

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit der 39. BImSchV in nationales Recht umgesetzt. In der 39. BImSchV wurden u.a. die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben wurden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM_{2,5} (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner 2,5 µm), der ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist. Für davor liegende Jahre werden Toleranzmargen genannt, die hier im Kap. A1.2 beschrieben werden.

A1.2 Vorsorgewerte für PM_{2,5}

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

Die 39. BImSchV weist als Zielwert einen $\text{PM}_{2,5}$ -Jahresmittelwert von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus, der bereits heute eingehalten werden sollte und ab dem Jahr 2015 ein Grenzwert wird.

Für den Immissionsgrenzwert für $\text{PM}_{2,5}$ von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ab dem Jahr 2015 wurde eine Toleranzmarge von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erlassen, die sich ab dem 1. Januar 2009 in jährlichen Stufen um ein Siebentel (ca. $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) vermindert. Diese Toleranzmarge darf überschritten werden, ohne die Erstellung von Luftreinhalteplänen zu bedingen. Der jeweilige jährliche Wert wird hier als Übergangsbeurteilungswert bezeichnet.

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche $\text{PM}_{2,5}$ -Exposition von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche $\text{PM}_{2,5}$ -Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche $\text{PM}_{2,5}$ -Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2020 erreicht werden.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

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

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

A N H A N G A2
FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG

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

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

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

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

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

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO_x -Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10% bis 20% für Autobahnen bzw. Innerorts-

straßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

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

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

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

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

A N H A N G A3
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

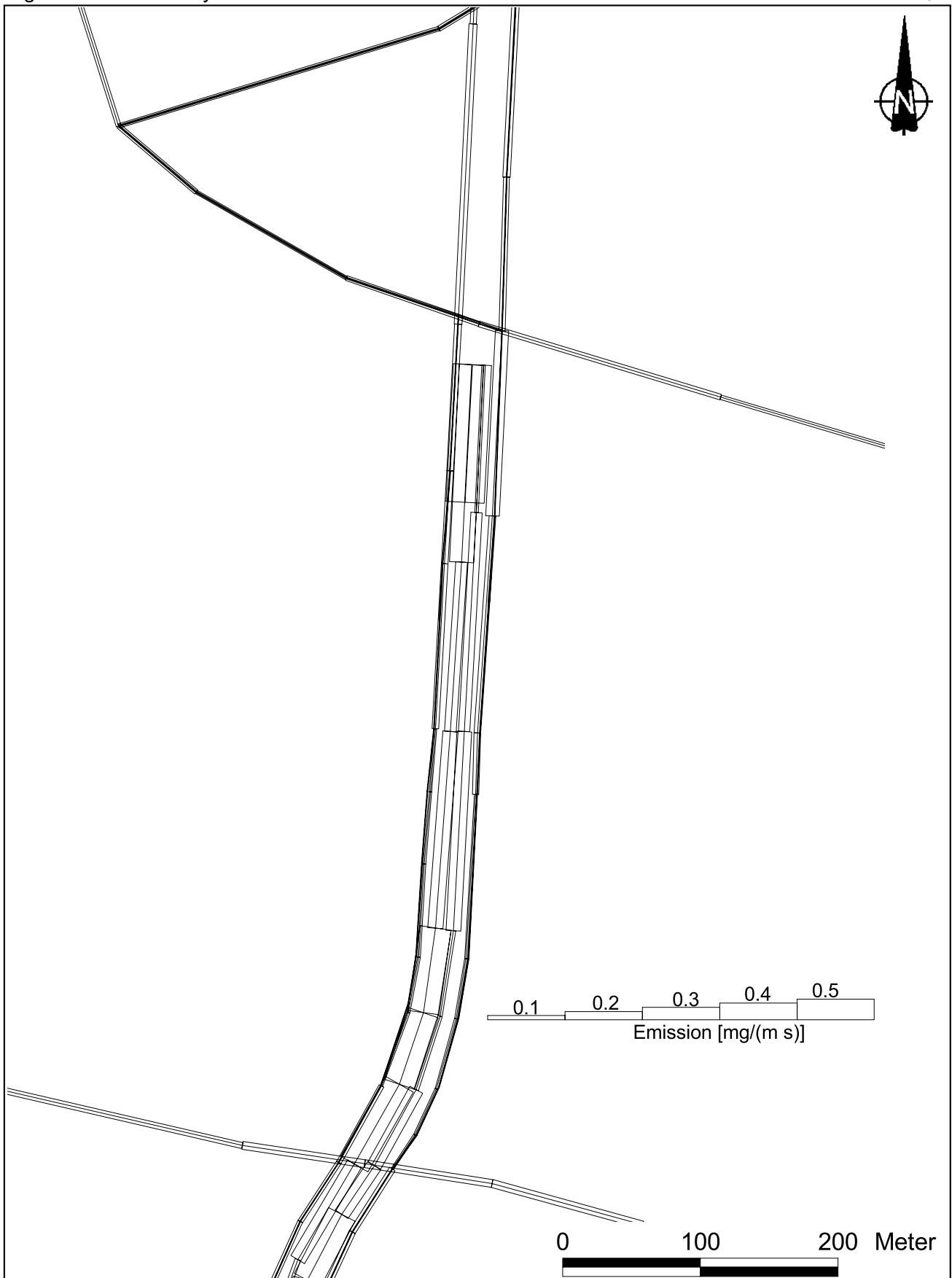


Abb. A3.1: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Ist-Zustand 2011

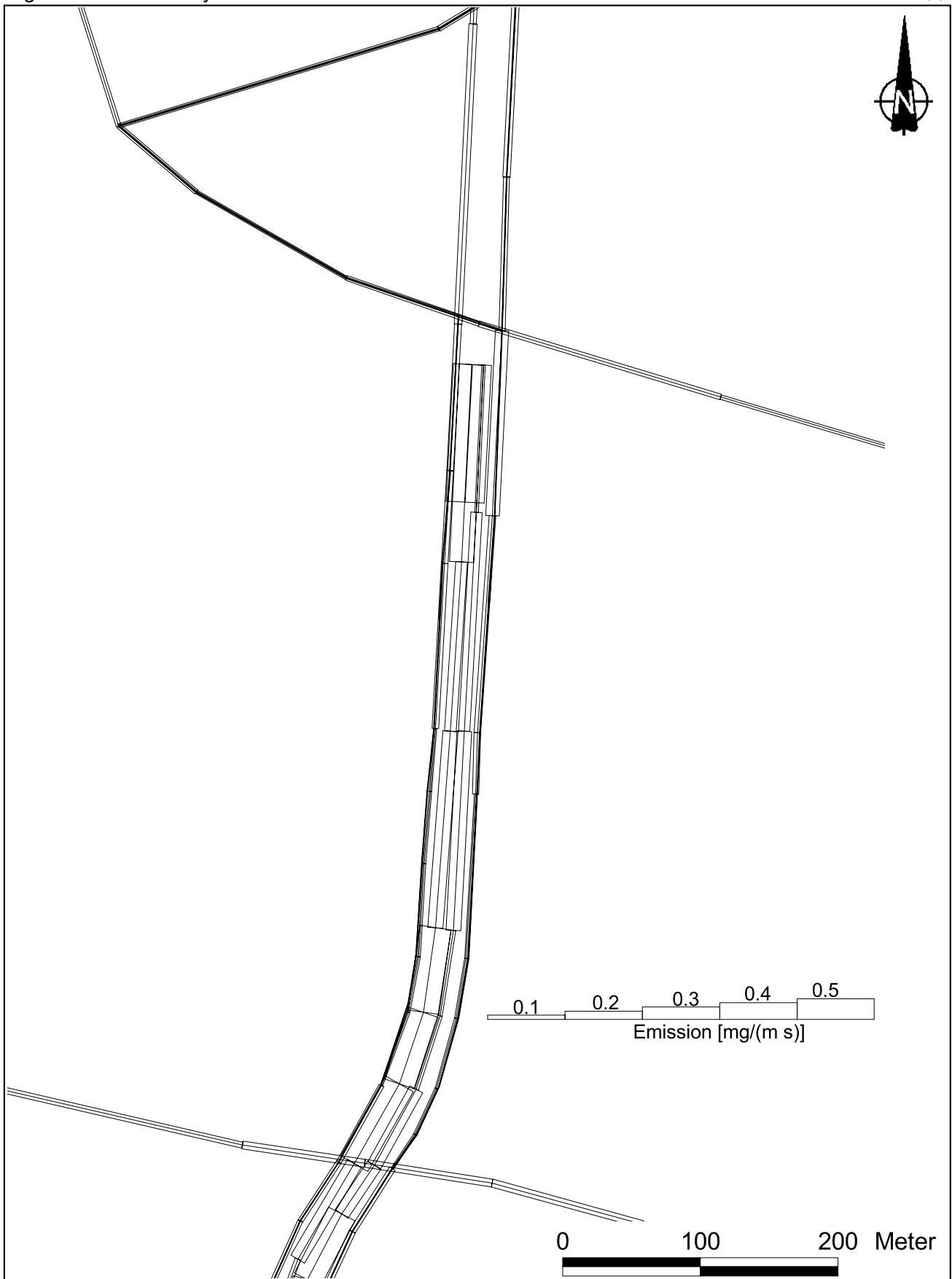


Abb. A3.2: Mittlere NOx-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V1 (Tempolimit 60 km/h, überwacht)

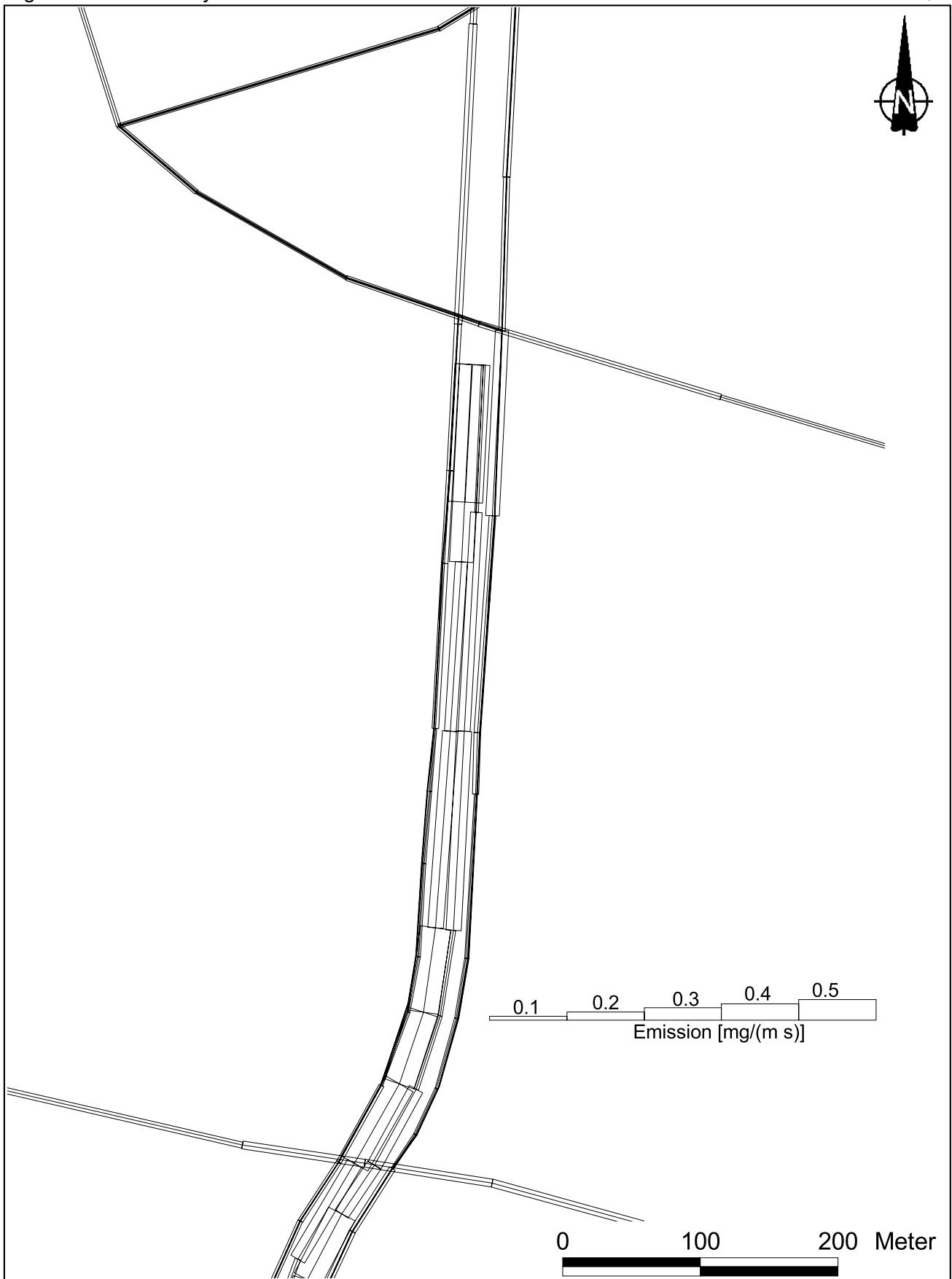


Abb. A3.3: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V2 (Tempolimit 50 km/h, nicht überwacht)

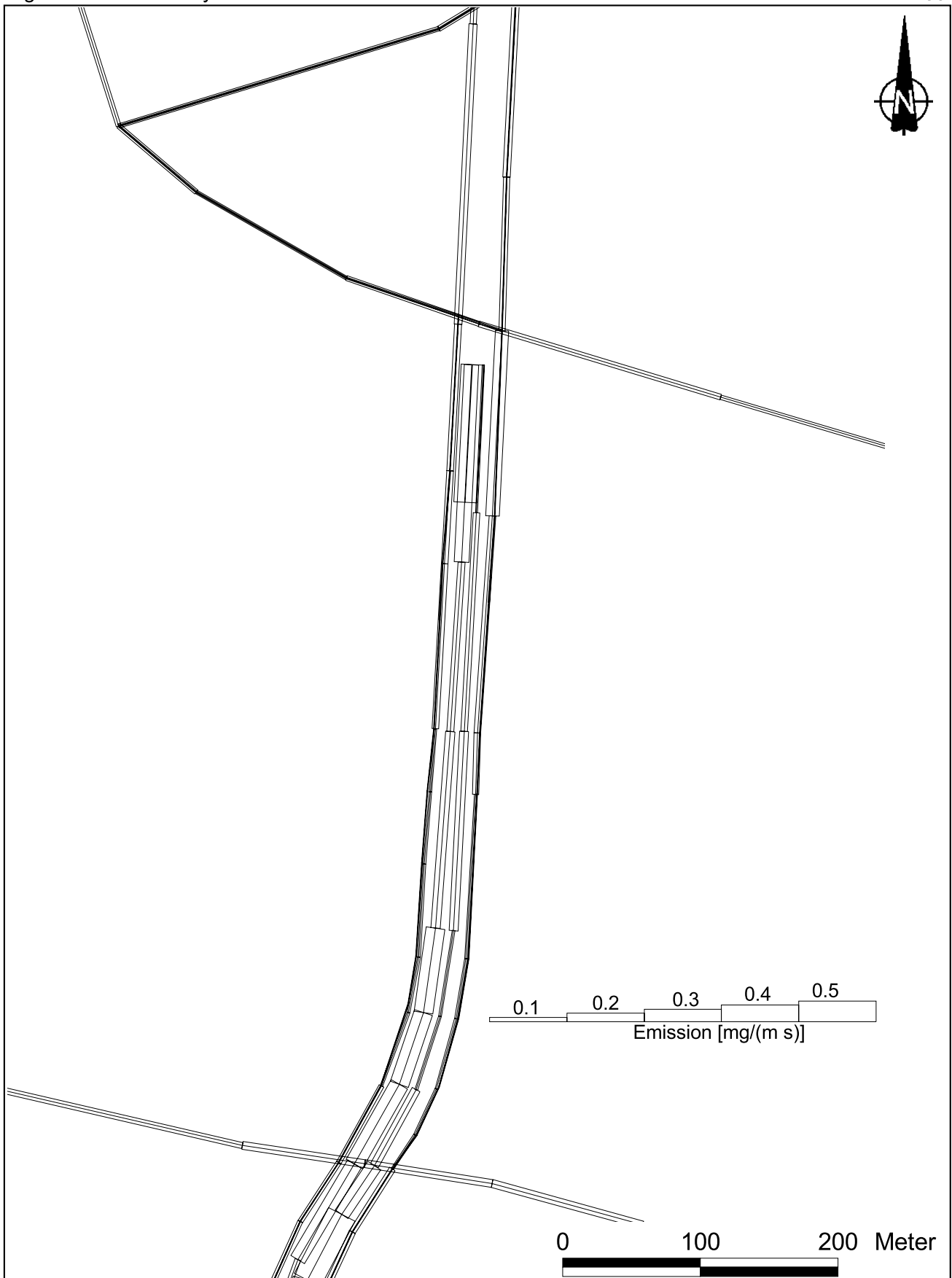


Abb. A3.4: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V3 (Tempolimit 50 km/h, überwacht)

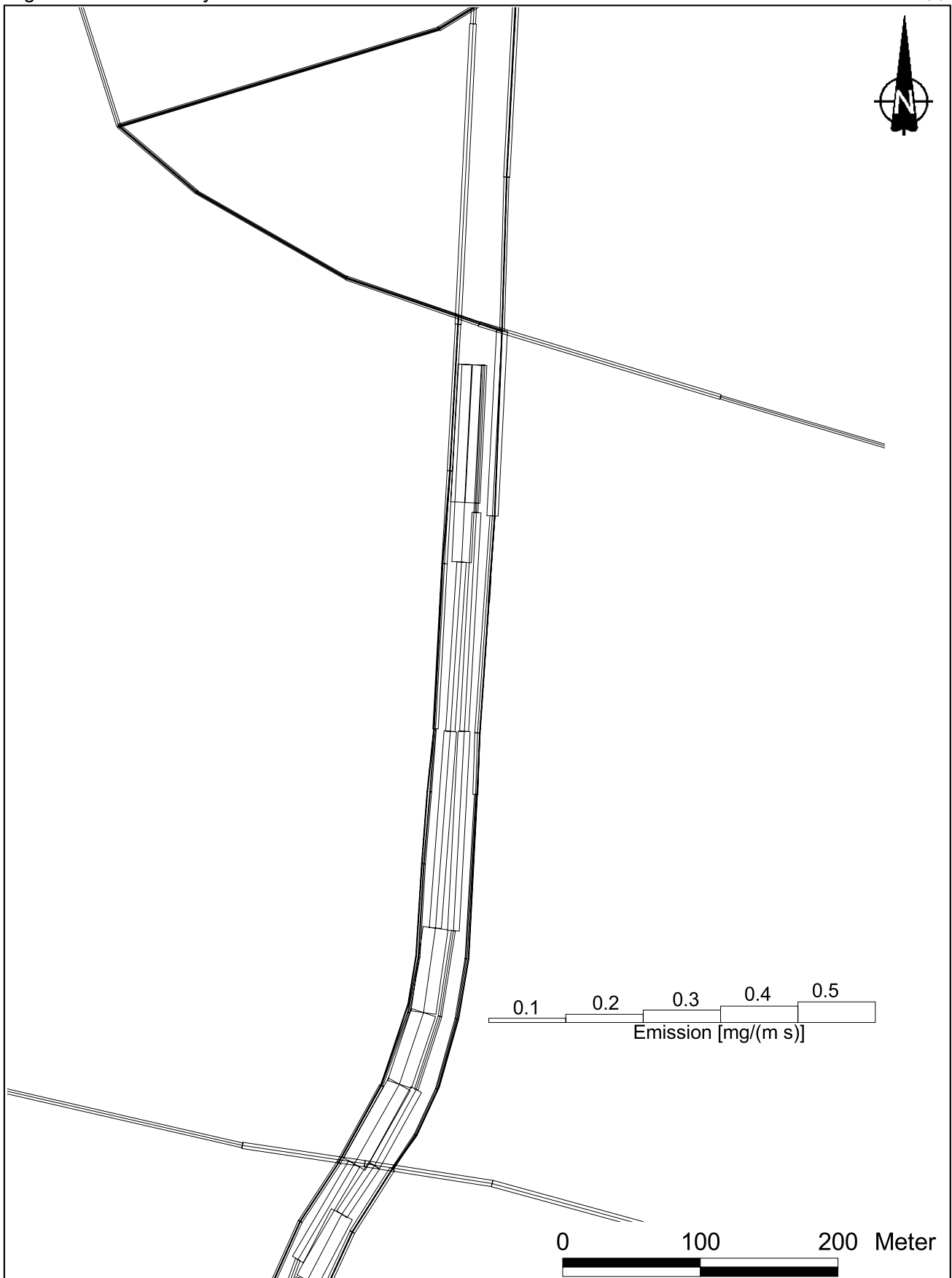


Abb. A3.5: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Nullfall 2015

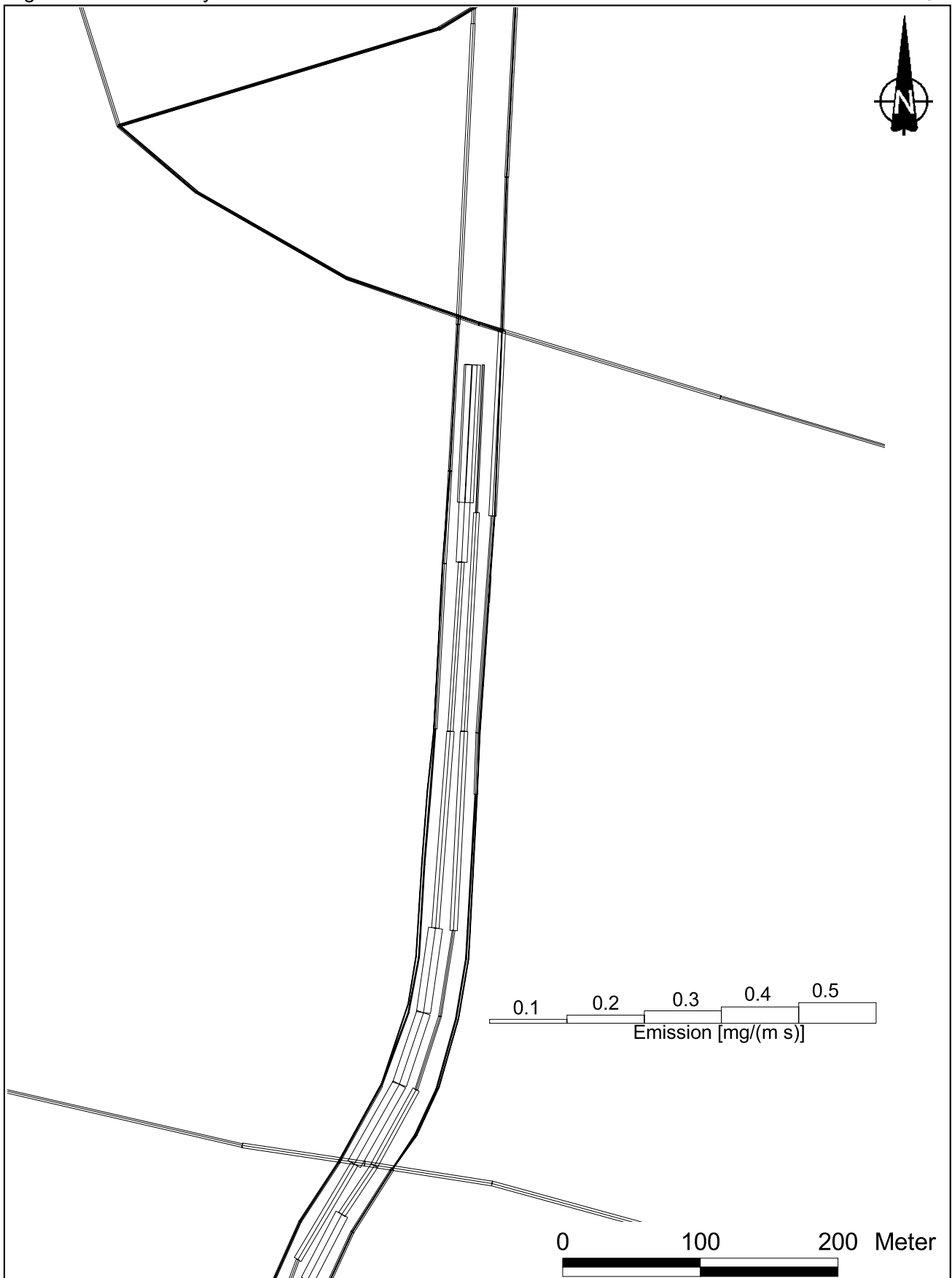


Abb. A3.6: Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Nullfall 2020

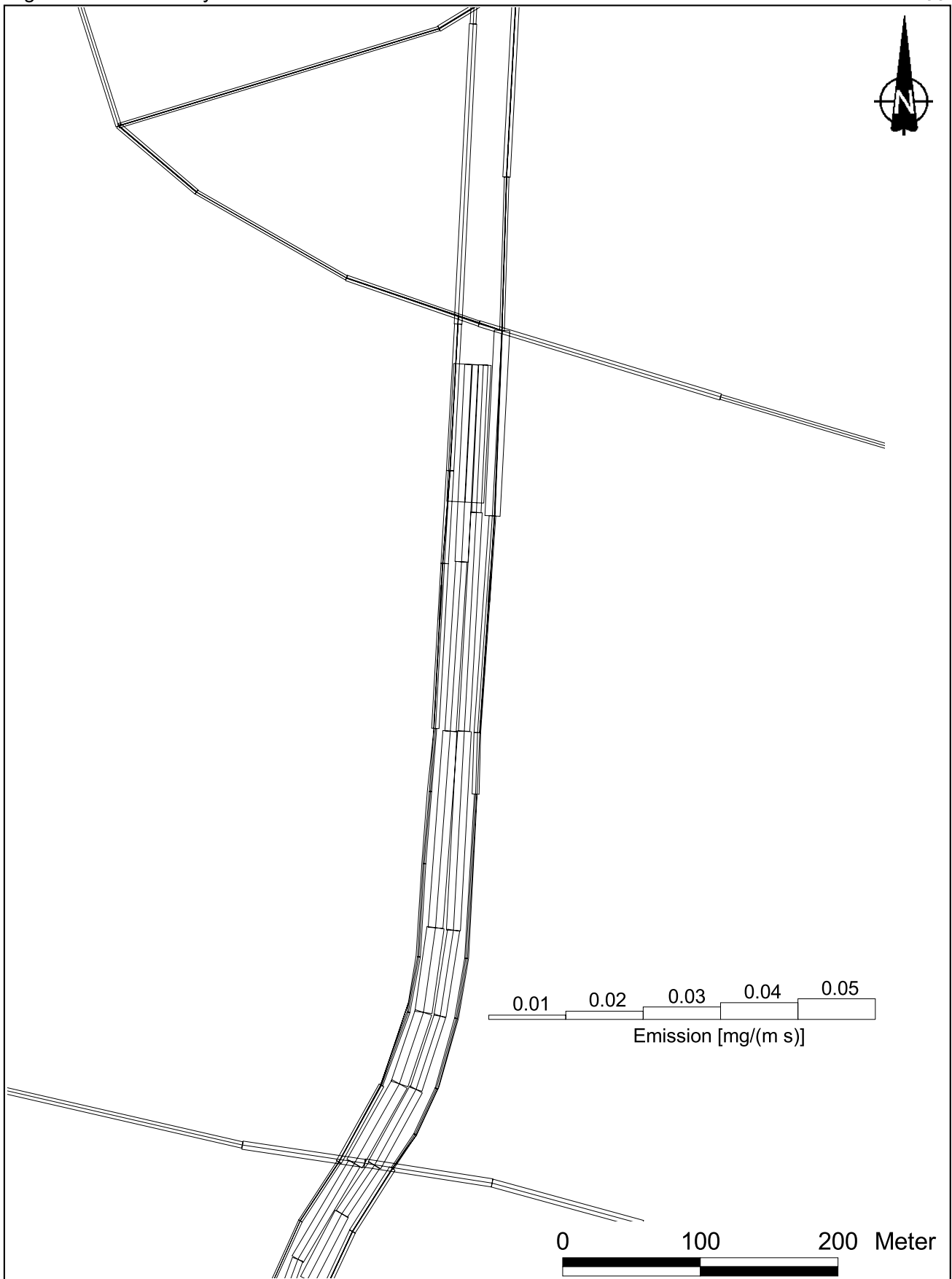


Abb. A3.7: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Ist-Zustand 2011

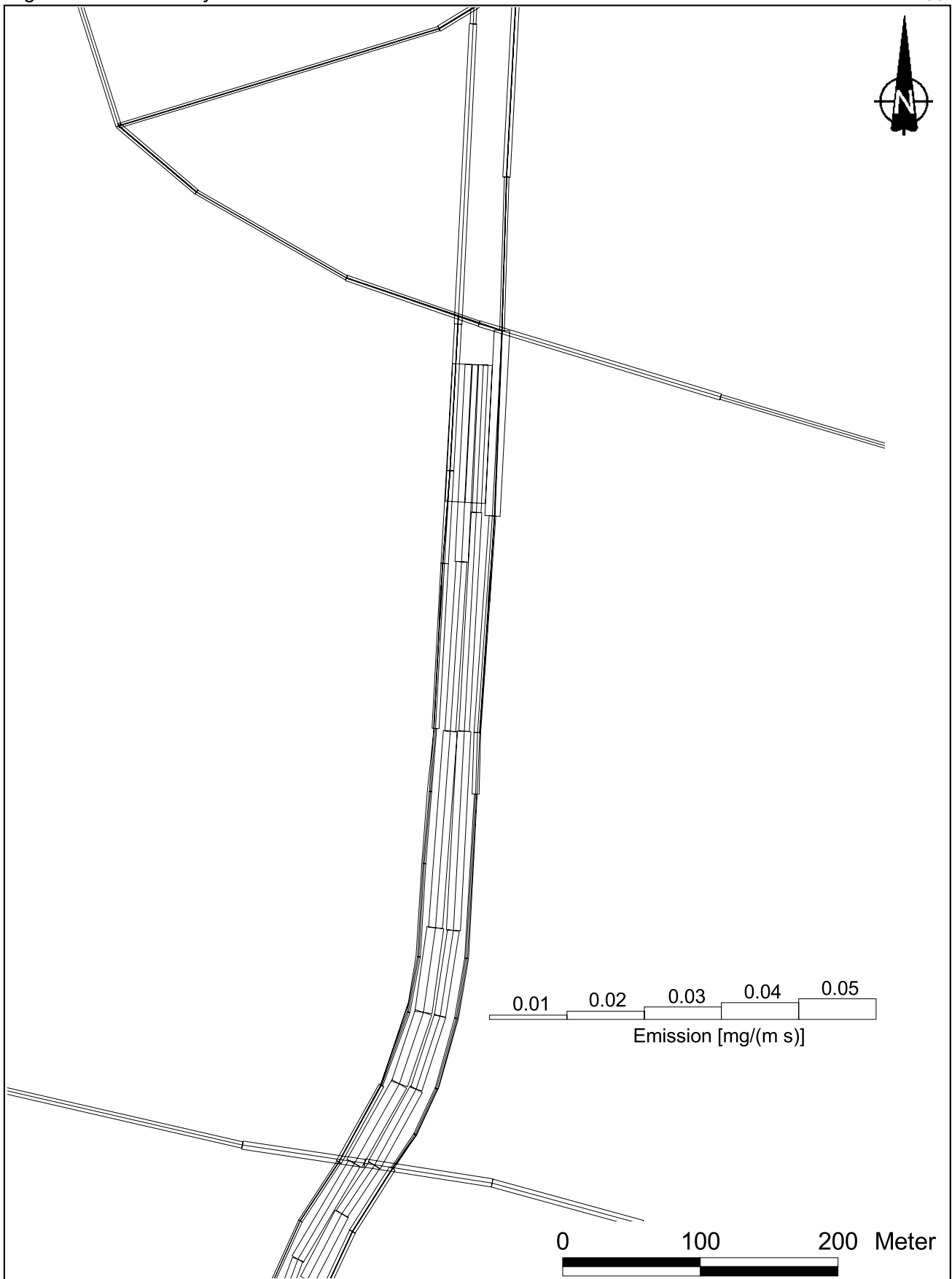


Abb. A3.8: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V1 (Tempolimit 60 km/h, überwacht)

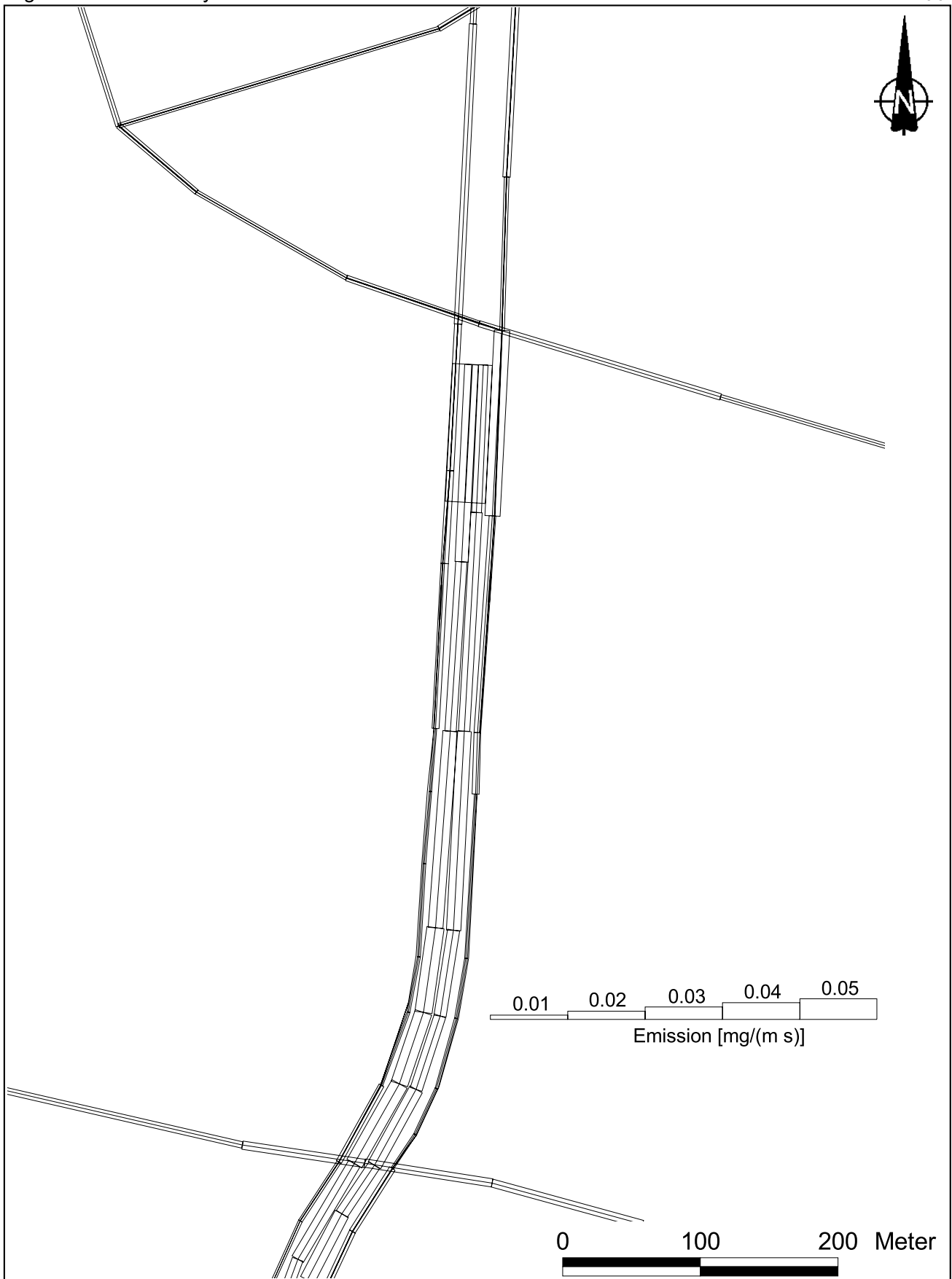


Abb. A3.9: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V2 (Tempolimit 50 km/h, nicht überwacht)

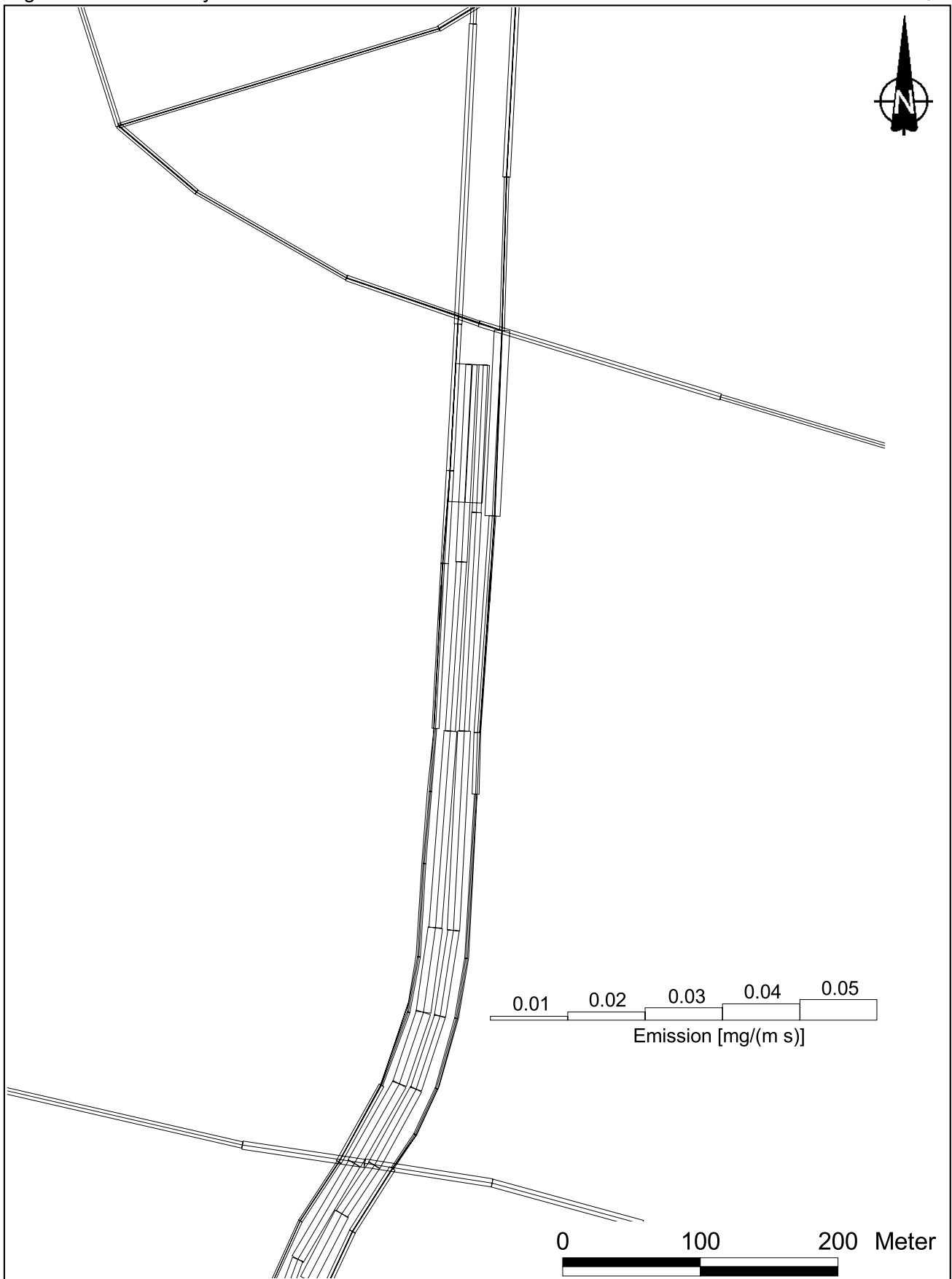


Abb. A3.10: Mittlere PM₁₀-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V3 (Tempolimit 50 km/h, überwacht)

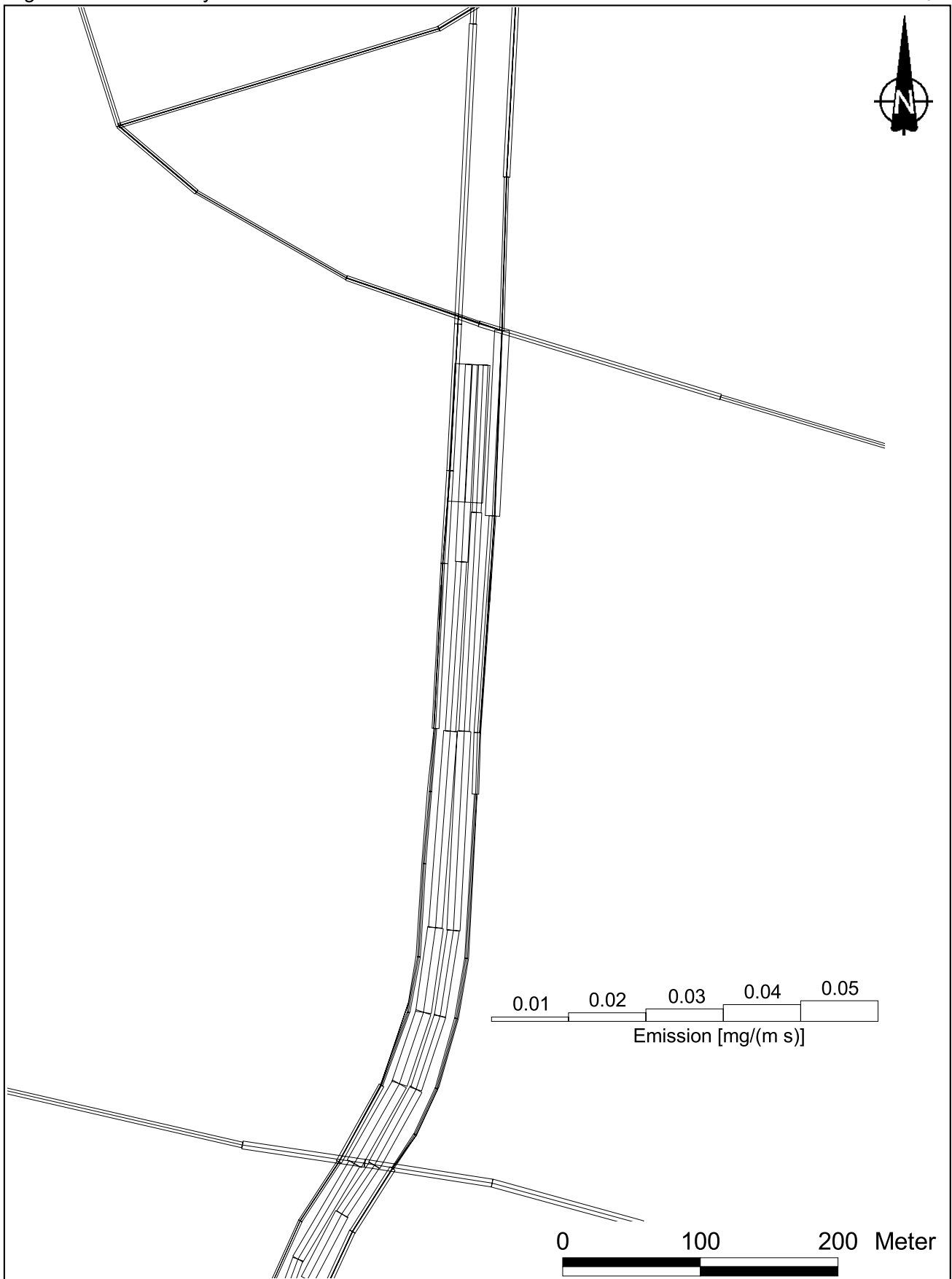


Abb. A3.11: Mittlere PM10-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Nullfall 2015

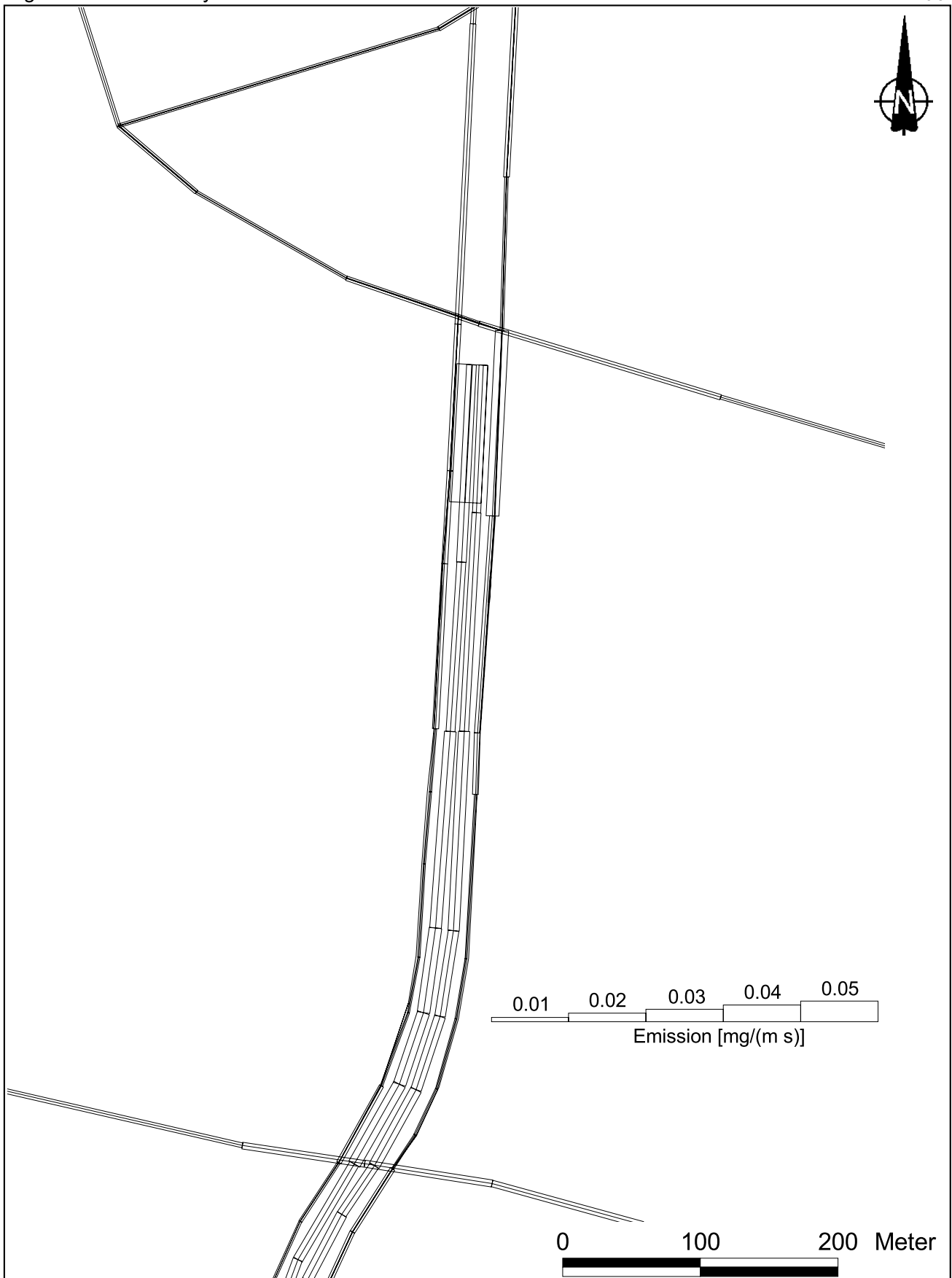


Abb. A3.12: Mittlere PM₁₀-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Nullfall 2020

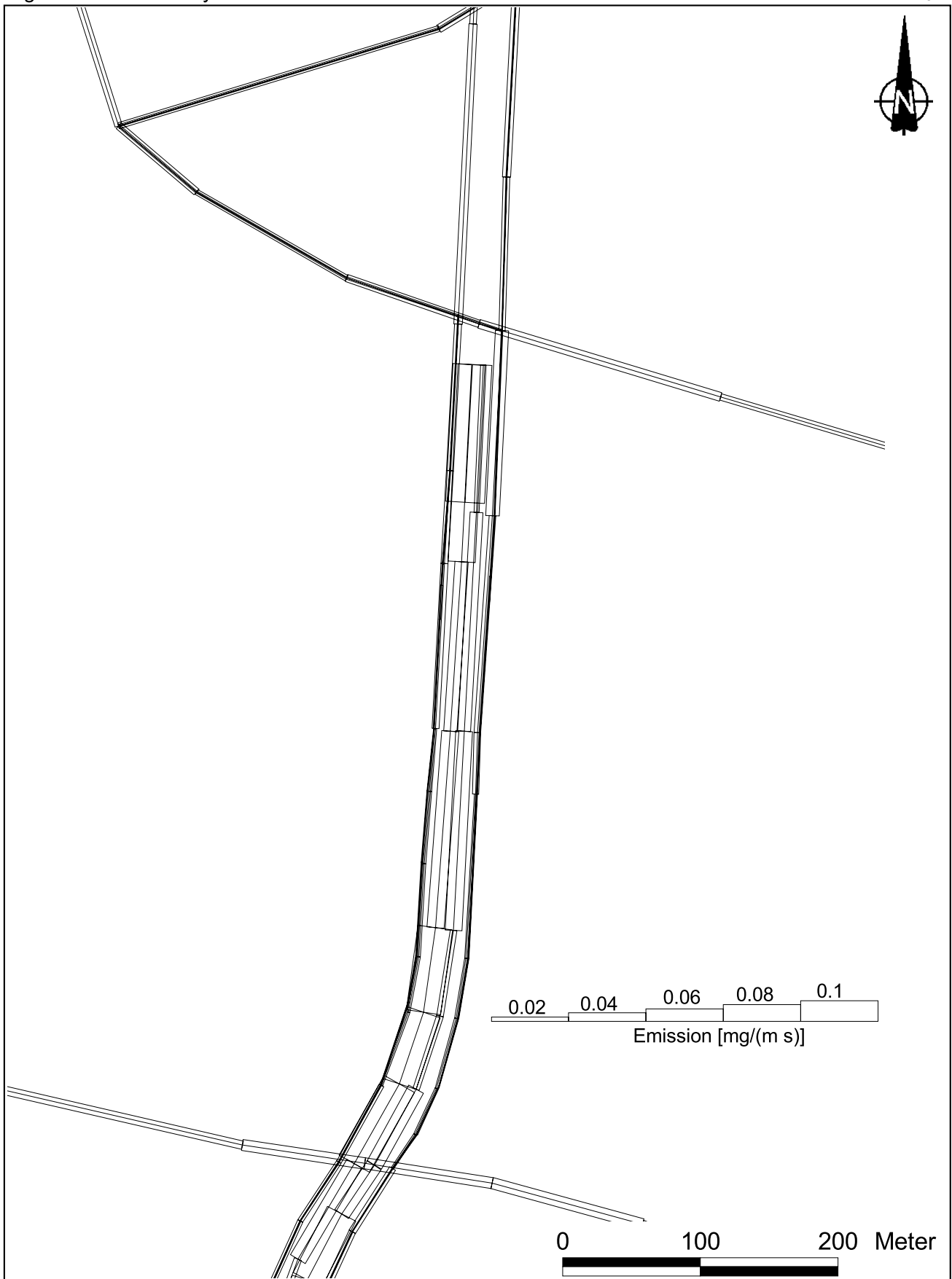


Abb. A3.13: Mittlere verkehrsbedingte direkte NO_2 -Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Ist-Zustand 2011

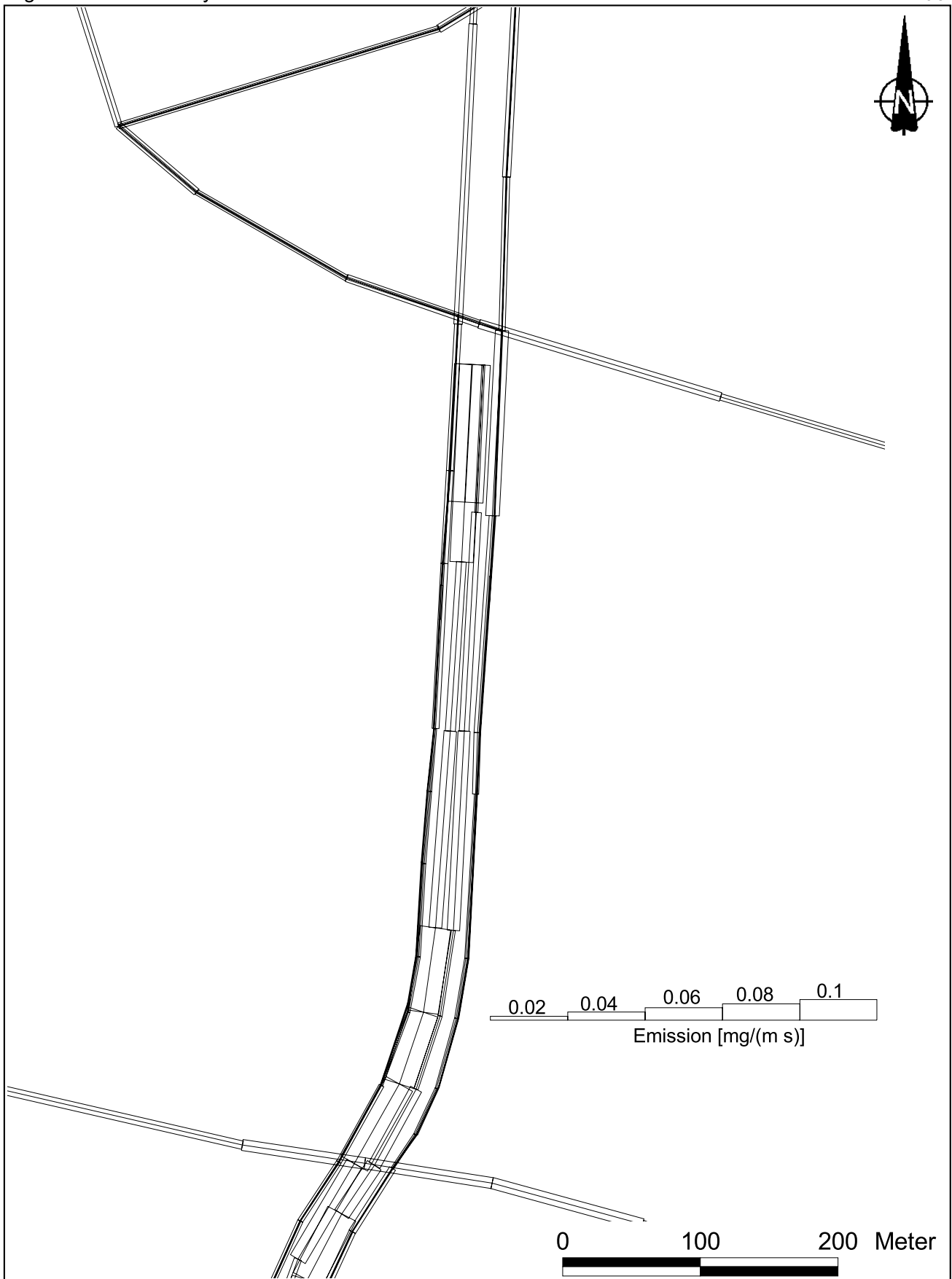


Abb. A3.14: Mittlere verkehrsbedingte direkte NO₂-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V1 (Tempolimit 60 km/h, überwacht)

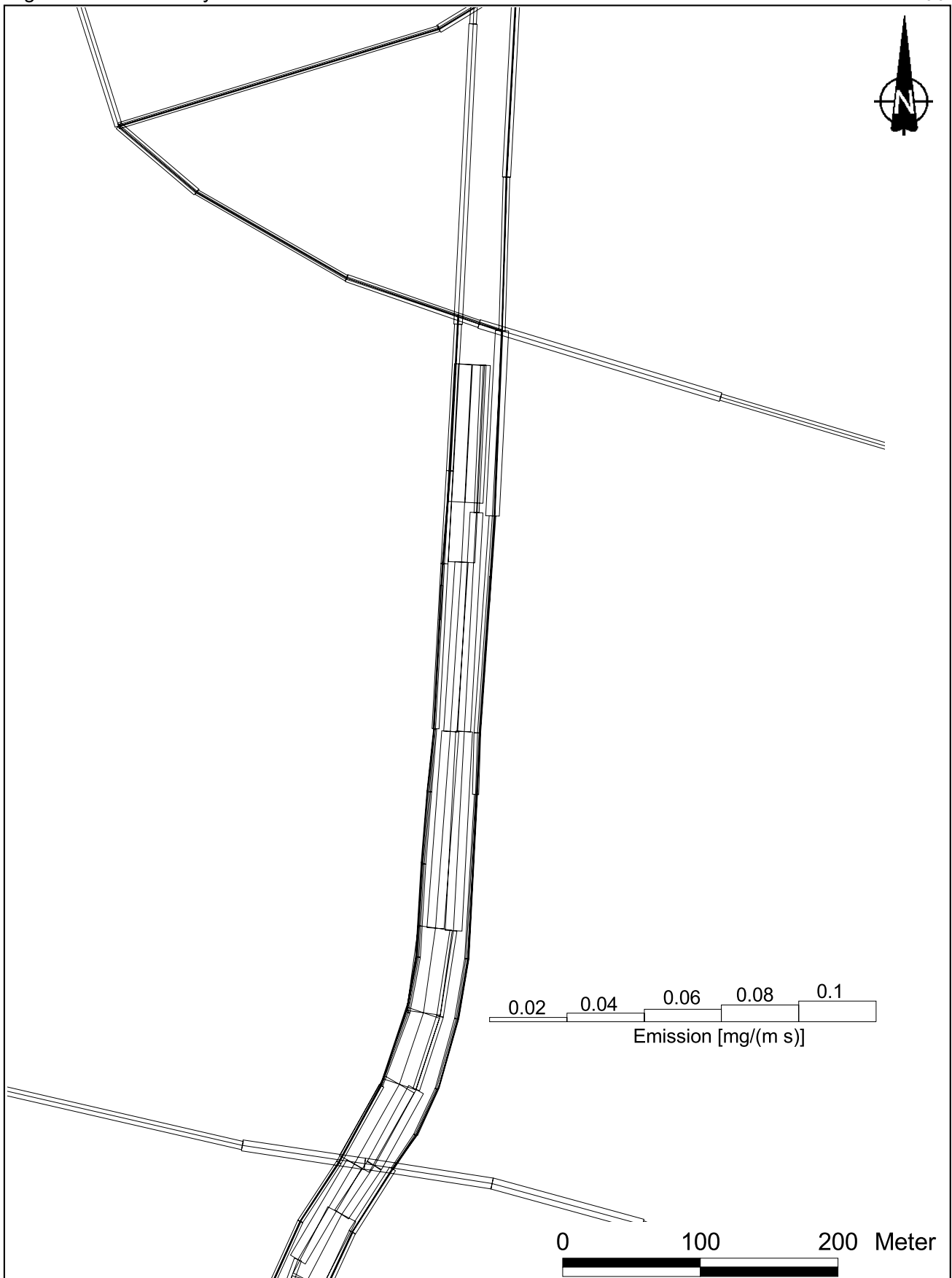


Abb. A3.15: Mittlere verkehrsbedingte direkte NO₂-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V2 (Tempolimit 50 km/h, nicht überwacht)

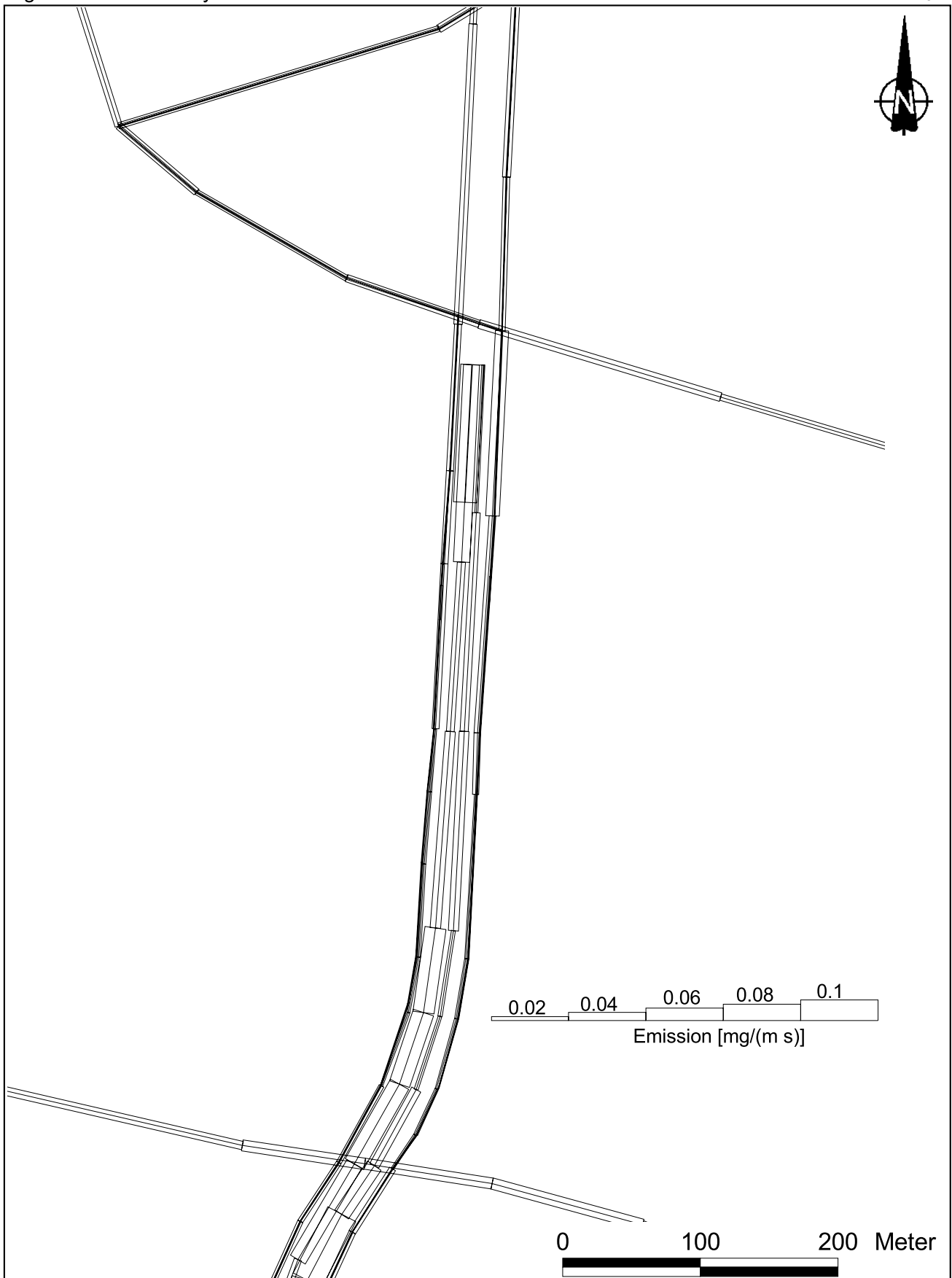


Abb. A3.16: Mittlere verkehrsbedingte direkte NO₂-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für die Variante V3 (Tempolimit 50 km/h, überwacht)

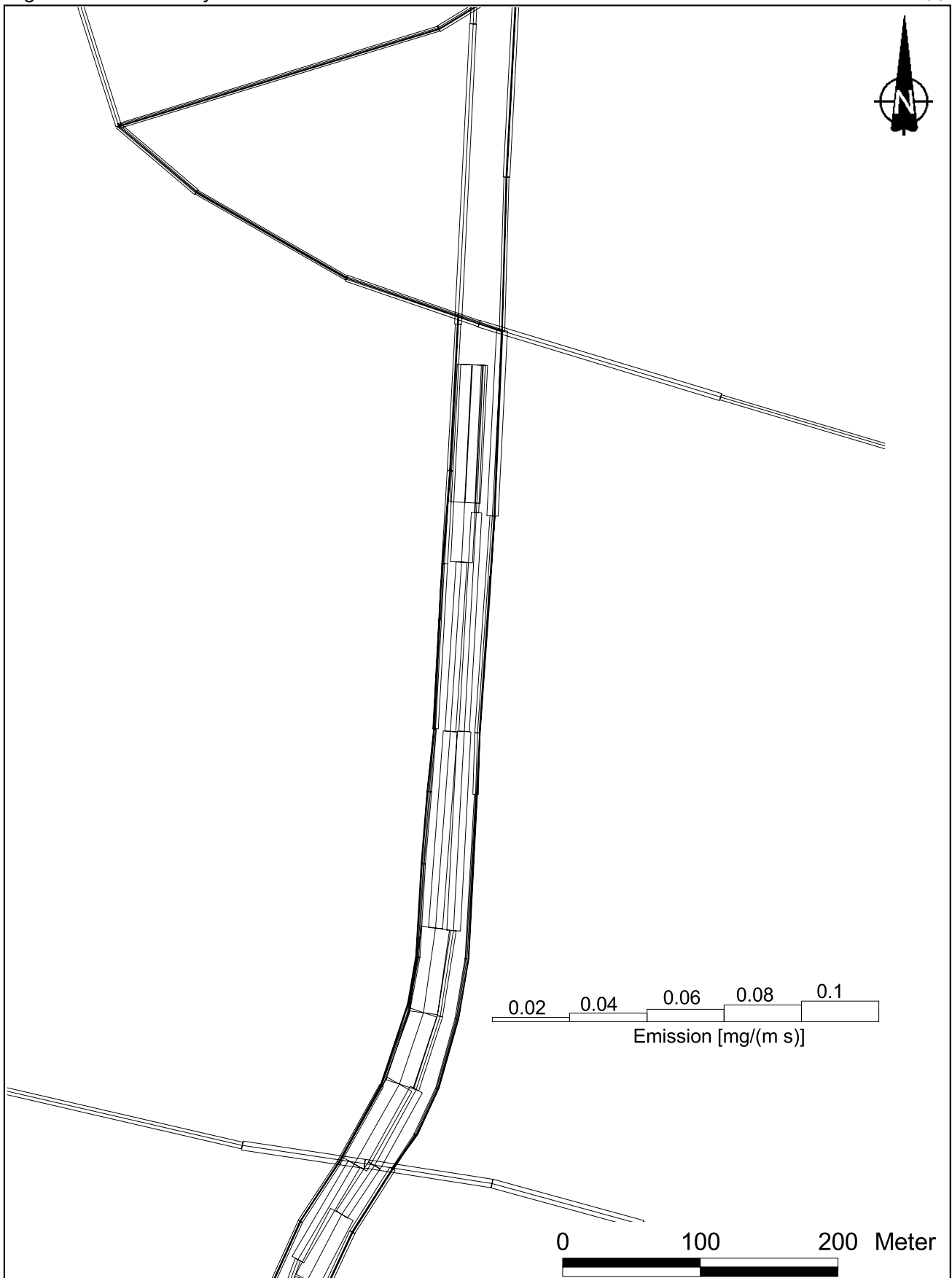


Abb. A3.17: Mittlere verkehrsbedingte direkte NO₂-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Nullfall 2015

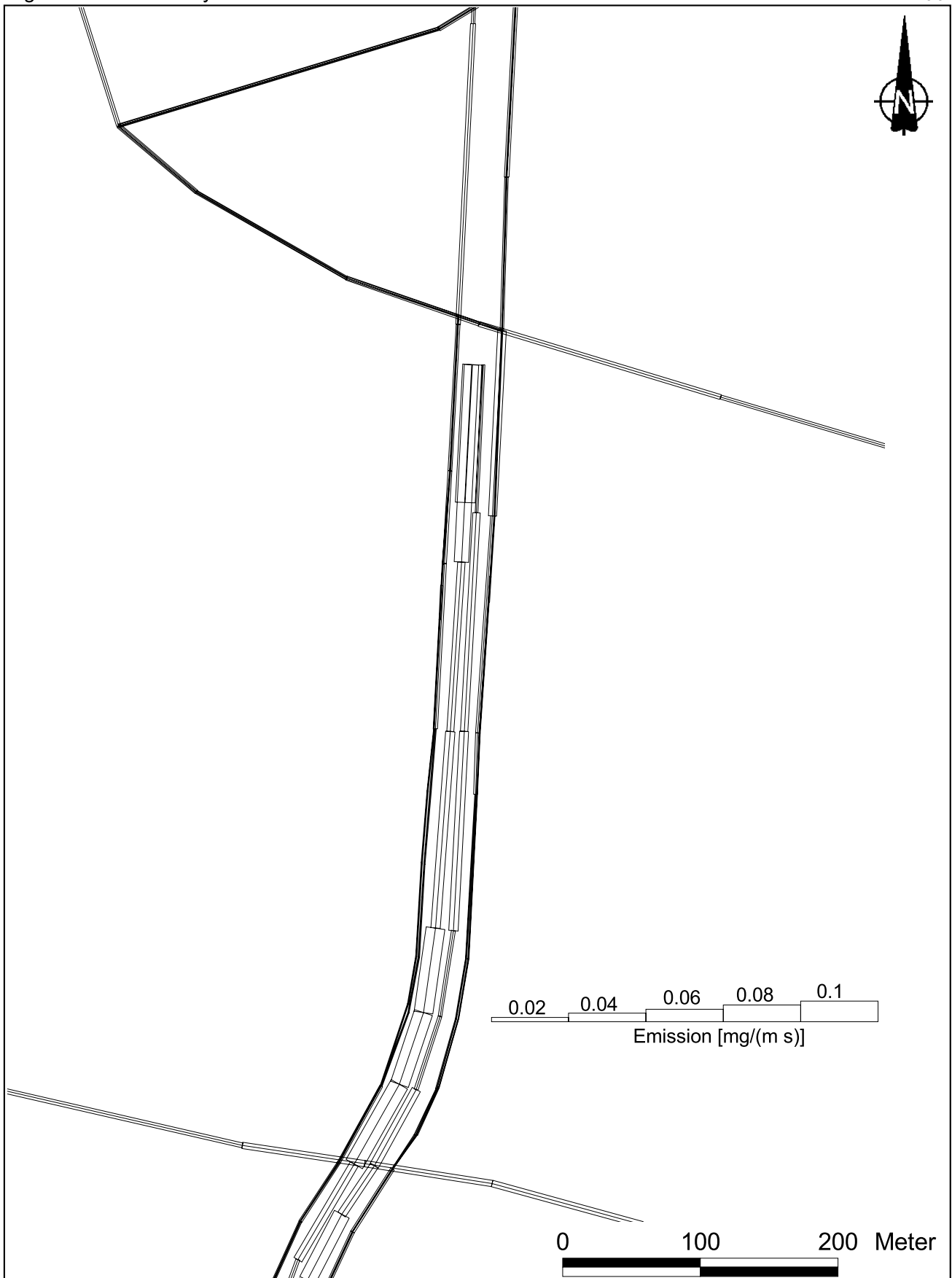


Abb. A3.18: Mittlere verkehrsbedingte direkte NO₂-Emissionsdichte auf der Landshuter Allee und den querenden Straßen für den Nullfall 2020