

**Ingenieurbüro Lohmeyer
GmbH & Co. KG**

**Immissionsschutz, Klima,
Aerodynamik, Umweltsoftware**

An der Roßweid 3, D - 76229 Karlsruhe

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

Telefax: +49 (0) 721 / 6 25 10 30

E-Mail: info.ka@lohmeyer.de

URL: www.lohmeyer.de

Büroleiter: Dr.-Ing. Thomas Flassak

WIRKUNGSBETRACHTUNGEN FÜR EINE UMWELTSPURREGELUNG IM BEREICH DER RHEINALLEE IN DER LANDESHAUPTSTADT MAINZ

Auftraggeber: Landeshauptstadt Mainz
Grün- und Umweltamt
Geschwister-Scholl-Straße 4
55131 Mainz

Dr. rer. nat. R. Hagemann
Dipl.-Geogr. T. Nagel

Dr.-Ing. Th. Flassak

Mai 2020
Projekt 63831-18-01
Berichtsumfang 42 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	2
2 AUFGABENSTELLUNG	4
3 VORGEHENSWEISE	5
3.1 Berechnungsverfahren MISKAM	5
3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	7
4 EINGANGSDATEN	8
4.1 Verkehrsdaten	11
4.2 Meteorologische Daten	11
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung	13
5 EMISSIONEN	17
5.1 Betrachtete Schadstoffe	17
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	17
6 ERGEBNISSE	21
7 LITERATUR	29
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	34
A2 FEHLERDISKUSSION FÜR IMMISSIONSBERECHNUNG	38
A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	41

Hinweise:

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

Die Tabellen und Abbildungen sind kapitelweise durchnummeriert.

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

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

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN

Emission / Immission

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

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

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

Grenzwerte / Vorsorgewerte

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

Jahresmittelwert / Kurzzeitwert (Äquivalentwert)

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

1 ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge der Fortschreibung des Luftreinhalteplans wird in der Landeshauptstadt Mainz aufgrund von messtechnisch mittels Passivsammlermessung erfassten Konflikten mit dem Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte die Einführung einer Umweltspurregelung entlang der Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee im Bereich zwischen Kaiserstraße und Große Bleiche in Erwägung gezogen. Die Umweltspurregelung ist einseitig auf der südwestlichen Fahrbahnseite mit angrenzender Randbebauung vorgesehen. Für genaue Ausgestaltung einer möglichen Umweltspur wurden verschiedene Varianten ausgearbeitet. Hinsichtlich des Ziels einer schnellstmöglichen Gewährleistung des Grenzwertes wird in der vorliegenden Untersuchung diese Variante betrachtet, die mit geringen baulichen Eingriffen kurzfristig umgesetzt werden kann. Das ist eine Umweltspurregelung im Abschnitt zwischen Kaiserstraße und Diether-von-Isenburg-Straße.

Für diese Planungen waren Immissionsberechnungen für die NO₂-Belastungen mittels MISKAM vor und nach Einrichtung der Umweltspuren durchzuführen, um die zu erwartenden jahresbezogenen Immissionswirkungen und deren Intensität zu ermitteln.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Kfz-Verkehr auf den Straßen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Gebäudeumströmungen betrachtet. Aus den Verkehrsbelegungsdaten wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA4.1, Stand 2019) und der lokalen PKW-Flotte für Mainz für den Referenzfall 03/2019-02/2020 sowie für den Prognosenullfall mit Tempo-30-Regelung und den Planfall mit zusätzlicher Umweltspurregelung im Bezugsjahr 2021 die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet. Unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung werden Ausbreitungsrechnungen durchgeführt.

Die Umweltspur ist nur für Linienbusse, Schulbusse, Taxis sowie Fahrradverkehr freigegeben.

Für die Ausarbeitung wurden fahrspurfeine Verkehrszählraten übergeben. Mit diesen Angaben und den daraus abgeleiteten Gesamtschadstofffreisetzungen konnte abgeleitet werden, dass für die Rheinallee mit der geplanten Tempo-30-Regelung gegenüber den derzeitigen Verhältnissen eine Verringerung der Stickoxidemissionen um ca. 23% erwartbar ist. Mit einer möglichen zusätzlichen Umweltspurregelung sind nur geringfügige Änderungen der Stickoxi-

demissionen, verbunden. Allerdings führt die Umweltspurregelung zu einem räumlichen Abrücken der intensiven Schadstofffreisetzung um eine Fahrspur von der Randbebauung.

Für die Rheinallee ist festzuhalten, dass im Referenzfall für die bestehenden Verhältnisse im Straßenzug der Rheinallee an der Randbebauung NO_2 -Jahresmittelwerte überwiegend über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und vereinzelt bis $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet werden; mit $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind am Standort des NO_2 -Passivsammlers Rheinallee 3B in Messhöhe vergleichbare Konzentrationen dargestellt. Das entspricht einer deutlichen Überschreitung des in der 39. BImSchV genannten Konzentrationswertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel.

Im Prognosenullfall mit Tempo-30-Regelung sind im Straßenzug der Rheinallee verringerte NO_2 -Jahresmittelwerte prognostiziert, dabei sind am Messstandort Rheinallee 3B die NO_2 -Immissionen in Messhöhe mit $41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet; an der Randbebauung ist keine Konzentration über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet.

Diese Zusammenhänge werden im Planfall mit zusätzlicher Umweltspurregelung weiter unterstützt und stabilisiert. Dabei sind am Standort des Passivsammlers an der Rheinallee 3B die NO_2 -Jahresmittelwerte in Messhöhe mit $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

2 AUFGABENSTELLUNG

Im Zuge der Fortschreibung des Luftreinhalteplans wird in der Landeshauptstadt Mainz aufgrund von messtechnisch mittels Passivsammlermessung erfassten hohen NO_2 -Konzentrationen, die auf Konflikte mit dem Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte deuten, die Einführung einer Umweltspurregelung entlang der Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee im Bereich zwischen Kaiserstraße und Große Bleiche in Erwägung gezogen. Die Umweltspurregelung ist einseitig auf der südwestlichen Fahrbahnseite mit angrenzender Randbebauung vorgesehen. Für genaue Ausgestaltungen einer möglichen Umweltspur wurden verschiedene Varianten ausgearbeitet. Hinsichtlich des Ziels einer schnellstmöglichen Einhaltung des Grenzwertes wird in der vorliegenden Untersuchung diese Variante betrachtet, die mit geringen baulichen Eingriffen kurzfristig umgesetzt werden kann. Das ist eine Umweltspurregelung im Abschnitt zwischen Kaiserstraße und Diether-von-Isenburg-Straße.

Für diese Planungen sollen Immissionsberechnungen für die NO_2 -Belastungen mittels MISKAM ohne und mit Einrichtung der Umweltspurregelung durchgeführt werden, um eine Prognose der zu erwartenden jahresbezogenen Immissionswirkungen und deren Intensität zu erstellen.

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, welchen Einfluss der Kfz-Verkehr auf die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verursacht. 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 NO₂ und PM10 die 22. BImSchV ersetzt.

Die vorliegende Untersuchung konzentriert sich in Form einer Schadstoffleitkomponentenbetrachtung unter Berücksichtigung der o.g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus auf den v.a. vom Straßenverkehr geprägten Schadstoff Stickoxide. Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂, Kohlenmonoxid CO und Feinstaubpartikel PM10, PM2.5 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 des städtischen Standortes 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 für die Aufgabenstellung zur Verfügung gestellt wurden.

Die digital erfassten Gebäudekataster für den derzeitigen baulichen Zustand werden für die Strömungsberechnungen je Betrachtungsgebiet in ein rechteckiges Rechengitter überführt. Die Ausdehnung des Rechengitters setzt die Vorgaben der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017) um. Das Rechengitter für den Bereich der Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee besteht aus 344 x 252 Boxen in horizontaler Richtung und umfasst eine Ausdehnung von ca. 1 000 m x 600 m. Es wird ein nichtäquidistantes Gitter verwendet, das in der Umgebung der geplanten Umweltspur eine feine horizontale Auflösung von 1 m aufweist und nach außen gröber wird. In

vertikaler Richtung reicht das Gitter mit 43 Schichten bis in eine Höhe von 500 m über Grund, wobei die Schichten in Bodennähe mit 0.6 m fein aufgelöst sind. Mit diesen Daten werden Windfeldberechnungen für alle Anströmungsrichtungen entsprechend den Windrichtungsangaben der Windstatistik durchgeführt.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden für das entsprechende Bezugsjahr 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 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht dem Stand der Technik. Sie basiert auf der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI 3782, Blatt 7, 2020).

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 Auftretshäufigkeit 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 NO₂-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktmissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-NO₂-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

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

3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

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

Schadstoff	Beurteilungswert	Jahresmittel in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	Grenzwert seit 2010	40

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

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

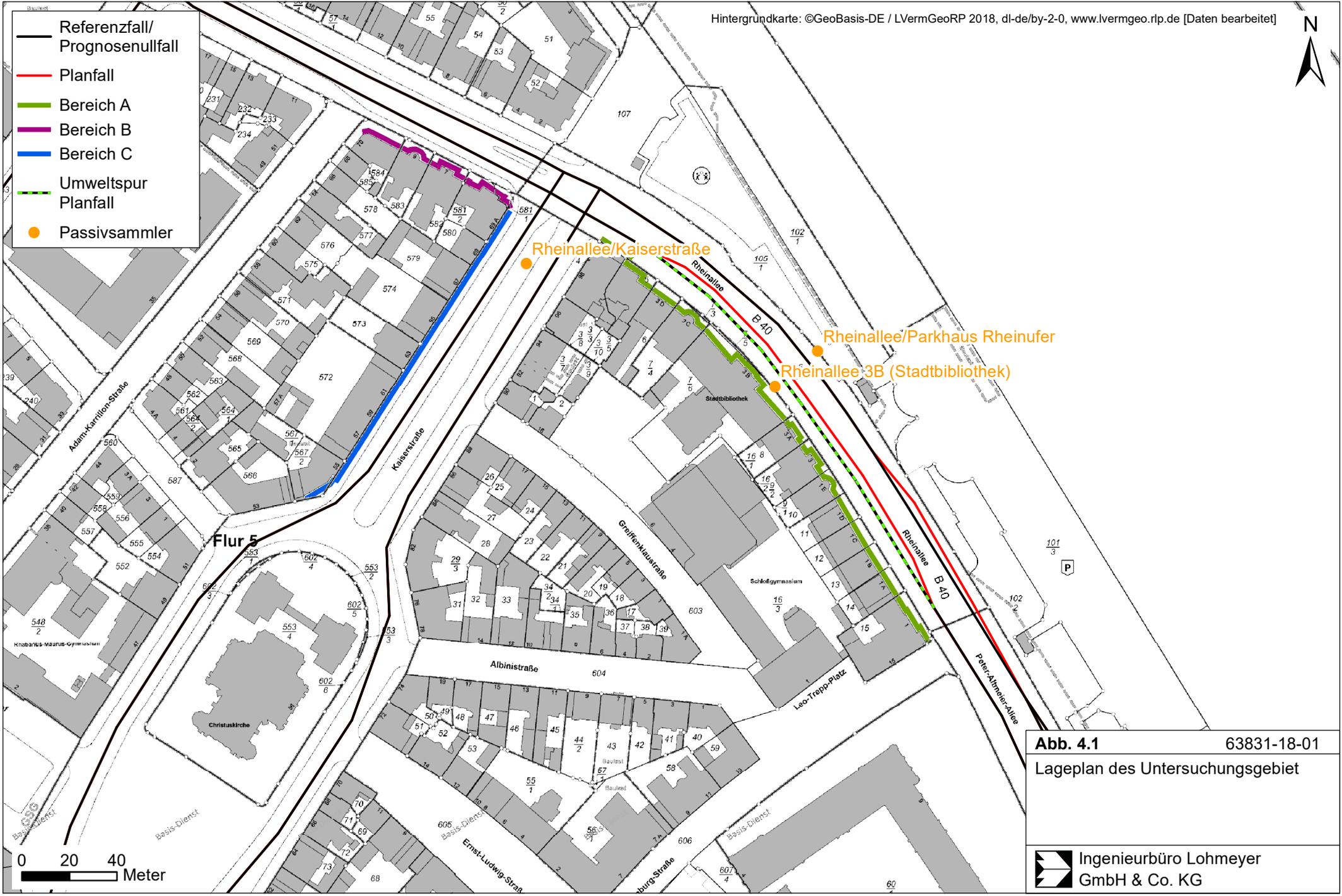
4 EINGANGSDATEN

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 Betrachtungsgebiet in Mainz wurden die genannten Lagedaten in Form von LOD2-Gebäudedaten übergeben.

Die Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee befindet sich im nordöstlichen Bereich des zentralen Stadtgebietes von Mainz und weist eine Orientierung von Nordwesten nach Südosten auf. Der zu betrachtende Bereich befindet sich zwischen der im Nordwesten gelegenen Kaiserstraße, die dort in die Rheinallee einmündet und im weiteren Verlauf nach Südwesten verläuft, und der Diether-von-Isenburg-Straße im Südosten, die von der Kreuzung mit der Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee nach Südwesten verläuft. Die Lageverhältnisse sind in **Abb. 4.1** aufgezeigt.

Südöstlich der Kreuzung mit der Kaiserstraße grenzt auf der Südseite der Rheinallee im Bereich A (Kaiserstraße 98, Rheinallee 3D bis Rheinallee 1) über eine Strecke von ca. 220 m geschlossene Randbebauung mit Gebäudehöhen zwischen ca. 21 m und ca. 32 m an; hier befindet sich auf Höhe der Stadtbibliothek (Rheinallee 3B) im Gehwegbereich ein NO₂-Passivsammler. Auf der Nordseite der Rheinallee befindet sich der Rhein mit überwiegend un bebauten Uferbereichen; hier befindet sich gegenüber der Stadtbibliothek ein Passivsammler am nordöstlichen Gehwegrand. Nordwestlich der Kreuzung der Rheinallee mit der Kaiserstraße befindet sich beidseitig der Rheinallee geschlossene Randbebauung, die sich auf der Südseite im Bereich B (Kaiserstraße 69A, Rheinallee 7 und Rheinallee 9, Adam-Karrillon-Straße 70) über eine Strecke von ca. 70 m erstreckt und Gebäudehöhen bis ca. 28 m aufweist. Für die beidseitige Randbebauung der Kaiserstraße (Kaiserstraße 69A bis Kaiserstraße 55) sind für die ca. 140 m lange Gebäudezeile im Bereich C den LOD2-Daten Gebäudehöhen zwischen ca. 21 m und 24 m entnommen. An der Kaiserstraße befindet sich zwischen den durch Stellplätze getrennten Fahrtrichtungsfahrbahnen ein weiterer Passivsammler.

Derzeit umfasst die Rheinallee im Abschnitt zwischen der signalisierten Kreuzung mit der Kaiserstraße und der signalisierten Kreuzung mit der Peter-Altmeier-Allee/Diether-von-Isenburg-Straße in Fahrtrichtung Südost 2 Fahrstreifen mit einer Breite von 3,75 m. Unmittelbar nordwestlich der Kreuzung Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee/Diether-von-Isenburg-Straße umfasst der Abschnitt einen zusätzlichen ca. 80 m langen Linksabbiegestreifen zur Zufahrt in eine Tiefgarage; in diesem Bereich sind die 2 Fahrstreifen für den Geradeausver-



kehr 3.0 m bis 3.25 m breit. Die Zu- und Ausfahrt der Tiefgarage ist Lichtsignalgeregelt. In Fahrtrichtung Nordwest umfasst die Rheinallee 3 Fahrstreifen mit einer Breite von 3.0 m. Im weiteren Verlauf ist der äußerste Fahrstreifen 3.25 m breit und für den an der Kreuzung Rheinallee/Kaiserstraße Geradeausverkehr in Richtung Nordwesten ausgewiesen; die inneren zwei Fahrstreifen mit einer Breite von 3.0 m dienen als Abbiegestreifen für die in die Kaiserstraße abbiegenden Verkehre. Die Fahrstreifen der jeweiligen Fahrtrichtungen sind durch eine ca. 1.5 m bis 2.25 m breite Mittelinsel getrennt. Derzeit besteht an den betrachteten Straßen eine innerörtliche zulässige Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h. Im Zuge der Fortschreibung des Luftreinhalteplans ist im Sommer 2020 die Einführung einer Tempo-30-Regelung entlang den betrachteten Abschnitten der Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee und der Kaiserstraße vorgesehen.

Die mögliche Umweltspurregelung ist an der äußeren südwestlichen Fahrbahnseite in Fahrtrichtung Südost vorgesehen. Die geplante Umweltspur beginnt ca. 30 m südöstlich der Kreuzung Rheinallee/Kaiserstraße auf Höhe des Gebäudes Rheinallee 3D und endet unmittelbar an der ampelgeregelten Zu- und Ausfahrt der Tiefgarage. Die Umweltspur ist nur für Linienbusse, Schulbusse, Taxis sowie Fahrradverkehr freigegeben und weist durchgängig eine Breite von 3.5 m auf. Für den übrigen in Richtung Südosten fahrenden Verkehr stehen auch mit Umweltspurregelung zwei Fahrstreifen zur Verfügung, die gegenüber der derzeitigen Situation von der Randbebauung in Richtung Nordosten weggerückt sind und durchgängig auf 3.0 m verschmälert werden. Dazu wird die Mittelinsel zur Trennung der Fahrtrichtungen rückgebaut. Der Abbiegestreifen für die Zufahrt in die Tiefgarage rückt ebenfalls in nordöstliche Richtung und wird auf ca. 40 m verkürzt. Damit verbunden ist im Bereich der ampelgeregelten Zu- und Ausfahrt der Tiefgarage der Wegfall eines Fahrstreifens für den in Richtung Nordwesten fahrenden Verkehr. Im weiteren Verlauf umfasst die nordöstliche Fahrbahnseite wie derzeit 3 Fahrstreifen. Gegenüber dem Bestand weisen alle Fahrstreifen der nordöstlichen Fahrbahnseite eine Breite von 3.0 m auf.

Für die Modellrechnungen werden die Gebäudedaten bestehend aus LOD2-Daten, die neben den Gebäudeumrissen Angaben der First- und Traufhöhen der erfassten Gebäude bzw. Teilgebäude beinhalten, entsprechend der maximalen Gebäudehöhen in das jeweilige Rechengitter überführt.

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

Aufbauend auf die vorangegangenen Wirkungsbetrachtungen werden im vorliegenden Gutachten folgende Untersuchungsfälle betrachtet:

- **Referenzfall 03/2019-02/2020:** Bestehendes Straßennetz im Untersuchungsgebiet
- **Prognosenullfall:** Bestehendes Straßennetz mit Tempo-30-Regelung im Untersuchungsgebiet im Jahr 2021
- **Planfall:** Bestehendes Straßennetz mit Tempo-30-Regelung und einer Umweltspurregelung im Jahr 2021

4.1 Verkehrsdaten

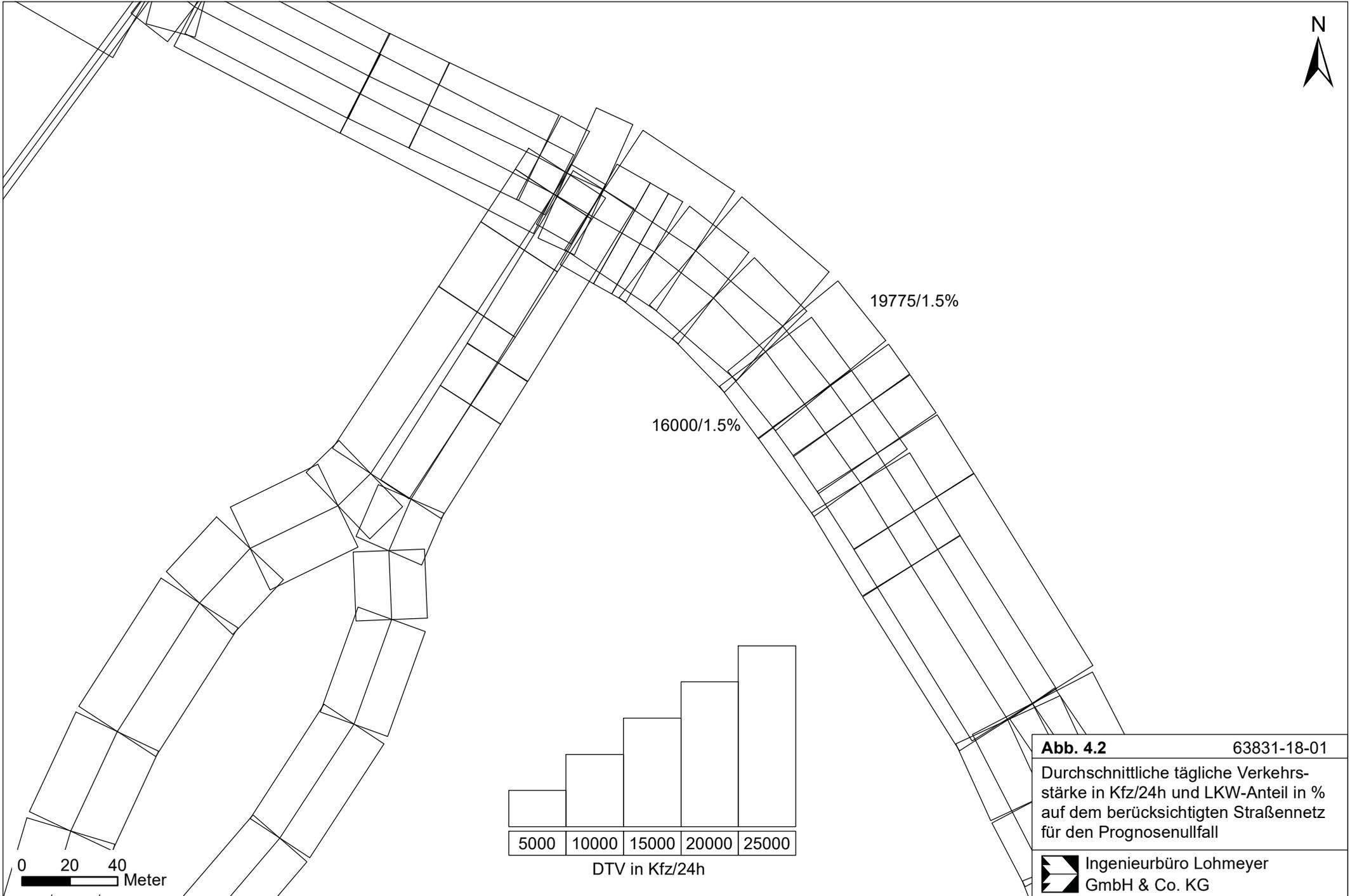
Die Verkehrsbelegungsdaten für die betrachteten Straßen wurden durch den Auftraggeber im Rahmen der vorangegangenen Luftschadstoffbetrachtung für die Fortschreibung des Luftreinhalteplans (Lohmeyer, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a, 2020b) übergeben und werden für die vorliegende Untersuchung herangezogen. Das umfasst auch die werktäglichen Linienbusfahrten, die für die „Abschätzung der Wirkung von Dieselfahrverboten an der ortsfesten Messstelle Parcusstrasse in Mainz“ (Lohmeyer, 2019a) auf Grundlage der Fahrpläne ermittelt wurden; dem Abschnitt der Rheinallee zwischen der Kaiserstraße und der Peter-Altmeier-Allee/Diether-von-Isenburg-Straße sind knapp 400 Busfahrten zugeordnet. Die angesetzten Verkehrsbelegungsdaten berücksichtigen die Maßnahmen des M³-Masterplans, wie z. B. LKW-Durchfahrtsverbote und Umstellung der Busflotte auf EURO-VI-Kfz. Die fahrt-richtungsfeine Aufteilung der Verkehre erfolgt auf Grundlage der vorliegenden Zähl-
daten.

Die **Abb. 4.2** zeigt die Verkehrsbelegungsdaten exemplarisch für den Prognosenullfall. Die genannten Verkehrsbelegungsdaten werden unverändert für den Referenzfall 03/2019-02/2020 und für die Prognosen im Jahr 2021 angesetzt.

4.2 Meteorologische Daten

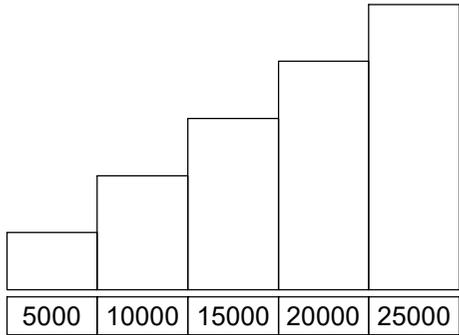
Für die Berechnung der Jahreskennwerte der Schadstoffimmissionen mit dem mikroskaligen Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM unter Berücksichtigung der Bebauung werden repräsentative Winddaten benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit der Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

Für die vorliegende Untersuchung werden entsprechend den bisherigen Wirkungsbetrachtungen im Rahmen der Fortschreibung des Luftreinhalteplans Mainz (Lohmeyer, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a, 2020b) die für das Untersuchungsgebiet repräsentative Windmessdaten herangezogen, die durch das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz im Bereich der Laubenheimer Höhe südöstlich des Mainzer Stadtgebiets in unbebauter Umgebung erfasst



19775/1.5%

16000/1.5%



0 20 40
Meter

Abb. 4.2	63831-18-01
Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Prognosefall	
 Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG	

wurden. Die im Zeitraum 2007 bis 2010 erfasste Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung ist in **Abb. 4.3** aufgezeigt. Als Hauptwindrichtung sind Winde aus westsüdwestlicher Richtung abgeleitet, eine weitere Häufung tritt für nordöstliche bis östliche Windrichtungen auf; diese Verteilung ist u. a. im Untersuchgebiet für das Überdachniveau zutreffend. Die mittlere jährliche Windgeschwindigkeit wurde in Messhöhe mit ca. 2.2 m/s erfasst.

Die Winddaten werden für die Ausbreitungsrechnungen unter Berücksichtigung unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Betrachtungsgebietes herangezogen

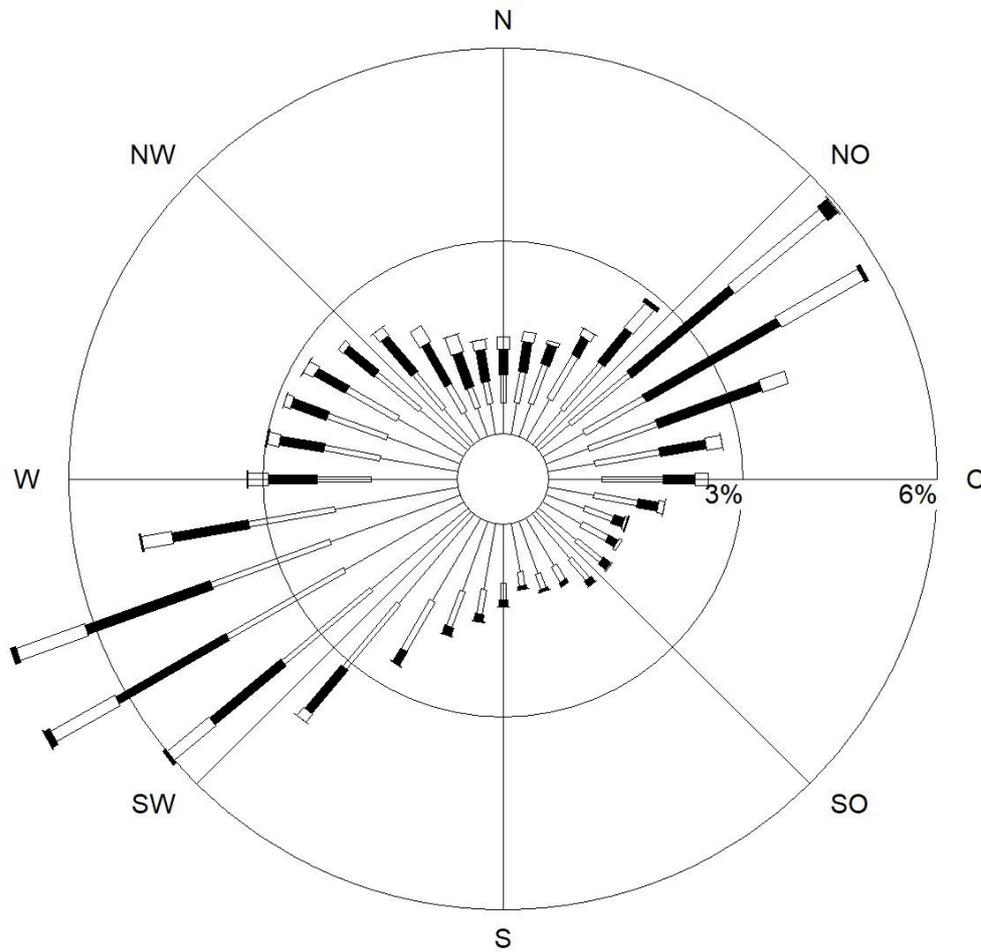
4.3 Schadstoffhintergrundbelastung

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

Das Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz betreibt das Luftüberwachungssystem ZIMEN. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (LfU RLP, 2011-2020). Die Kenngrößen für das Jahr 2018 sind derzeit noch nicht veröffentlicht.

Die vorliegenden Daten für die in Mainz gelegenen Stationen sind in **Tab. 4.1** aufgeführt. An den betrachteten Messstationen weisen die zeitlichen Entwicklungen einen stetigen Rückgang der erfassten NO₂-Jahresmittelwerte auf. An zwei Messstationen, die verkehrsnah an der Parcusstraße und der Großen Langgasse gelegenen sind, wurde der in der 39. BImSchV genannte Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte in den vergangenen zehn Jahren erreicht und überschritten; an der Messstation Mainz-Parcusstraße mit angrenzender mehrgeschossiger Blockrandbebauung wurde zuletzt mit einem Jahresmittelwert von 42 µg/m³ der Grenzwert knapp überschritten. Ebenfalls verkehrsnah gelegen sind die Messstationen Mainz-Rheinallee und Mainz-Zitadelle. Damit verbunden ist die entsprechende Beeinflussung durch verkehrsbedingte Stickoxidbeiträge, wobei an der Station Mainz-Zitadelle seit 2011 und an der Station Mainz-Rheinallee seit 2015 keine Überschreitungen des Grenzwerts

Windverteilung in Prozent



Station : Laubenheim
 Messhöhe : 6.0 m
 Windgeschw. : 2.2 m/s

— kleiner 1.4 m/s
 = 1.4 bis 2.3 m/s
 ■ 2.4 bis 3.8 m/s
 □ 3.9 bis 6.9 m/s
 ■ 7.0 bis 10 m/s
 □ größer 10 m/s

Abb. 4.3: Windrose für den Standort Laubenheimer Höhe in Mainz (Quelle: LfU RLP)

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Mainz-Goetheplatz	Mainz-Große Langgasse	Mainz-Mombach	Mainz-Parcusstraße	Mainz-Rheinallee	Mainz-Zitadelle
NO ₂ Jahresmittel	2010	36	45	28	61	45	41
	2011	34	46	28	56	45	40
	2012	33	44	27	56	42	37
	2013	-	42	26	58	41	37
	2014	-	43	25	57	43	38
	2015	-	45	23	57	40	39
	2016	-	42	24	53	39	36
	2017	-	42	23	48	36	33
	2018	-	-	24	47	38	33
	2019	-	-	21	42	34	30

Tab. 4.1: Jahresmittelwerte der NO₂-Messdaten in µg/m³ an Messstationen in Mainz (LfU RLP, 2011-2020)

für NO₂-Jahresmittelwerte festgestellt werden. Die in Mombach gelegene Messstation ist nicht direkt an einer Hauptverkehrsstraße in einem Wohngebiet gelegen und ist entsprechend gering durch verkehrsbedingte Stickoxidbeiträge beeinflusst.

Aus den verfügbaren Messdaten in Mainz wird unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der Hintergrundbelastungswert der **Tab. 4.2** für den NO₂-Jahresmittelwert abgeleitet.

Schadstoff	Hintergrundbelastung in µg/m ³
NO ₂ -Jahresmittel	21

Tab. 4.2: Hintergrundbelastungswert im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr (2019/2021).

Neben den ortsfesten Messstationen erfasst das LfU im Rahmen des Immissionsmesslabors iLab mittels Passivsammlern die NO₂-Immissionen an weiteren Standorten im Mainzer Stadtgebiet. Für diese Standorte werden neben den Jahresmittelwerte in regelmäßigen Abständen Angaben über gleitende 12-Monatsmittel veröffentlicht. Die Daten der im Untersuchungsgebiet gelegenen Standorte (**Abb. 4.1**) sind in **Tab. 4.3** aufgeführt.

Standort	2016	2017	2018	2019	03/19 - 02/20
Rheinallee 3B	-	-	-	48	47
Rheinallee/Parkhaus Rheinufer	-	-	-	36	35
Rheinallee/Kaiserstraße	55	50	49	42	41

Tab. 4.3: Jahresmittelwerte für 2016 bis 2019 sowie das 12-Monatsmittel im Zeitraum März 2019 bis Februar 2020 der Luftschadstoff-Messwerte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ an den ZIMEN-Stationen sowie an Standorten mit NO_2 -Passivsammlern in Mainz (Quelle: LfU RLP)

5 EMISSIONEN

5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird.

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

Zur Ermittlung der Emissionen werden die Verkehrsdaten sowie für jeden Luftschadstoff sogenannte Emissionsfaktoren benötigt. Die Emissionsfaktoren sind Angaben über die pro mittlerem Fahrzeug der Fahrzeugflotte und Straßenkilometer freigesetzten Schadstoffmengen. Im vorliegenden Gutachten werden die Emissionsfaktoren für die Fahrzeugarten 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, Sattelschleppern, Bussen usw.

Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie 3782 Blatt 7 „Kfz-Emissionsbestimmung“ (2020).

Die motorbedingten Emissionsfaktoren der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) für die Bezugsjahre des Referenzfalles 03/2019-02/2020 und des Prognosejahres 2021 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 für das jeweils zu betrachtende Bezugsjahr der dynamischen Flottenzusammensetzung entnommen und mit den spezifischen Emissionsangaben des HBEFA4.1 verbunden. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt. Dazu werden entsprechend der Vorgehensweise der vorangegangenen Untersuchungen (Lohmeyer, 2019a, 2019b, 2019c, 2020a, 2020b) die lokale Flottenzusammensetzung für Mainz und Umgebung berücksichtigt.

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

Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Emissionsfaktoren sind exemplarisch für das Jahr 2021 für die Fahrzeugarten Leichtverkehr und Schwerverkehr in **Tab. 5.1** aufgeführt, dabei setzt sich in allen betrachteten Untersuchungsfällen die gesamte Linienbusflotte aus EURO-VI-Kfz zusammen. Ab der zweiten Jahreshälfte 2019 werden die Maßnahmen aus dem M³-Masterplan, wie das LKW-Durchfahrtsverbot entlang der Rheinschiene (Rheinallee/Peter-Altmeier-Allee) und entlang der Kaiserstraße berücksichtigt. Für die Prognosen 2021 mit Tempo-30-Regelung und den damit verbundenen geringeren Fahrgeschwindigkeiten erfolgt im Bereich der Kreuzungen eine Anpassung der Bereiche in denen Beschleunigungsvorgänge stattfinden.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2021			
Verkehrssituation	Geschwindigkeit in km/h	NO _x		NO ₂ direkt	
		LV	SV	LV	SV
IOS-HVS50	42.9	0.354	1.554	0.104	0.400
IOS-HVS50_2	42.9	0.360	1.853	0.106	0.490
IOS-HVS50d	36.0	0.439	1.721	0.132	0.440
IOS-HVS50g	23.4	0.508	3.676	0.152	0.969
IOS-HVS30	31.0	0.344	1.871	0.099	0.478
IOS-HVS30d	24.8	0.378	2.485	0.109	0.643
IOS-HVS30s	9.6	0.625	7.273	0.186	1.923
IOS-NS30	28.8	0.419	2.295	0.113	0.593

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2021

5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x und NO_{2, direkt} werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. Im Anhang A3 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für den Schadstoff NO_x im Bezugsjahr 2021 dargestellt.

Tab. 5.3 zeigt exemplarisch für einen Abschnitt der Rheinallee auf Höhe des Messstandorts Rheinallee 3B südlich des Plangebiets die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen im Querschnitt, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten für die zu betrachtenden Untersuchungsfälle; die Linienbusfahrten sind nicht im SV-Anteil enthalten.

DTV _w in Kfz/24h	SV-Anteil in %	Untersuchungsfall	Verkehrssituation	mittlere Emissionsdichte in mg/(m*s)	
				NO _x	NO ₂ direkt
35 800	1.5	Referenzfall 03/2019-02/2020	IOS-HVS50d/ IOS-HVS50g	0.260	0.0076
		Prognose-nullfall	IOS-HVS30d/ IOS-HVS30g	0.201	0.0061
		Planfall		0.200	0.0060

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emission für die Rheinallee auf Höhe des NO₂-Passivsammlers am Standort Rheinallee 3B.

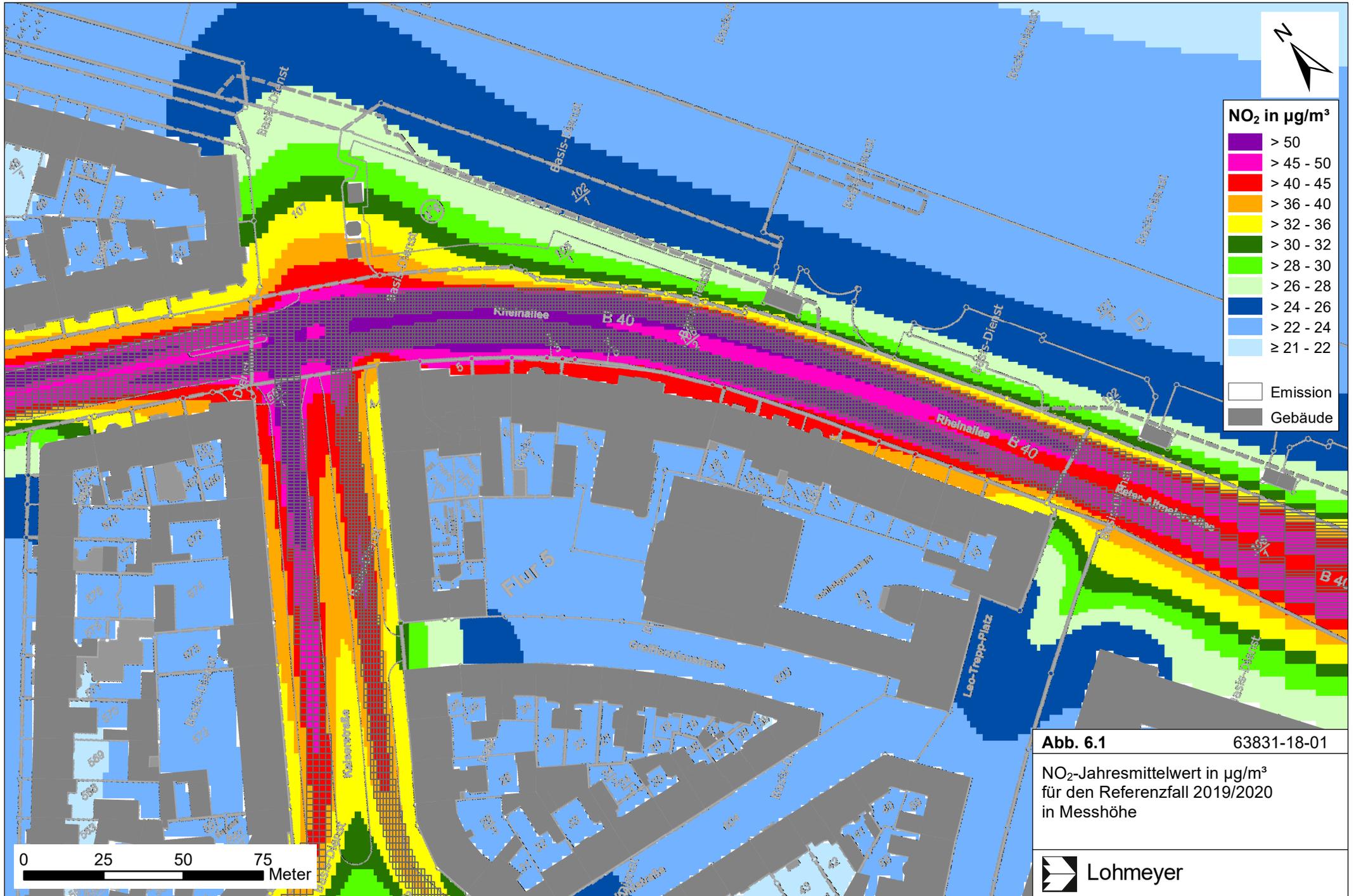
Für den Prognosenullfall im Jahr 2021 sind gegenüber dem Referenzfall 03/2019-02/2020 am betrachteten Straßenquerschnitt durch die Einführung einer Tempo-30-Regelung und unter Berücksichtigung der Flottenentwicklung ca. 23 % geringere NO_x- und ca. 20 % geringere NO_{2, direkt}-Emissionen abgeleitet. Die Einführung der Umweltspurregelung im Planfall ist nur mit geringfügigen Emissionsänderungen verbunden, da der übrige Verkehr weiterhin über 2 Fahrstreifen abgewickelt wird.

6 ERGEBNISSE

In die Immissionsberechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge auf den berücksichtigten Straßen ein, die im voranstehenden Kap. 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 Mainz 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 wird der derzeit geltenden Grenzwert für NO₂ von 40 µg/m³ im Jahresmittel mit roter Farbe belegt und höhere Konzentrationen mit dunkelroten und violetten Farben.

Die Auswertung der berechneten NO₂-Immissionen erfolgt hier im ersten Schritt für die Messhöhe, d.h. ca. 2.1 m über Grund. **Abb. 6.1** zeigt die berechneten NO₂-Immissionen für den Referenzfall 03/2019-02/2020 im Bereich der Rheinallee zwischen Kaiserstraße und Diether-von-Isenburg-Straße. Über dem Fahrbahnbereich und im Kreuzungsbereich sind die höchsten Konzentrationen berechnet. Am Messstandort Rheinallee 3B werden in Messhöhe NO₂-Konzentrationen von 47 µg/m³ berechnet; das passt gut zu den Messwerten. Mit Jahresmittelwerten von 34 µg/m³ am Messstandort Rheinallee/Parkhaus Rheinufer und 42 µg/m³ am Messstandort Rheinallee/Kaiserstraße weisen die ermittelten NO₂-Konzentrationen nur geringe Abweichungen zu den dort erfassten Messwerten auf. An der Randbebauung der Rheinallee im Bereich A sind über eine Strecke von ca. 150 m NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ und überwiegend bis 45 µg/m³ berechnet; in unmittelbarer Nähe zur Kreuzung mit Kaiserstraße sind kleinräumig vereinzelt höhere Jahresmittelwerte bis 50 µg/m³ ermittelt. An der Randbebauung der Rheinallee im Bereich B sind in Kreuzungsnähe kleinräumig NO₂-Konzentrationen über 40 µg/m³ und bis 45 µg/m³ berechnet. An der Randbebauung der Kaiserstraße im Bereich C sind nahe der Kreuzung mit der Rheinallee über eine Strecke von ca. 20 m NO₂-Immissionen bis 45 µg/m³ dargestellt. An der übrigen Randbebauung im Untersuchungsgebiet sind keine NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ ermittelt.



In Bodennähe, d.h. ca. 1.5 m über Grund, der „Nasenhöhe“ für fußläufige Aufenthalte im Freiraum, werden etwas höhere NO₂-Konzentrationen berechnet (**Abb. 6.2**), die am Messstandort Rheinallee 3B Jahresmittelwerte von ca. 48 µg/m³ aufweisen; am gegenüberliegenden Standort Rheinallee/Parkhaus Rheinufer sind die Konzentrationen weiterhin mit ca. 34 µg/m³ berechnet. Am Messstandort Rheinallee/Kaiserstraße sind NO₂-Immissionen mit ca. 43 µg/m³ dargestellt. Weiter sind an der Randbebauung der Rheinallee im Bereich A etwas längere Bereiche mit Konzentrationen über 40 µg/m³ und bis 45 µg/m³ berechnet, so auch für Bereiche mit NO₂-Konzentrationen über 45 µg/m³ und bis 50 µg/m³. Vergleichbare Zusammenhänge sind für die Straßenrandbebauungen im Bereich B und Bereich C dargestellt.

Die für den Prognosenullfall im Jahr 2021 berechneten NO₂-Immissionen in Messhöhe (ca. 2.1 m) sind in **Abb. 6.3** dargestellt. Unter Berücksichtigung der Tempo-30-Regelung sowie der Flottenentwicklung sind die ermittelten NO₂-Konzentrationen gegenüber dem Referenzfall 03/2019-02/2020 deutlich verringert. Dabei sind am Messstandort Rheinallee 3B NO₂-Immissionen von ca. 41 µg/m³ prognostiziert; an den Messstandorten Rheinallee/Parkhaus Rheinufer und Rheinallee/Kaiserstraße sind die Konzentrationen mit ca. 31 µg/m³ bzw. 37 µg/m³ berechnet. An der Randbebauung der Rheinallee im Bereich A sind im Prognosenullfall NO₂-Immissionen bis 40 µg/m³ dargestellt, Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ sind keine ermittelt. An der Randbebauung der Rheinallee im Bereich B sowie an der Randbebauung der Kaiserstraße im Bereich C sind vereinzelt NO₂-Konzentrationen bis 40 µg/m³ berechnet. An der übrigen Randbebauung im Untersuchungsgebiet sind NO₂-Immissionen mit Jahresmittelwerten von 36 µg/m³ oder geringer ermittelt.

Für die Bodennähe sind die berechneten NO₂-Konzentrationen im Prognosenullfall in **Abb. 6.4** dargestellt, die gegenüber den Immissionen in Messhöhe etwas höher sind. Dabei sind an der Randbebauung um Untersuchungsgebiet weiterhin keine NO₂-Immissionen über 40 µg/m³ prognostiziert.

Im Planfall mit Umweltspurregelung wird zusätzlich der Kfz-Verkehr auf den in Fahrtrichtung Südost zur Bebauung nächstgelegenen Fahrbahn deutlich verringert. Damit erfolgt ein räumliches Abrücken des überwiegenden Anteils der Schadstofffreisetzung von der Randbebauung und auch vom Messstandort Rheinallee 3B, dort werden im Planfall mit Umweltspurregelung in Messhöhe NO₂-Konzentrationen von knapp 37 µg/m³ berechnet (**Abb. 6.5**). An den Standorten Rheinallee/Parkhaus Rheinufer und Rheinallee/Kaiserstraße werden im Planfall zum Prognosenullfall vergleichbare NO₂-Jahresmittelwerte von weiterhin ca. 31 µg/m³ bzw. 37 µg/m³ prognostiziert. An der Randbebauung im Untersuchungsgebiet werden im Planfall überwiegend Immissionen von 36 µg/m³ oder geringer dargestellt. Nur vereinzelt werden an

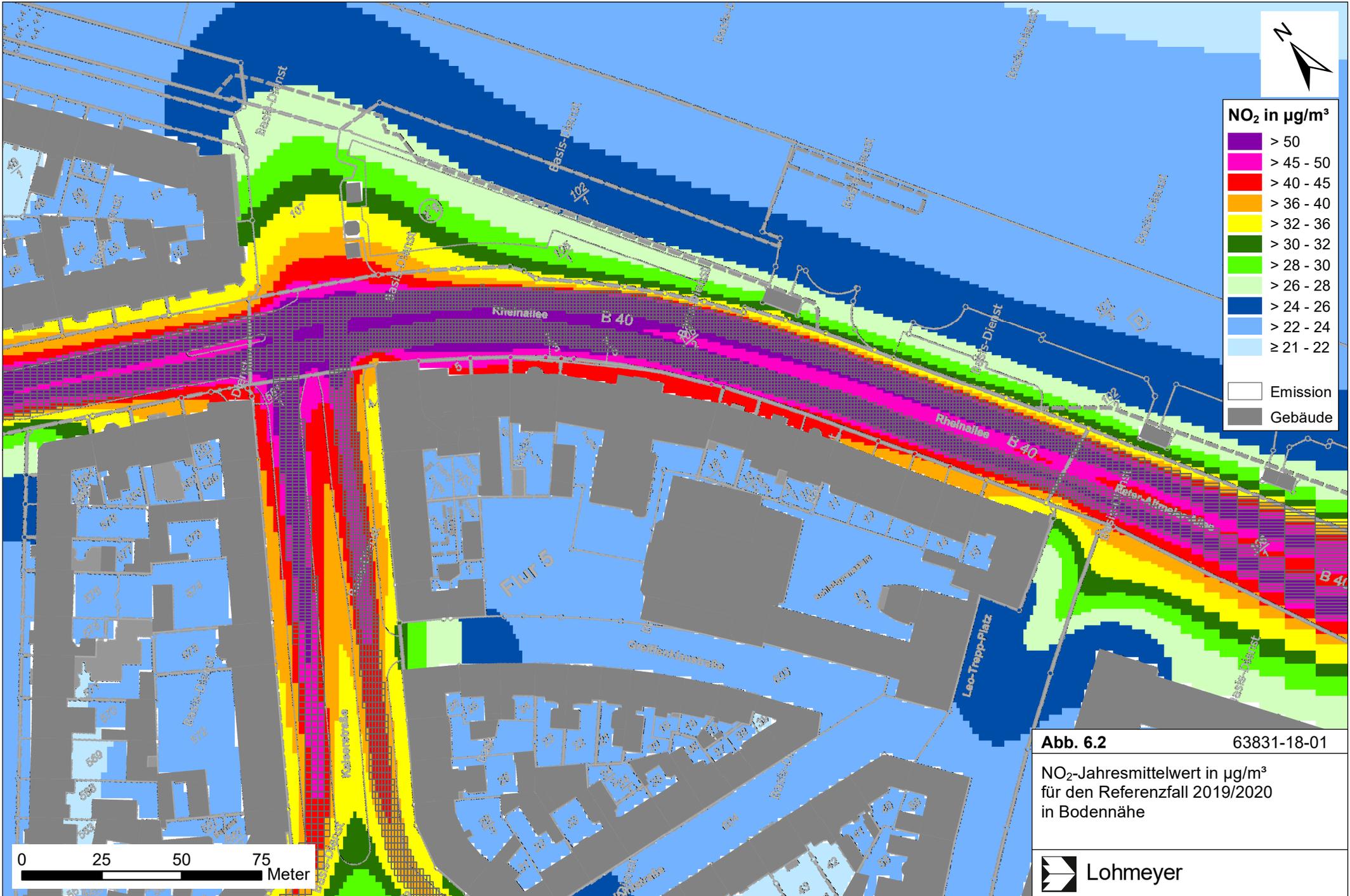
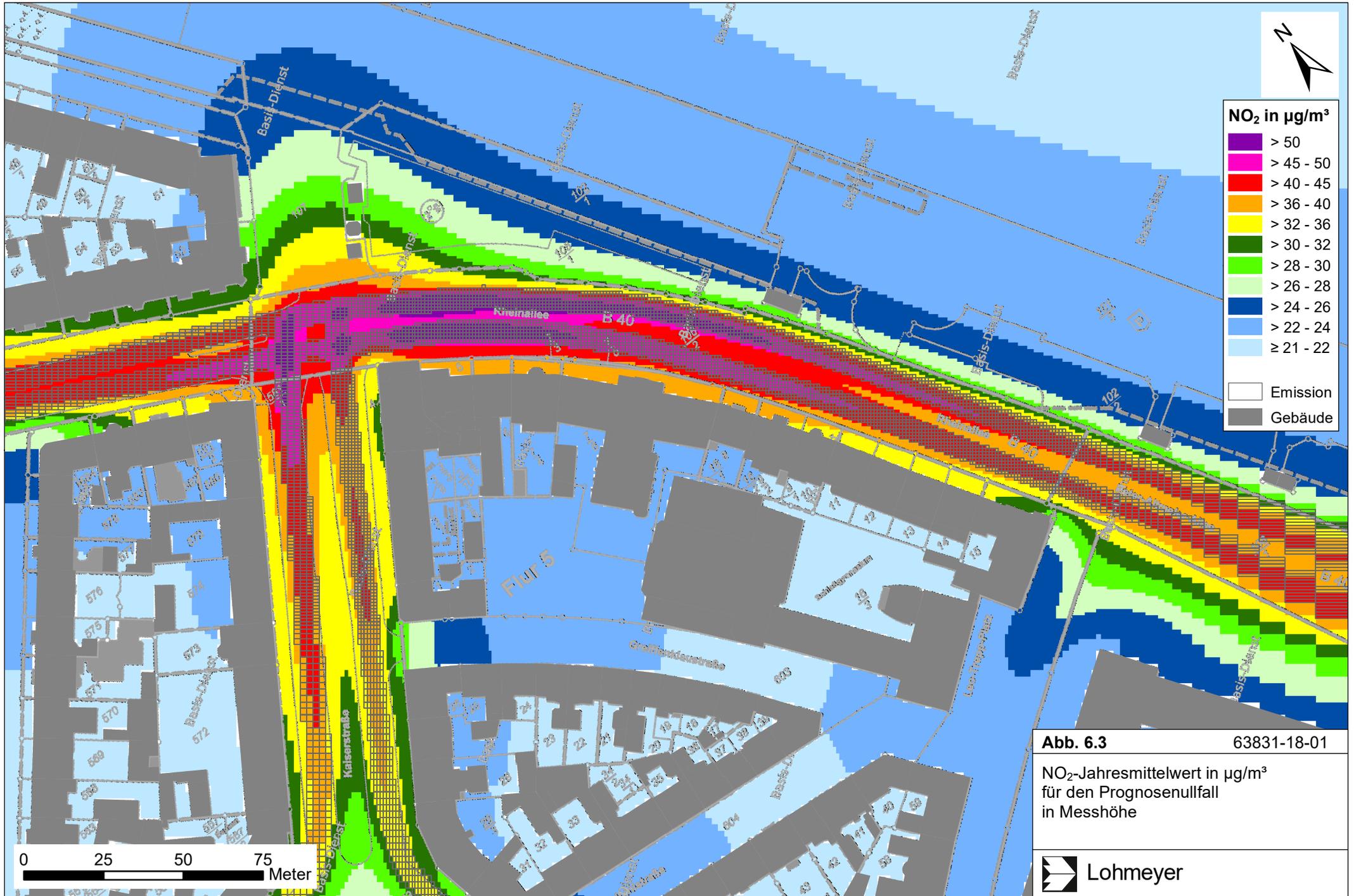
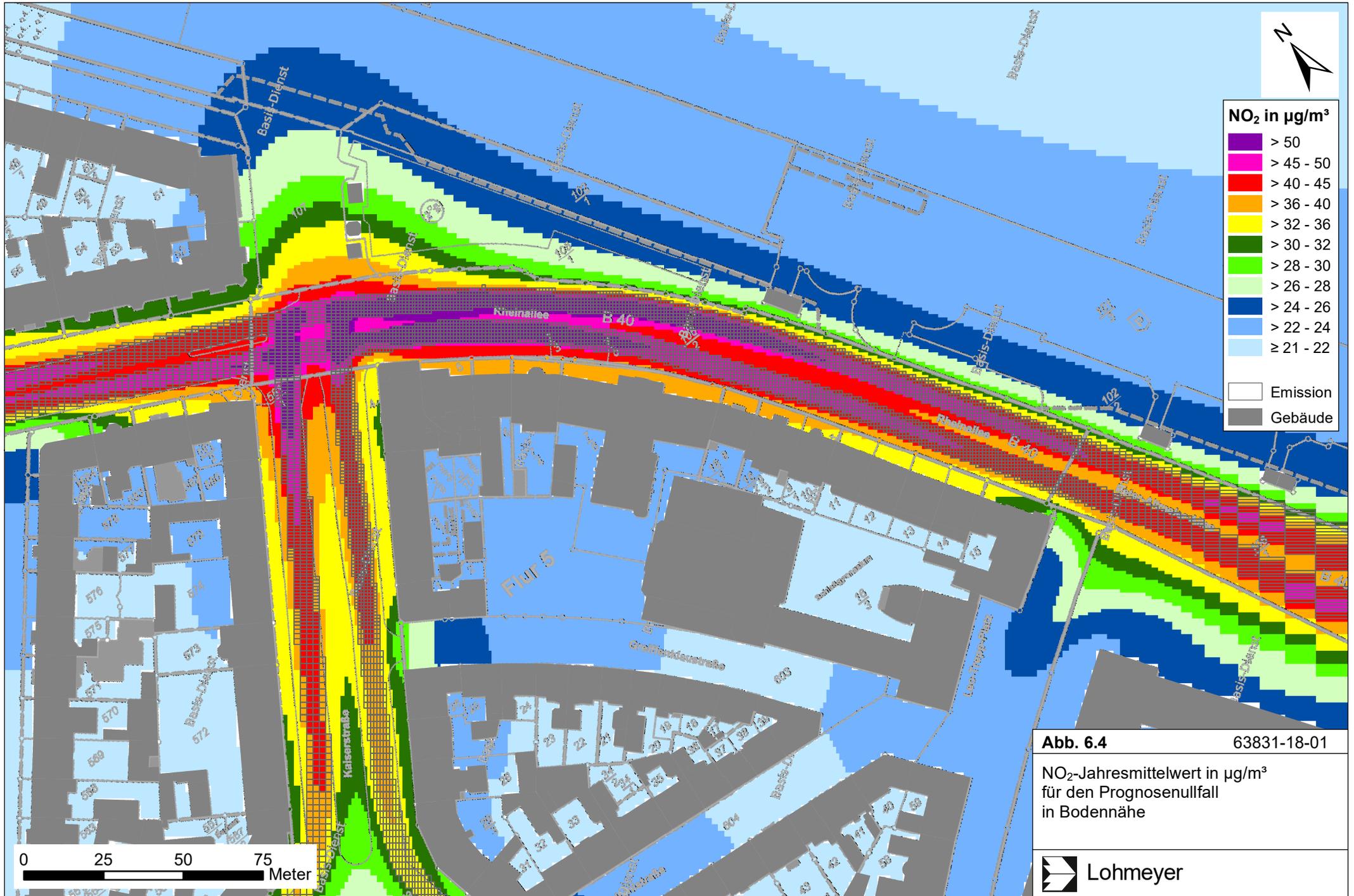


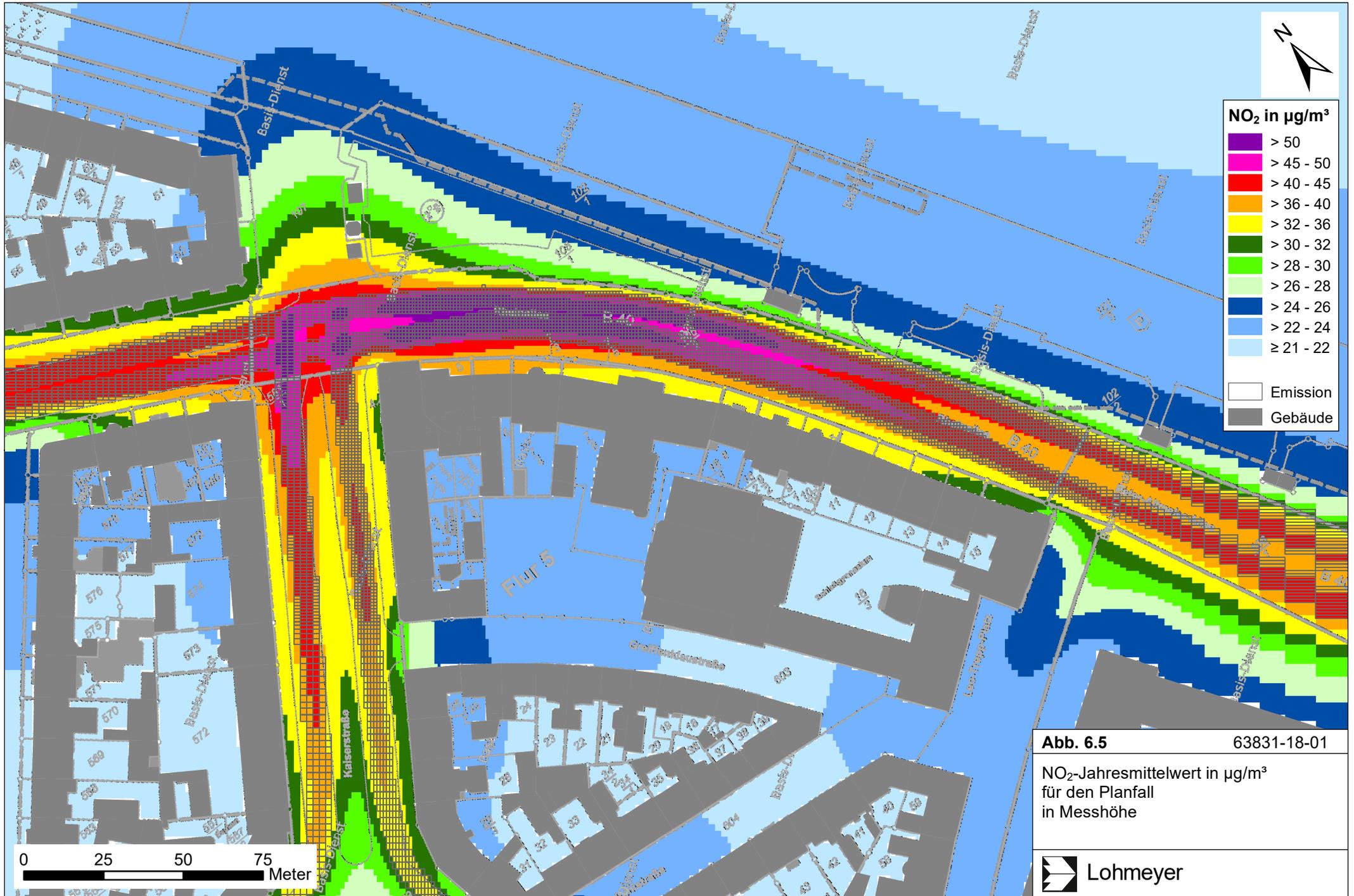
Abb. 6.2 63831-18-01

NO₂-Jahresmittelwert in µg/m³
für den Referenzfall 2019/2020
in Bodennähe

 Lohmeyer



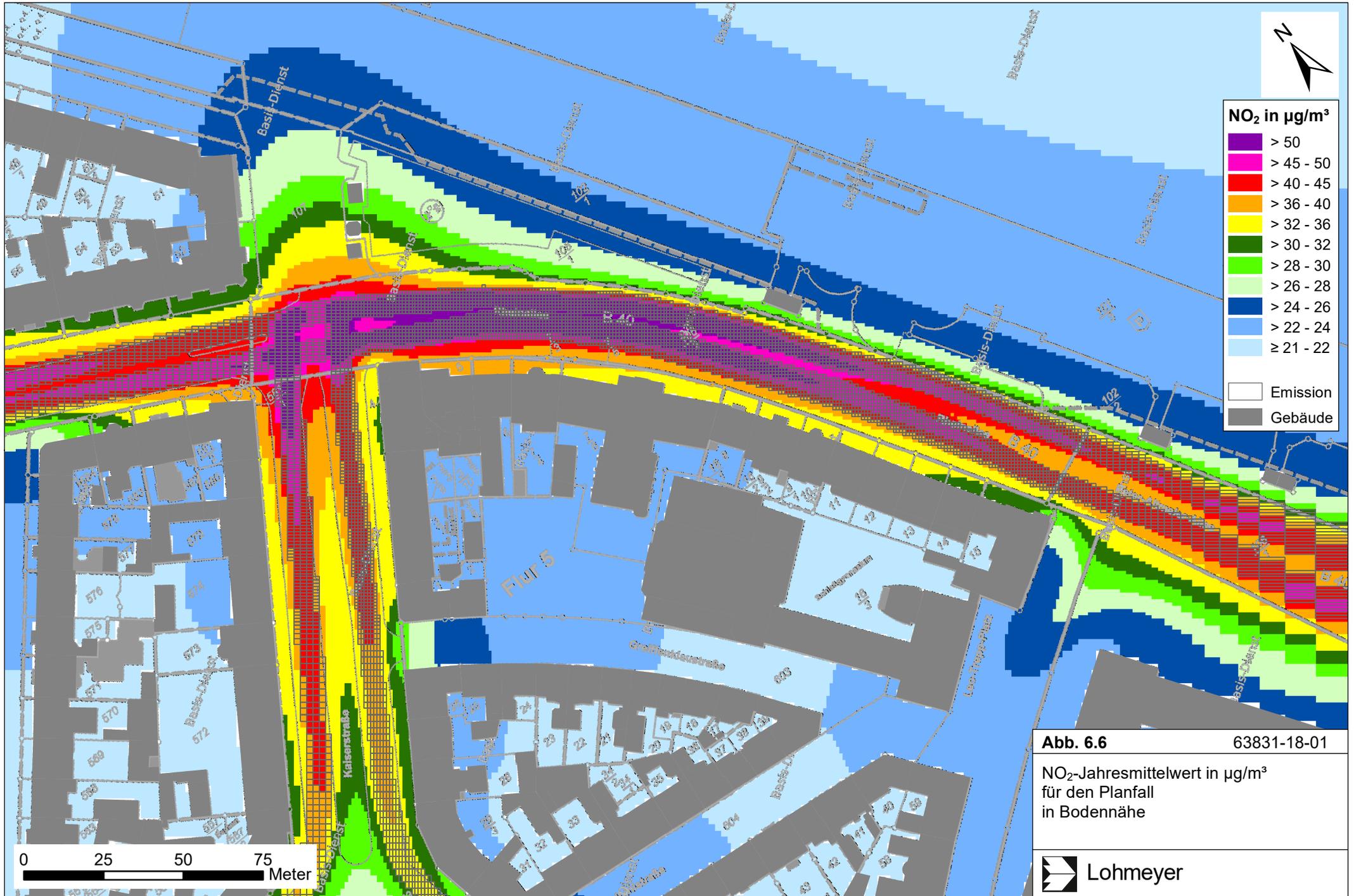




der Randbebauung höhere NO_2 -Konzentrationen berechnet, die den Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte aber nicht überschreiten, so an der Randbebauung der Rheinallee im Bereich A über eine Strecke von ca. 50 m sowie in unmittelbarer Nähe zur Kreuzung Rheinallee/Kaiserstraße an der der Randbebauung im Bereich B und Bereich C.

Für die Bodennähe sind die berechneten NO_2 -Konzentrationen mit Umweltspurregelung in **Abb. 6.6** dargestellt und zeigen an der gesamten Randbebauung NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder geringer, überwiegend sind geringere Immissionen bis $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert. Am Messstandort Rheinallee 3B sind NO_2 -Konzentrationen von $38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Damit erfolgt auch in Bodennähe an der gesamten Randbebauung der Rheinallee im Abschnitt zwischen Kaiserstraße und Dieter-von-Isenburg-Straße (Bereich A) durch die Umweltspurregelung eine Verringerung der NO_2 -Konzentrationen im Jahresmittel.

Insgesamt ist festzuhalten, dass für die bestehenden Verhältnisse im Straßenzug Rheinallee an der Randbebauung NO_2 -Jahresmittelwerte überwiegend über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und vereinzelt bis $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet werden und damit vergleichbare Konzentrationen wie an der Messstelle in Messhöhe. Das stellt zum Teil deutliche Überschreitungen des in der 39. BImSchV genannten Konzentrationswertes von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel dar. Mit Einführung der geplanten Tempo-30-Regelung sind verringerte NO_2 -Jahresmittelwerte prognostiziert und an der Randbebauung ist keine Konzentration über $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. An der Randbebauung der Rheinallee im Abschnitt zwischen Kaiserstraße und Diether-von-Isenburg-Straße werden diese Entwicklungen mit einer möglichen Umweltspurregelung weiter unterstützt und stabilisiert.



7 LITERATUR

22. BImSchV (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. BImSchV zurückgezogen).
23. BImSchV (1996): Dreiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten - 23. BImSchV). In: BGBl. I, Nr. 66, S. 1962 (mit Erscheinen der 33. BImSchV zurückgezogen).
33. BImSchV. (2004): Dreiunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen – 33. BImSchV). BGBl. I, Nr. 36, S. 1612-1625 vom 20.07.2004 (mit Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen - 39. BImSchV) vom 2. August 2010 (BGBl. I, Nr. 40, S. 1065), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I Nr. 28, S. 1222), in Kraft getreten am 31. Juli 2018.
- 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.
- 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.
- EU-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.

- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Hausberger et al.: PHEM (Passenger car and heavy duty emission model). Technische Universität Graz, Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik.
- 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 RLP (2011-2020): Zentrales Immissionsmessnetz – ZIMEN -. Jahresberichte 2010 – 2019. Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz.
- Lohmeyer (2019a): Abschätzung der Wirkung von Dieselfahrverboten an der ortsfesten Messstelle Parcusstraße in Mainz. Projekt 63831-18-01, Januar 2019. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Mainz.
- Lohmeyer (2019b): Luftreinhalte Mainz, Wirksamkeitsbetrachtung für NO₂-Minderungsmaßnahmen. Projekt 63831-18-01, September 2019. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Mainz.
- Lohmeyer (2019c): Luftreinhalte Mainz, Wirksamkeitsbetrachtung für NO₂-Minderungsmaßnahmen. Projekt 63831-18-01, Dezember 2019. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Mainz.
- Lohmeyer (2020a): Luftreinhalte Mainz, Wirksamkeitsbetrachtung für NO₂-Minderungsmaßnahmen, Variantenbetrachtung. Projekt 63831-18-01, April 2020. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Mainz.
- Lohmeyer (2020b): Luftreinhalte Mainz, Wirksamkeitsbetrachtung für Dieselfahrverbote, Variantenbetrachtung. Projekt 63831-18-01, Mai 2020. Gutachten im Auftrag der Landeshauptstadt Mainz.
- 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.
- 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).
- TREMOM (2010): TREMOM – 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 (2017): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 3.3 / Mai 2017. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.
- UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 4.1 / September 2019. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.
- VDI 3782 Blatt 7(2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung – Luftbeimengungen. VDI-Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN – Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2020.
- VDI 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017.

A N H A N G 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 Kalender-

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

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen / Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen / Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	seit 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 PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der ab dem 1. Januar 2015 einzuhalten ist.

A1.2 Vorsorgewerte

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

In der 39. BImSchV wird ergänzend zur Einhaltung des Grenzwertes als nationales Ziel gefordert, ab dem Jahr 2015 den Indikator für die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM_{2.5}-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 µg/m³ im Jahr 2020 erreicht werden.

A1.3 Europäische Richtlinien zur Bewertung von Luftschadstoffen

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

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM_{2.5}-Richtgrenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel (Stufe 2 im Anhang XIV) zum Grenzwert werden. Im Jahr 2013 sollte 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 werden.

A N H A N G A 2
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.

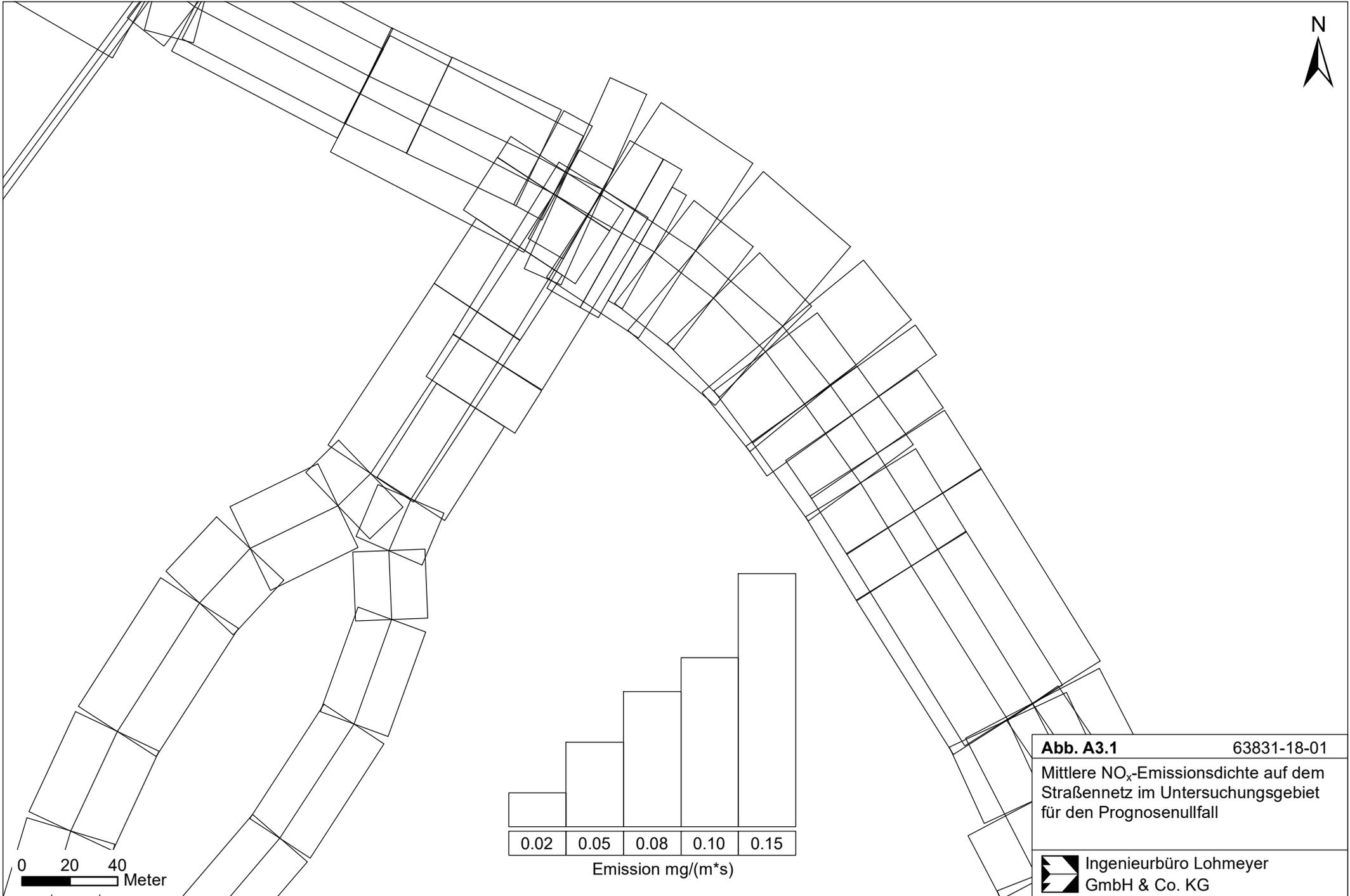
Für Emissionsfaktoren liegen derzeit noch keine statistischen Erhebungen über Fehlerbandbreiten vor. Deshalb wird vorläufig ein mittlerer Schätzwert von ca. 20% angenommen.

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-Rechenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10%, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

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

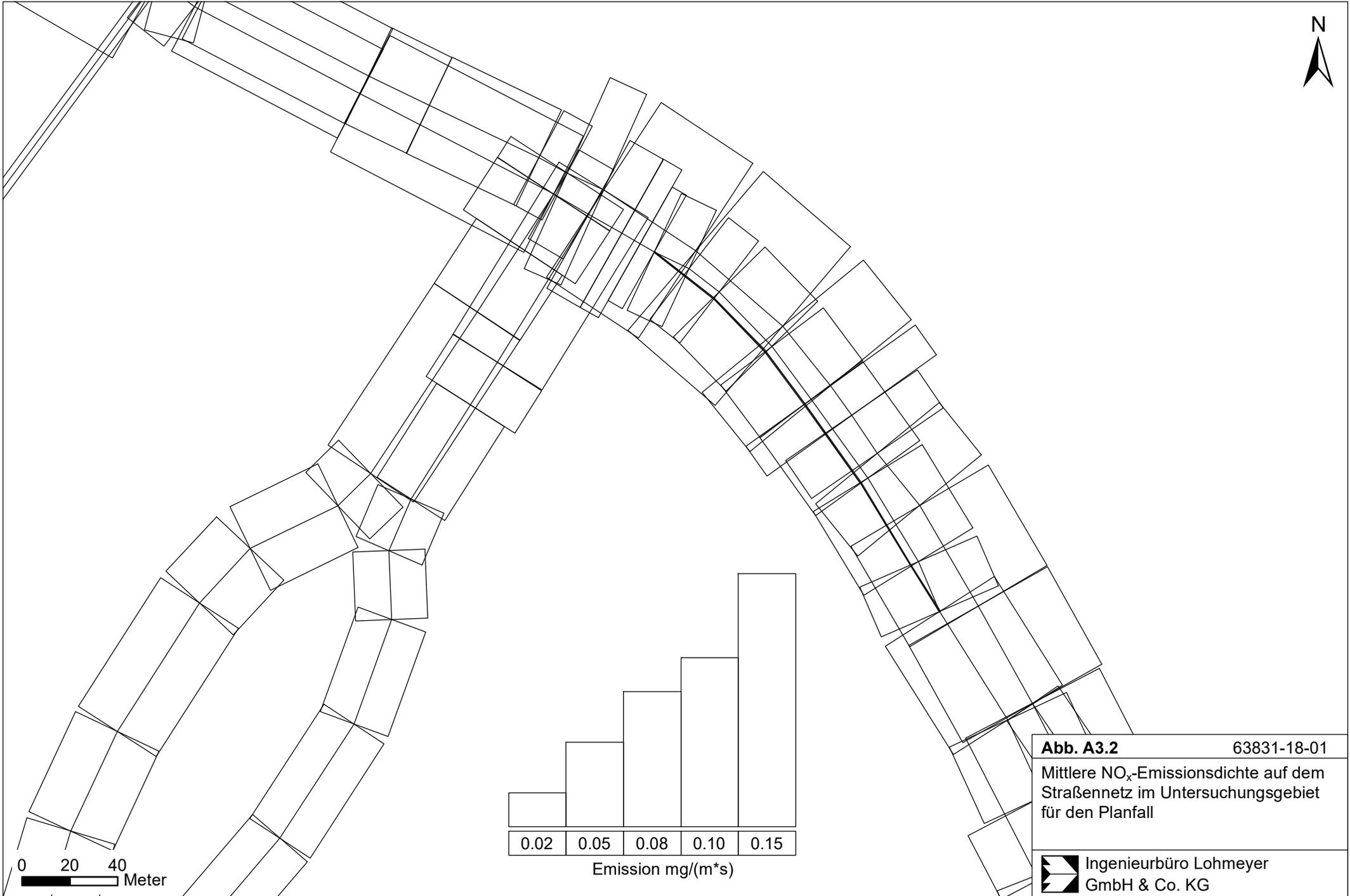
A N H A N G A 3
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE



0 20 40
Meter

0.02 0.05 0.08 0.10 0.15
Emission mg/(m*s)

Abb. A3.1	63831-18-01
Mittlere NO _x -Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG



0.02 0.05 0.08 0.10 0.15
Emission mg/(m*s)

Abb. A3.2	63831-18-01
Mittlere NO _x -Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall	
	Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG

0 20 40
Meter