Lohmeyer

Entwurf

# INTERKOMMUNALES GEWERBEGEBIET LIMES, VERKEHRSBEDINGTE LUFTSCHADSTOFFE

Auftraggeber:

Zweckverband interkommunales
Gewerbegebiet Limes
Köbler Weg 44
63546 Hammersbach

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe

Dipl.-Geogr. T. Nagel

Januar 2021
Projekt 20302-20-01
Berichtsumfang 55 Seiten

Niederlassung Karlsruhe: An der Rossweid 3, 76229 Karlsruhe, Tel.: +49 (0) 721 / 62510-0, E-Mail: info.ka@lohmeyer.de
Niederlassung Dresden: Friedrichstr. 24, 01067 Dresden, Tel.: +49 (0) 351 / 83914-0, E-Mail: info.dd@lohmeyer.de
Niederlassung Dorsten: Alleestraße 10, 46282 Dorsten, Tel.: +49 (0) 2362 / 99337-10, E-Mail: info.dorsten@lohmeyer.de

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

**ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN ..... 1**

**1 ZUSAMMENFASSUNG ..... 3**

**2 AUFGABENSTELLUNG ..... 5**

**3 VORGEHENSWEISE ..... 6**

3.1 Berechnungsverfahren ..... 6

3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte ..... 7

3.3 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen ..... 9

**4 EINGANGSDATEN ..... 10**

4.1 Verkehrsdaten ..... 10

4.2 Meteorologische Daten ..... 12

4.3 Schadstoffhintergrundbelastung ..... 17

**5 EMISSIONEN ..... 20**

5.1 Betrachtete Schadstoffe ..... 20

5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren ..... 20

5.3 Motorbedingte Emissionsfaktoren ..... 20

**6 ERGEBNISSE ..... 26**

6.1 Stickstoffdioxid ..... 26

6.2 Feinstaub PM10 ..... 28

6.3 Feinstaubimmissionen (PM2.5) ..... 30

**7 LITERATUR ..... 36**

**A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN ..... 40**

**A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION ..... 44**

**A3 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE ..... 50**

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH 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 m³ Luft (µg/m³ oder mg/m³).

**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 µg/m³ oder mg/m³ 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 µg/m³, der nicht mehr als 18 Stunden pro Jahr überschritten werden darf, und des Tagesmittelwertes der PM10-Konzentration von 50 µg/m³, 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 / PM10 / PM2.5**

Mit Feinstaub bzw. PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen größenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm bzw. 2.5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50% aufweist. Die PM10-Fraktion wird auch als inhalierbarer Staub bezeichnet. Die PM2.5-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

# 1 ZUSAMMENFASSUNG

In Hammersbach ist nordöstlich der Autobahn A 45 die Errichtung des Interkommunalen Gewerbegebietes Limes in Planung. Für diese Planungen war ein Luftschadstoffgutachten zu erstellen. Betrachtet wurden die Schadstoffe $NO_2$ und Feinstaub (PM10 und PM2.5). Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV (2010), sowie im Vergleich zum Prognosenullfall.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den bestehenden Straßen und geplanten Fahrwegen mit dem Straßennetzmodell PROKAS betrachtet. Aus den übergebenen Verkehrsbelegungsdaten der Verkehrsprognose wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA4.1, Stand 2019) für das Bezugsjahr 2022 und der entsprechenden Kfz-Flottenzusammensetzung, dem Jahr der Betrachtungen für die Inbetriebnahme wesentlicher Teile des geplanten Gewerbegebietes, die Emissionen auf allen Straßenabschnitten für den Prognosenullfall, d. h. dem Straßennetz ohne bauliche Änderungen, und den Planfall mit dem Interkommunalen Gewerbegebietes Limes berechnet.

Die Ausbreitungsrechnungen wurden unter Berücksichtigung der lokalrepräsentativen Windstatistik und der aus Messungen abgeleiteten Luftschadstoffhintergrundbelastung durchgeführt.

Im Prognosenullfall werden die höchsten $NO_2$-Gesamtbelastungen entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45, der Anschlussstelle sowie der Tank- und Rastanlage berechnet. Am Fahrbahnrand sind teilweise $NO_2$-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle und der L 3195 Richtung Hammersbach an der nächstgelegenen Bebauung zu $NO_2$-Jahresmittelwerten bis 30 µg/m³, an den Gebäuden nahe der A 45 auch bis 34 µg/m³. Der geltende Grenzwert für $NO_2$-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird somit im Prognosenullfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten.

Im Planfall sind entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45, der Anschlussstelle sowie der Tank- und Rastanlage teilweise $NO_2$-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle, der L 3195 und des gewerblichen Verkehrs an der nächstgelegenen Bebauung Richtung Hammersbach zu $NO_2$-Jahresmittelwerten bis 30 µg/m³, an den Gebäuden nahe der A 45 auch bis 34 µg/m³. In der Umgebung des Interkommunalen Gewerbegebietes Limes wird flächenhaft eine gewisse Zunahme der $NO_2$-Konzentrationen prognostiziert, die jedoch nicht zu Konzentrationen über

40 µg/m³ führen. Der geltende Grenzwert für $NO_2$-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird trotz erhöhtem Beitrag durch den gewerblichen Verkehr des Gewerbegebietes Limes im Planfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten.

Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45 mit PM10-Jahresmittelwerten bis 20 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle und der L 3195 zu PM10-Jahresmittelwerten über 17 µg/m³, an den Gebäuden von Hammersbach werden bis 17 µg/m³ berechnet. Der geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ und der Schwellenwert von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung werden somit im Prognosenullfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

Im Planfall sind entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45 und den Fahrwegen des geplanten Interkommunalen Gewerbegebietes Limes PM10-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle, der L 3195 und des gewerblichen Verkehrs an der nächstgelegenen Bebauung Richtung Hammersbach zu PM10-Jahresmittelwerten bis 18 µg/m³. In der Umgebung des Gewerbegebietes Limes wird flächenhaft eine gewisse Zunahme der PM10-Konzentrationen prognostiziert, die jedoch nicht zu Konzentrationen über 20 µg/m³ führen. Der geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ und der Schwellenwert von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung werden somit im Planfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

Für den Prognosenullfall und den Planfall im Jahr 2022 werden mit der Hintergrundbelastung vergleichbare PM2.5-Konzentrationen berechnet, wobei am Fahrbahnrand der Autobahn teilweise PM10-Immissionen bis 13 µg/m³ berechnet sind. Der geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von 25 µg/m³ und der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ werden somit im Prognosenullfall 2022 und im Planfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

Aus lufthygienischer Sicht sind durch den mit dem Betrieb des Interkommunalen Gewerbegebietes Limes verbunden Kfz-Verkehr gewisse Erhöhungen der $NO_2$-, PM10- und PM2.5-Immissionen zu erwarten, wobei an den zu den Fahrbahnrändern nächstgelegenen, bestehenden Bebauungen keine Konflikte mit den jeweiligen Beurteilungswerten zum Schutz der menschlichen Gesundzeit zu erwarten sind.

## 2 AUFGABENSTELLUNG

In Hammersbach ist nordöstlich der Autobahn A 45 die Errichtung des Interkommunalen Gewerbegebietes Limes in Planung. Für diese Planungen ist ein Luftschadstoffgutachten zu erstellen. Betrachtet werden die Schadstoffe $NO_2$ und Feinstaub (PM10 und PM2.5). Die Beurteilung erfolgt im Vergleich mit geltenden Beurteilungswerten, das sind Grenzwerte der 39. BImSchV (2010), sowie im Vergleich zum Prognosenullfall.

# 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 hoch die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung sind. 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 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 die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickstoffoxide und Feinstaubpartikel (PM10, PM2.5). 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

Das Berechnungsverfahren PROKAS ermöglicht für die Immissionsprognosen die Berücksichtigung des Straßennetzes und in typisierter Form die Einflüsse von Lärmschutzbauten und Randbebauung sowie für das Untersuchungsgebiet repräsentativen Wind- und Ausbreitungsklassenstatistiken.

Auf der Grundlage der durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen werden die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden unter Berücksichtigung der Informationen des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020).

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. Das verwendete Berechnungsverfahren PROKAS (siehe Anhang A2) ist in der Lage, sämtliche in **Abb. 4.1** dargestellten Straßenzüge gleichzeitig für jede Stunde der Woche mit ihrer jeweiligen Emission emittieren zu lassen.

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 Messstandorten abgeschätzt. Für die Ermittlung der $NO_2$-Immissionen werden die verkehrsbedingten Direktemissionen und ein vereinfachtes Chemiemodell zur Abbildung der NO-$NO_2$-Konversion berücksichtigt (Düring et al., 2011).

## 3.2 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für $NO_2$ einen Stundenmittelwert von 200 µg/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 µg/m$^3$ bis 170 µg/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 µg/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 PM10-Konzentrationen von 50 µg/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 PM10-Tagesmittelwerten größer als 50 µg/m$^3$ und dem PM10-Jahresmittelwert gefunden (**Abb. 3.1**). Daraus wurde eine funktionale Abhängigkeit der PM10-Überschreitungshäufigkeit vom PM10-Jahresmittelwert abgeleitet (BASt, 2005).

Die Regressionskurve nach der Methode der kleinsten Quadrate („best fit“) und die mit einem Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöhte Funktion („best fit + 1 sigma“) sind ebenfalls in der **Abb. 3.1** dargestellt.

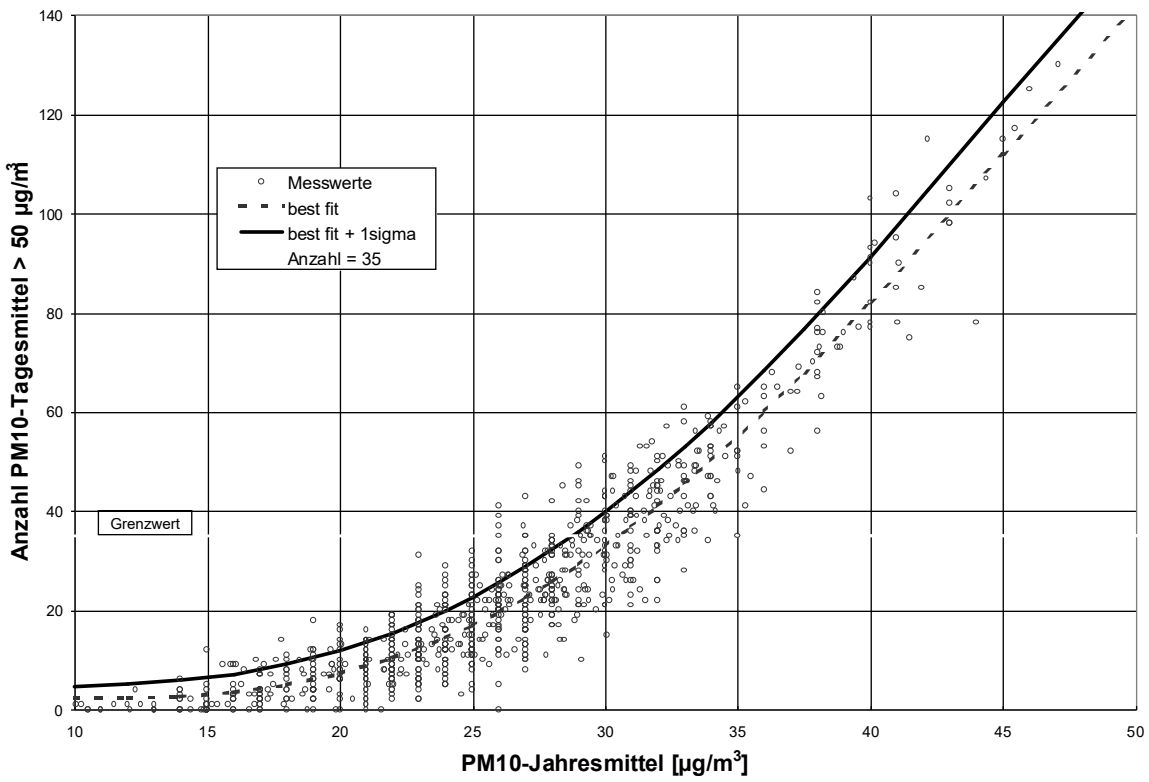


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit mehr als 50 µg PM10/m³ im Tagesmittel in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BASt, 2005)

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 µg/m³ einen nahezu identischen Verlauf wie der o. g. „best fit“ nach BASt (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von 31 µg/m³ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BASt (2005) angegebene „best fit"-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg/m$^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab 29 µg/m$^3$ abgeleitet.

## 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 Kfz-Abgaskomponenten zusammenfassend dargestellt. Diese Beurteilungswerte sowie die entsprechende Nomenklatur werden im vorliegenden Gutachten durchgängig verwendet.

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

| **Schadstoff** | **Beurteilungswert** | **Zahlenwert in µg/m³** | |
|---|---|---|---|
| | | **Jahresmittel** | **Kurzzeit** |
| $NO_2$ | Grenzwert seit 2010 | 40 | 200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr) |
| PM10 | Grenzwert seit 2005 | 40 | 50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr) |
| PM2.5 | Grenzwert seit 2015 | 25 | |
| PM2.5 | Richtgrenzwert ab 2020 | 20 | |

Tab. 3.1: Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffimmissionen nach 39. BImSchV (2010) sowie Richtgrenzwert PM2.5 entsprechend EU-Luftqualitätsrichtlinie

# 4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- und Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des bestehenden Straßennetzes, die geplanten Straßenabschnitte und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Für das Untersuchungsgebiet wurden die genannten Eingangsdaten durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

Die Ortschaft Hammersbach ist etwa 10 km nördlich von Hanau an der dort von Süden nach Norden verlaufenden Autobahn A 45 gelegen. Bei Hammersbach befindet sich eine Anschlussstelle der A 45 und etwas nördlich davon eine Tank- und Rastanlage mit Stellplatzanlagen. Der Siedlungsbereich von Hammersbach ist westlich der A 45 gelegen.

Das geplante Interkommunale Gewerbegebiet Limes wird östlich der A 45 und nördlich der Anschlussstelle entwickelt. Aufgrund der Nähe des Interkommunalen Gewerbegebietes Limes zur Anschlussstelle der A 45 bietet sich die Ansiedlung von Logistikunternehmen bzw. Distributionszentren mit entsprechendem Kfz-Verkehrsaufkommen an. Entsprechend den derzeitigen Lageverhältnissen befinden sich innerhalb der Fläche des Interkommunalen Gewerbegebietes Limes und an dessen Zufahrtsstraßen keine Wohngebiete.

In **Abb. 4.1** ist die Lage des Untersuchungsgebietes dargestellt. Die bestehenden, berücksichtigten Straßen sind schwarz und die geplanten Straßen und Fahrwege im Interkommunalen Gewerbegebiet Limes sind rot eingezeichnet.

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

## 4.1 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten wurden durch den Auftraggeber mit Auszügen aus dem Fachgutachten „Bebauungsplan „Gewerbegebiet Limes - Erweiterung West“ - Verkehrsuntersuchung-“ (PMB Plan, 2021) für das untergeordnete Straßennetz übergeben. Die Verkehrsuntersuchung beinhaltet Angaben des durchschnittlichen täglichen Verkehrs für den Prognosenullfall und den Planfall (genannt Prognose Planfall 2) für das Prognosejahr 2030/35 für Kfz- und Schwerverkehrsfahrten. Ergänzend wird im Verkehrsgutachten ein Prognose Planfall 1 berücksichtigt, der die Entwicklung eines Teils des Gewerbegebietes beinhaltet.

Für die vorliegende Ausarbeitung wird eine konservative Vorgehensweise gewählt, indem als Referenzfall der verkehrliche Prognosenullfall (ohne Verkehr vom Planfall 1) herangezogen

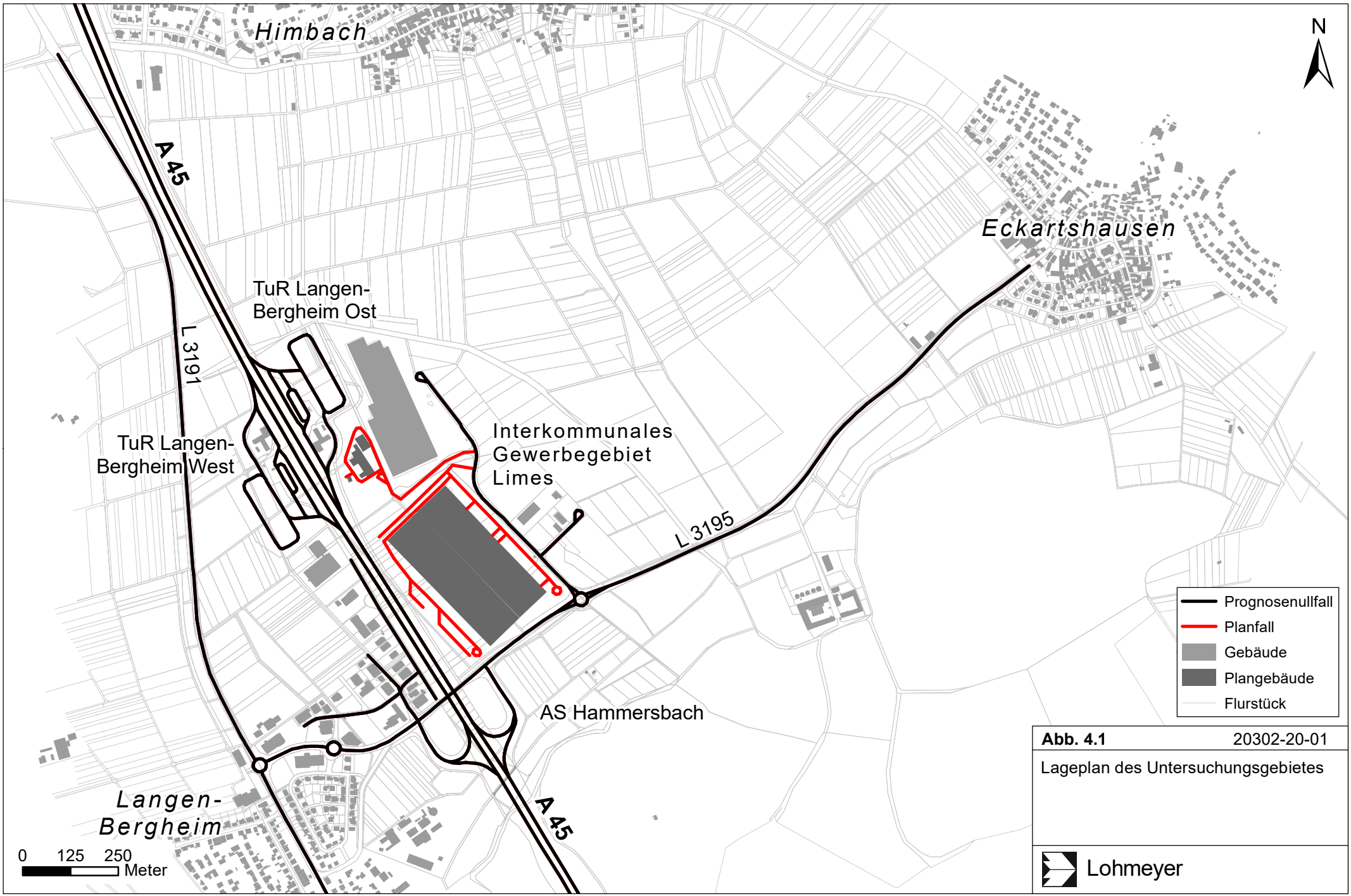


**Abb. 4.1** 20302-20-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes

Lohmeyer

wird und dem Planfall mit Verkehr des voll entwickelten Interkommunalen Gewerbegebietes Limes gegenübergestellt wird.

Für die A 45 wurden die Verkehrsbelegungsdaten den Angaben der automatischen Zählstellen Marköbel südlich der Anschlussstelle Hammersbach und Langen-Bergheim nördlich der Anschlussstelle für das Jahr 2018 entnommen und aufgerundet nach Fahrtrichtung getrennt berücksichtigt.

Die Verkehrsbelegungen für den Prognosenullfall und den Planfall sind in **Abb. 4.2** und **Abb. 4.3** dargestellt. Diese Verkehrsbelegungsdaten werden hier für die Emissionsberechnungen unverändert auf das Bezugsjahr 2022 mit der entsprechenden Kfz-Flottenzusammensetzung angewendet, dem Jahr der Inbetriebnahme wesentlicher Teile des Interkommunalen Gewerbegebietes Limes.

Für das Gewerbegebiet Limes liegen keine detaillierten Angaben zur kleinräumigen Aufteilung der Kfz- und SV-Fahrten zu. Aus der Angabe der Stellplatzflächen und der An- und Ablieferbereiche wurde für die luftseitigen Betrachtungen hier grob eine Aufteilung der Fahrten vorgenommen. Um die Rangiervorgänge etc. zu berücksichtigen, wird in den Stellplatz- und Ladebereichen ein Stop&Go Verkehrsfluss und auf den Fahrstrecken der Verkehrsfluss für Nebenstraßen mit dichtem bis gesättigtem Verkehr gewählt.

Für die Tank- und Rastanlage liegen keine Angaben der Frequentierung vor. Aus Luftbildern wurde grob die Anzahl der Stellplätze mit 70 für PKW und 81 für Schwerverkehr auf der Ostseite und mit 101 für PKW und 85 für Schwerverkehr auf der Westseite abgeschätzt. In Anlehnung an Angaben der RL90 werden damit 2 300 Fahrten bei 53.6% SV-Anteil auf der Ostseite und 2 800 Fahrten bei 47.5% SV-Anteil auf der Westseite abgeschätzt. Für die Fahrstrecken und Stellplatzbereiche auf der Rastanlage wird für die Emissionsberechnung ein eingeschränkter Verkehrsfluss angesetzt.

Zur Berechnung der zeitlichen Verteilung der Emissionen werden zusätzlich zu den Verkehrsstärken und LKW-Anteilen die Verkehrstagesganglinien an Werktagen, Samstagen und Sonntagen benötigt, die insbesondere der Ermittlung der Kurzzeitbelastungen dienen. Diese wurden der Zählstelle Marköbel für 2018 entnommen.

## 4.2 Meteorologische Daten

Für die Berechnung der Schadstoffimmissionen werden so genannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsver

**Abb. 4.2** 20302-20-01

Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Prognosenullfall

Lohmeyer

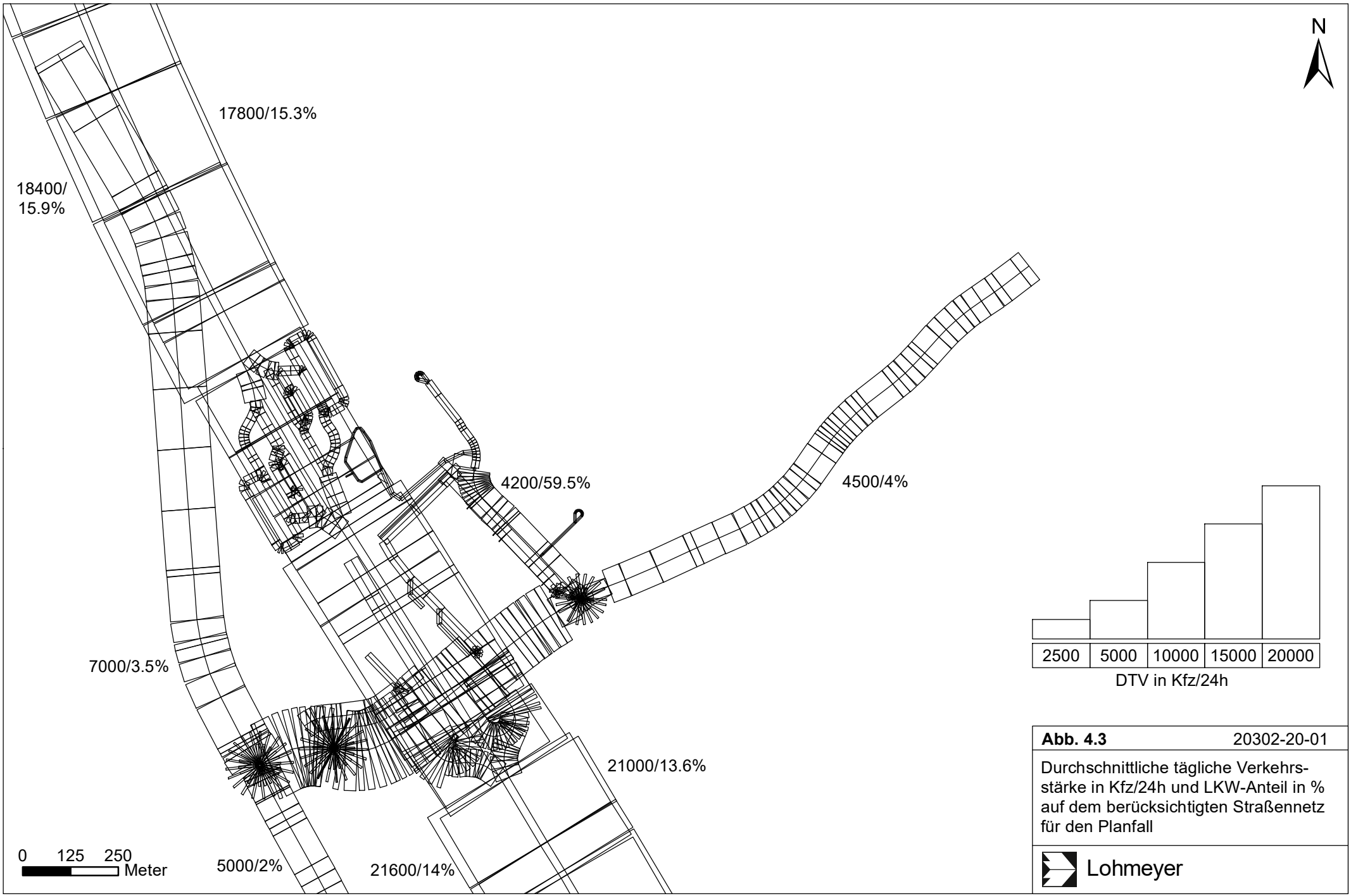


**Abb. 4.3** 20302-20-01

Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke in Kfz/24h und LKW-Anteil in % auf dem berücksichtigten Straßennetz für den Planfall

Lohmeyer

hältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Für das Betrachtungsgebiet bei Hammersbach liegen keine aktuellen langjährigen Windmessdaten vor. In der Umgebung von Hammersbach wurden in zurückliegenden Jahren 1974 bis 1993 in Mittel-Gründau, ca. 12 km südöstlich von Hammersbach, durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) Windmessungen durchgeführt, die als Hauptwindrichtungen südliche bis südwestliche Winde sowie als sekundäres Maximum Winde aus nördlichen Richtungen mit einer jahresmittleren Windgeschwindigkeit von ca. 1.8 m/s erfassten.

Langjährige und aktuelle Windmessdaten liegen am Flughafen Frankfurt am Main vor, die Hauptwindrichtungen aus Südwesten sowie ein Nebenmaximum aus Nordosten bei einer mittleren Windgeschwindigkeit von ca. 3.3 m/s aufweisen.

Für Deutschland liegen flächenhaft regional repräsentative Winddaten der Jahre 2006 bis 2015 mit den Reanalysedaten des DWD (Bollmeyer et al., Borsche et al., Kaiser-Weiss et al., 2015; Borsche et al., 2016) vor, die als Flächenmittelwerte für ca. 6 km x 6 km verfügbar sind und in denen in entsprechender räumlicher Auflösung das Relief und die mittlere Landnutzung berücksichtigt sind. Aus diesen Daten wurden für die vorliegende Aufgabenstellung die Winddaten für den Bereich von Hammersbach ausgelesen. Ergänzend wurden die Daten für den Bereich am Flughafen Frankfurt am Main ausgelesen und den punktuellen Messdaten der Station Flughafen Frankfurt am Main gegenübergestellt. Die Windrichtungsverteilung beider Datensätze ist vergleichbar und die mittlere Windgeschwindigkeit der Reanalysedaten ist mit 2.6 m/s aufgrund der flächenhaften Rauigkeit gegenüber der Messung am Flughafen mit der sehr geringen Rauigkeit aufgrund der flachen Wiesen- und Asphaltflächen geringer.

Die entsprechende Windrose für den Bereich bei Hammersbach für den Zeitraum 2008 bis 2017 ist in **Abb. 4.4** aufgezeigt. Die Hauptwindrichtungen werden durch Winde aus dem südwestlichen Sektor geprägt; Winde aus dem nördlichen Sektor bilden ein sekundäres Maximum und Winde aus dem südöstlichen Sektor kommen häufig vor. Die mittlere Windgeschwindigkeit wurde mit ca. 2.8 m/s in 10 m über der Landnutzung erfasst.

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die beschriebenen Winddaten für den Bereich von Hammersbach unter Berücksichtigung der Rauigkeiten in der Umgebung des Plangebietes herangezogen.

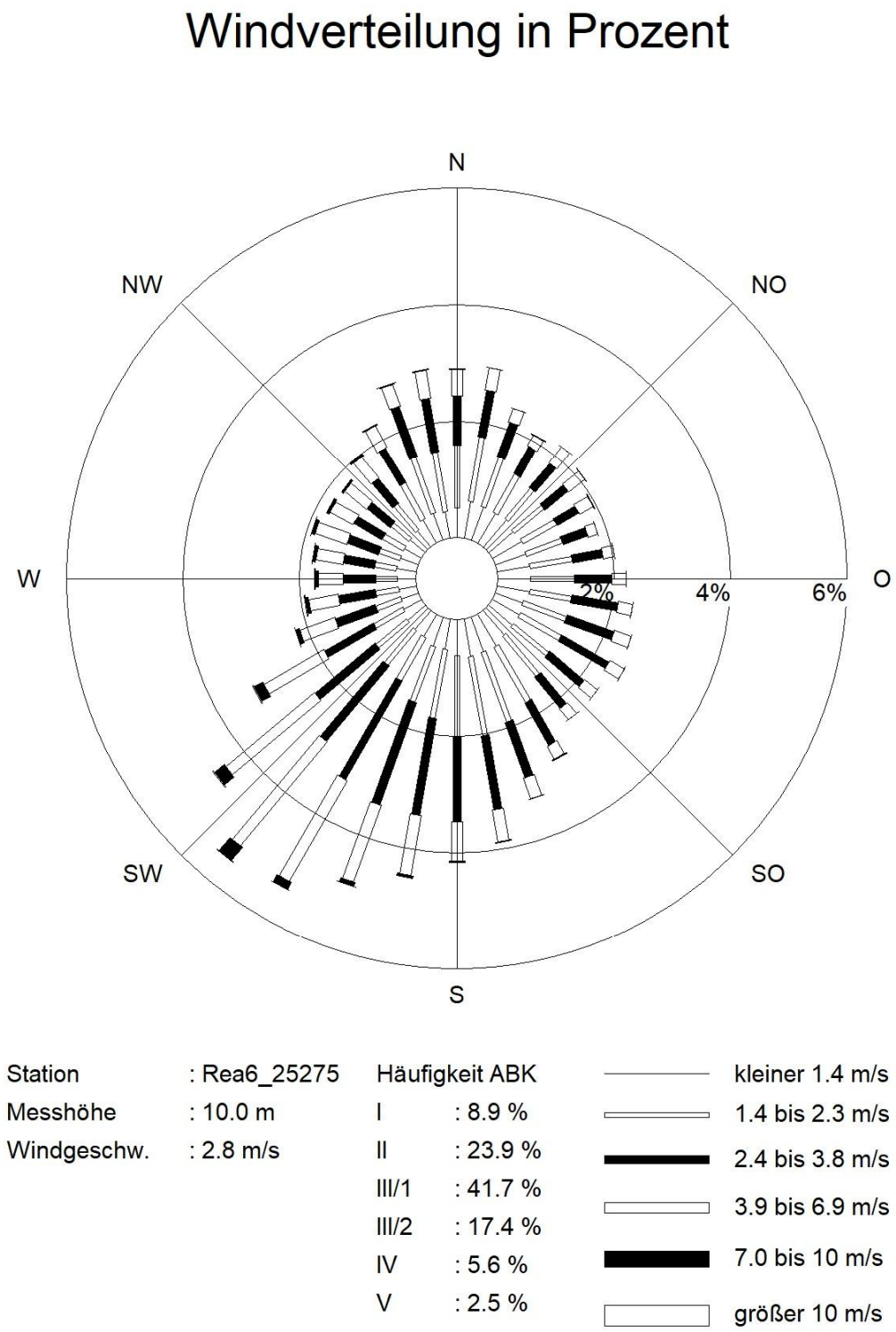


Abb. 4.4: Windrose für Hammersbach basierend auf Reanalysedaten, Zeitraum 2008 bis 2017 (Quelle: DWD)

## 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 Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG) betreibt das Messnetz für Luftschadstoffe in Hessen. In den Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u.a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden (HLNUG, 2011-2020). Die vorliegenden Daten für die dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen sind auszugsweise in **Tab. 4.1** aufgeführt.

Die Messwerte weisen die relativ höchsten Konzentrationen für $NO_2$-Jahresmittelwerte und vor allem für die verkehrsnahen Messstandorte auf. Die PM10-Konzentrationen sind gegenüber den erfassten $NO_2$-Konzentrationen deutlich geringer. Für PM2.5 liegen nur Messwerte an den Stationen in Frankfurt vor, die in den letzten drei Jahren zwischen 11 µg/m³ und 16 µg/m³ lagen.

Entsprechend aktueller Untersuchungen (De Leeuw et al., 2009; Bruckmann et al., 2009) gibt es eine Korrelation zwischen PM10 und PM2.5. De Leeuw et al. (2009) erhielten bei der Datenauswertung ein Verhältnis von PM2.5 zu PM10 zwischen 0.5 und 0.8. Bruckmann et al. (2009) beziffern das Verhältnis zwischen 0.63 und 0.71. Dabei wird hier an Hintergrundstationen im Vergleich zu Stationen in Quellnähe (Verkehr und Industrie) ein höheres Verhältnis von PM2.5 zu PM10 bestimmt.

Auf Grundlage dieser Verhältnisse von PM2.5 zu PM10 und der oben genannten Zusammenhänge wird für das Untersuchungsgebiet eine PM2.5-Hintergrundbelastung von 11 µg/m³ angesetzt.

Aus den verfügbaren Messdaten der nächstgelegenen Stationen werden in Anlehnung an die Messdaten von dem Messstandort Hanau für die Immissionsprognosen die Werte der **Tab. 4.2** für die Hintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet angesetzt.

| Schadstoff-komponente | Zeit-raum | Hanau | Offen-bach Biebe-rer Str. | Offen fen-bach Main-str. | Offenbach Untere Grenzstr. 61 | Offenbach Untere Grenzstr. | Frank furt-Ost | Frankfurt-Friedb. Landstr. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $NO_2$ Jahresmittel ($\mu g/m^3$) | 2010 | 38 | - | - | - | - | 35 | 56 |
| | 2011 | 37 | - | - | - | - | 35 | 57 |
| | 2012 | 34 | - | - | - | - | 34 | 53 |
| | 2013 | 32 | 48 | 55 | 50 | - | 34 | 55 |
| | 2014 | 27 | 45 | 54 | 49 | - | 34 | 55 |
| | 2015 | 24 | 42 | 53 | 49 | 40 | 34 | 53 |
| | 2016 | 26 | 42 | 51 | 48 | 39 | 33 | 52 |
| | 2017 | 27 | 40 | 48 | 48 | 38 | 34 | 47 |
| | 2018 | 25 | 41 | 46 | 44 | 39 | 29 | 46 |
| | 2019 | 24 | 38 | 45 | 45 | 36 | 29 | 42 |
| PM10 Jahresmittel ($\mu g/m^3$) | 2010 | 17 | - | - | - | - | 22 | 29 |
| | 2011 | 20 | - | - | - | - | 21 | 29 |
| | 2012 | 22 | - | - | - | - | 22 | 25 |
| | 2013 | - | - | - | - | - | 22 | 26 |
| | 2014 | 19 | - | - | - | - | 22 | 26 |
| | 2015 | 19 | - | - | - | 22 | 21 | 25 |
| | 2016 | 17 | - | - | - | 20 | 20 | 23 |
| | 2017 | 17 | - | - | - | 22 | 20 | 23 |
| | 2018 | 18 | - | - | - | 23 | 21 | 25 |
| | 2019 | 16 | - | - | - | 22 | 19 | 22 |
| PM10-Überschrei-tungstage (Anzahl) | 2010 | 2 | - | - | - | - | 7 | 26 |
| | 2011 | 8 | - | - | - | - | 9 | 42 |
| | 2012 | 8 | - | - | - | - | 11 | 19 |
| | 2013 | 11 | - | - | - | - | 12 | 21 |
| | 2014 | 6 | - | - | - | - | 13 | 17 |
| | 2015 | 9 | - | - | - | 10 | 10 | 18 |
| | 2016 | 0 | - | - | - | 1 | 3 | 7 |
| | 2017 | 6 | - | - | - | 19 | 10 | 16 |
| | 2018 | 6 | - | - | - | 9 | 7 | 11 |
| | 2019 | 3 | - | - | - | 8 | 4 | 8 |

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in [$\mu g/m^3$] an Messstationen in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (HLNUG, 2011-2020)

| **Schadstoff** | **Jahresmittelwert** [µg/m³] |
|---|---|
| $NO_2$ | 24 |
| PM10 | 16 |
| PM2.5 | 11 |

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2019/2022

# 5 EMISSIONEN

## 5.1 Betrachtete Schadstoffe

Die Kraftfahrzeuge emittieren bei ihrem Betrieb eine Vielzahl von Schadstoffen. Die Relevanz dieser Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei $NO_2$ erreicht, weshalb dieser Stoff im vorliegenden Gutachten detailliert betrachtet wird, ergänzt um Feinstaub (PM10, PM2.5).

## 5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren

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

Die Emissionsfaktoren der Partikel setzen sich hingegen aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI 3782 Blatt 7, 2020).

## 5.3 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 4.1 (UBA, 2019) berechnet; in der aktuellen Version des HBEFA 4.1 sind die nichtmotorbedingten Beiträge für Feinstaub PM10 und PM2.5 integriert.

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugarten Pkw, lNfz, 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 zu betrachtende Bezugsjahr dem HBEFA (UBA, 2019) entnommen.

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

Für diese Ausarbeitung werden innerhalb des Rechengebietes folgende Verkehrssituationen herangezogen, wobei aus der Fahrspuranzahl und der Verkehrsbelegung eine Einschätzung des Auslastungsgrades der Streckenabschnitte erfolgte, der im HBEFA mit „level of service“ LOS bezeichnet wird:

| | | |
|---|---|---|
| AB>130: | Autobahn, ohne Tempolimit | |
| AB80: | Autobahn, Tempolimit 80 km/h (Rampen) | |
| AB80d: | Autobahn, Tempolimit 80 km/h, | dichter Verkehr (Rampen) |
| AB80g: | Autobahn, Tempolimit 80 km/h, | gesättigter Verkehr (T+R) |
| AO-HVS100: | Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, | Tempolimit 100 km/h |
| AO-HVS70d: | Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, | Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr |
| AO-HVS70g: | Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, | Tempolimit 70 km/h, gesättigter Verkehr |
| IO-HVS50: | Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, | Tempolimit 50 km/h |
| IO-HVS50d: | Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, | Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr |
| IO-HVS50g: | Innerörtliche Hauptverkehrsstraße, | Tempolimit 50 km/h, gesättigter Verkehr |
| IO-NS50: | Innerörtliche Nebenstraße, | Tempolimit 50 km/h |
| IO-NS50d: | Innerörtliche Nebenstraße, | Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr |
| IO-NS30d: | Innerörtliche Nebenstraße, | Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr |
| IO-NS30g: | Innerörtliche Nebenstraße, | Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr |

IO-NS30s: Innerörtliche Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, Stop&Go (Parkplatz)

Das „Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) berücksichtigt eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Euro-6-Diesel-PKW sowie den Einfluss der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW und leichte Nutzfahrzeuge. Diese relativen Anpassungen werden hier angewendet und berücksichtigen für das Betrachtungsgebiet bei Hammersbach eine mittlere Lufttemperatur von ca. 10.9°C im Zeitraum 2010 bis 2019 (Quelle DWD) an der Station Bad Nauheim, die gegenüber der im HBEFA verwendeten mittleren deutschlandweiten Lufttemperatur von 9°C höher liegt.

**Tab. 5.1** gibt einen Überblick über die im vorliegenden Fall jeweils angesetzten Verkehrssituationen, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Gegenverkehrsstrecken (gekennzeichnet durch vorangestellte „_“-Unterstrichzeichen), und die zugehörigen Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2022 unter Angabe der mittleren Fahrgeschwindigkeiten; für zukünftige Jahre sind aufgrund der Fortentwicklung der Kfz-Flottenzusammensetzung und dem vermehrten Einbinden von emissionsgeminderten Technologien geringere Emissionsfaktoren aus der Datenbank ablesbar. **Abb. 5.1** zeigt die angesetzten Verkehrssituationen für den Planfall.

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe $NO_x$ und $NO_{2direkt}$ sowie PM10, PM2.5 werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und Lkw-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

**Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für die L 3195 östlich der Anschlussstelle sowie für die A 45 südlich der Anschlussstelle die Verkehrskenndaten und berechneten Emissionen, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten für den Prognosenullfall und den Planfall. In Anhang A3 sind die berechneten Emissionen im Straßennetz und deren räumliche Verteilung grafisch aufgezeigt.

Auf der L 3195 östlich der Anschlussstelle ist mit der Planung eine Verdoppelung des Kfz-Verkehrs und eine Zunahme der Schwerverkehrten um das 20-fache zu erwarten; die Emissionen nehmen mit der Planung um das Dreifache bis Vierfache gegenüber dem angesetzten Prognosenullfall zu. Im Vergleich zur A 45 umfassen die Emissionen der L 3195 im Planfall zwischen 10% und 30% derjenigen der Autobahn.

| **Straßen-parameter** | | **spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in g/km 2022** | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Verkehrs-situation** (Kürzel) | **Geschwindigkeit** in km/h | **$NO_x$** | | **$NO_{2\ direkt}$** | | **Partikel (nur Abgas)** | | **Partikel PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)** | | **Partikel PM2.5 (nur Abrieb und Aufwirbelung)** | |
| | | **LV** | **SV** | **LV** | **SV** | **LV** | **SV** | **LV** | **SV** | **LV** | **SV** |
| AB>130 | 142.7 | 0.660 | 0.740 | 0.2137 | 0.1540 | 0.0078 | 0.0165 | 0.030 | 0.13 | 0.009 | 0.044 |
| AB>130_2 | 142.7 | 0.686 | 1.012 | 0.2229 | 0.2166 | 0.0100 | 0.0115 | 0.030 | 0.13 | 0.009 | 0.044 |
| AB>130_4 | 142.7 | 0.747 | 0.876 | 0.2458 | 0.1656 | 0.0109 | 0.0137 | 0.030 | 0.13 | 0.009 | 0.044 |
| AB80 | 82.8 | 0.204 | 0.782 | 0.0645 | 0.1649 | 0.0020 | 0.0162 | 0.030 | 0.13 | 0.010 | 0.046 |
| AB80_2 | 82.8 | 0.230 | 1.105 | 0.0732 | 0.2426 | 0.0022 | 0.0127 | 0.030 | 0.13 | 0.010 | 0.046 |
| AB80_4 | 82.8 | 0.306 | 0.857 | 0.0990 | 0.1607 | 0.0027 | 0.0136 | 0.030 | 0.13 | 0.010 | 0.046 |
| AB80d | 75.5 | 0.206 | 0.850 | 0.0647 | 0.1812 | 0.0021 | 0.0164 | 0.030 | 0.13 | 0.011 | 0.051 |
| AB80g | 49.1 | 0.304 | 1.726 | 0.0970 | 0.3953 | 0.0031 | 0.0181 | 0.030 | 0.13 | 0.012 | 0.055 |
| AO-HVS100 | 94.0 | 0.288 | 0.970 | 0.0925 | 0.1960 | 0.0027 | 0.0187 | 0.030 | 0.13 | 0.009 | 0.048 |
| AO-HVS100_2 | 94.0 | 0.314 | 1.214 | 0.1009 | 0.2492 | 0.0029 | 0.0153 | 0.030 | 0.13 | 0.009 | 0.048 |
| AO-HVS70 | 67.0 | 0.212 | 1.129 | 0.0668 | 0.2330 | 0.0022 | 0.0185 | 0.026 | 0.10 | 0.012 | 0.056 |
| AO-HVS70_2 | 67.0 | 0.229 | 1.348 | 0.0724 | 0.2846 | 0.0022 | 0.0171 | 0.026 | 0.10 | 0.012 | 0.056 |
| AO-HVS70d | 53.8 | 0.276 | 1.568 | 0.0870 | 0.3306 | 0.0025 | 0.0202 | 0.033 | 0.35 | 0.013 | 0.064 |
| AO-HVS70d_2 | 53.8 | 0.291 | 1.741 | 0.0919 | 0.3812 | 0.0026 | 0.0196 | 0.033 | 0.35 | 0.013 | 0.064 |
| AO-HVS70g | 37.0 | 0.386 | 2.796 | 0.1223 | 0.6313 | 0.0034 | 0.0267 | 0.040 | 0.70 | 0.015 | 0.068 |
| IO-HVS50 | 49.0 | 0.237 | 1.669 | 0.0687 | 0.3287 | 0.0060 | 0.0211 | 0.026 | 0.10 | 0.014 | 0.066 |
| IO-HVS50_2 | 49.0 | 0.250 | 1.517 | 0.0729 | 0.3144 | 0.0060 | 0.0216 | 0.026 | 0.10 | 0.014 | 0.066 |
| IO-HVS50d | 39.6 | 0.303 | 2.275 | 0.0901 | 0.4658 | 0.0064 | 0.0250 | 0.032 | 0.35 | 0.015 | 0.068 |
| IO-HVS50d_2 | 39.6 | 0.312 | 2.016 | 0.0930 | 0.4286 | 0.0065 | 0.0255 | 0.032 | 0.35 | 0.015 | 0.068 |
| IO-HVS50d_4 | 39.6 | 0.350 | 1.685 | 0.1057 | 0.3435 | 0.0067 | 0.0259 | 0.032 | 0.35 | 0.015 | 0.068 |
| IO-HVS50g | 24.9 | 0.435 | 3.989 | 0.1321 | 0.8727 | 0.0074 | 0.0413 | 0.039 | 0.70 | 0.016 | 0.068 |
| IO-NS30d | 26.5 | 0.383 | 3.123 | 0.1040 | 0.6286 | 0.0074 | 0.0383 | 0.035 | 0.50 | 0.016 | 0.068 |
| IO-NS30d_2 | 26.5 | 0.386 | 2.933 | 0.1049 | 0.5993 | 0.0074 | 0.0384 | 0.035 | 0.50 | 0.016 | 0.068 |
| IO-NS30g | 17.1 | 0.476 | 4.839 | 0.1349 | 1.0343 | 0.0086 | 0.0486 | 0.044 | 1.20 | 0.016 | 0.068 |
| IO-NS30s | 9.6 | 0.545 | 8.144 | 0.1568 | 1.7892 | 0.0098 | 0.0739 | 0.044 | 1.20 | 0.016 | 0.068 |
| IO-NS50 | 43.8 | 0.342 | 2.046 | 0.0916 | 0.4214 | 0.0069 | 0.0236 | 0.033 | 0.35 | 0.015 | 0.068 |
| IO-NS50_2 | 43.8 | 0.349 | 2.405 | 0.0941 | 0.5422 | 0.0069 | 0.0240 | 0.033 | 0.35 | 0.015 | 0.068 |
| IO-NS50_4 | 43.8 | 0.390 | 1.656 | 0.1082 | 0.3383 | 0.0072 | 0.0244 | 0.033 | 0.35 | 0.015 | 0.068 |
| IO-NS50d | 33.0 | 0.409 | 2.479 | 0.1126 | 0.5087 | 0.0075 | 0.0281 | 0.035 | 0.50 | 0.016 | 0.068 |
| IO-NS50d_2 | 33.0 | 0.420 | 2.263 | 0.1163 | 0.4695 | 0.0076 | 0.0286 | 0.035 | 0.50 | 0.016 | 0.068 |

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2022

**Abb. 5.1** 20302-20-01

Verkehrssituation auf dem Straßennetz für den Planfall. Straßenabschnitte mit Längsneigungen über 2% sind dicker eingezeichnet

Lohmeyer

| | **DTV** in Kfz/24h | **LKW-Anteil** in % | **Verkehrs-situation** | **Mittlere Emissionsdichte** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **$NO_x$** in mg/(m*s) | **$NO_{2d}$** in mg/(m*s) | **PM10** in mg/(m*s) | **PM2.5** in mg/(m*s) |
| Prognosenullfall | 4 250 | 3.1 | AO-HVS70 | 0.012 | 0.0035 | 0.0015 | 0.0008 |
| Planfall | 8 300 | 31.3 | AO-HVS70 | 0.048 | 0.0114 | 0.0054 | 0.0032 |
| A 45 | 42 600 | 13.8 | AB>130 | 0.331 | 0.1013 | 0.0260 | 0.0113 |

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen für die L 3195 östlich der Anschlussstelle sowie für die A 45 südlich der Anschlussstelle

# 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 Bereich des Plangebietes 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 die derzeit geltenden Grenzwerte für $NO_2$ und PM10 von 40 µg/m³ im Jahresmittel mit roter Farbe; der PM10-Schwellenwert von 29 µg/m³ im Jahresmittel zur Ableitung des PM10-Kurzzeitwertes wird mit gelber Farbe belegt. Der Grenzwert für den PM2.5-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ wird mit roter Farbe und der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ mit gelber Farbe belegt. Weiße Flächen kennzeichnen Bereiche ohne Datenwert.

## 6.1 Stickstoffdioxid

Die Auswertung der berechneten $NO_2$-Immissionen erfolgt für die Auswertehöhe von ca. 1.5 m über dem Gelände, der „Nasenhöhe“ der sich im Freien aufhaltenden Passanten bzw. dem Eingangs- und Hofbereich von Wohngebäuden.

Die **Abb. 6.1** zeigt die berechneten $NO_2$-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Prognosenullfall im Jahr 2022. Die höchsten $NO_2$-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45, der Anschlussstelle sowie der Tank- und Rastanlage berechnet. Am Fahrbahnrand sind teilweise $NO_2$-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle und der L 3195 Richtung Hammersbach an der nächstgelegenen Bebauung zu $NO_2$-Jahresmittelwerten bis 30 µg/m³, an den Gebäuden nahe der A 45 auch bis 34 µg/m³. In weiteren Siedlungsbereichen von Hammersbach sind $NO_2$-Jahresmittelwerte unter 28 µg/m³ abgeleitet.

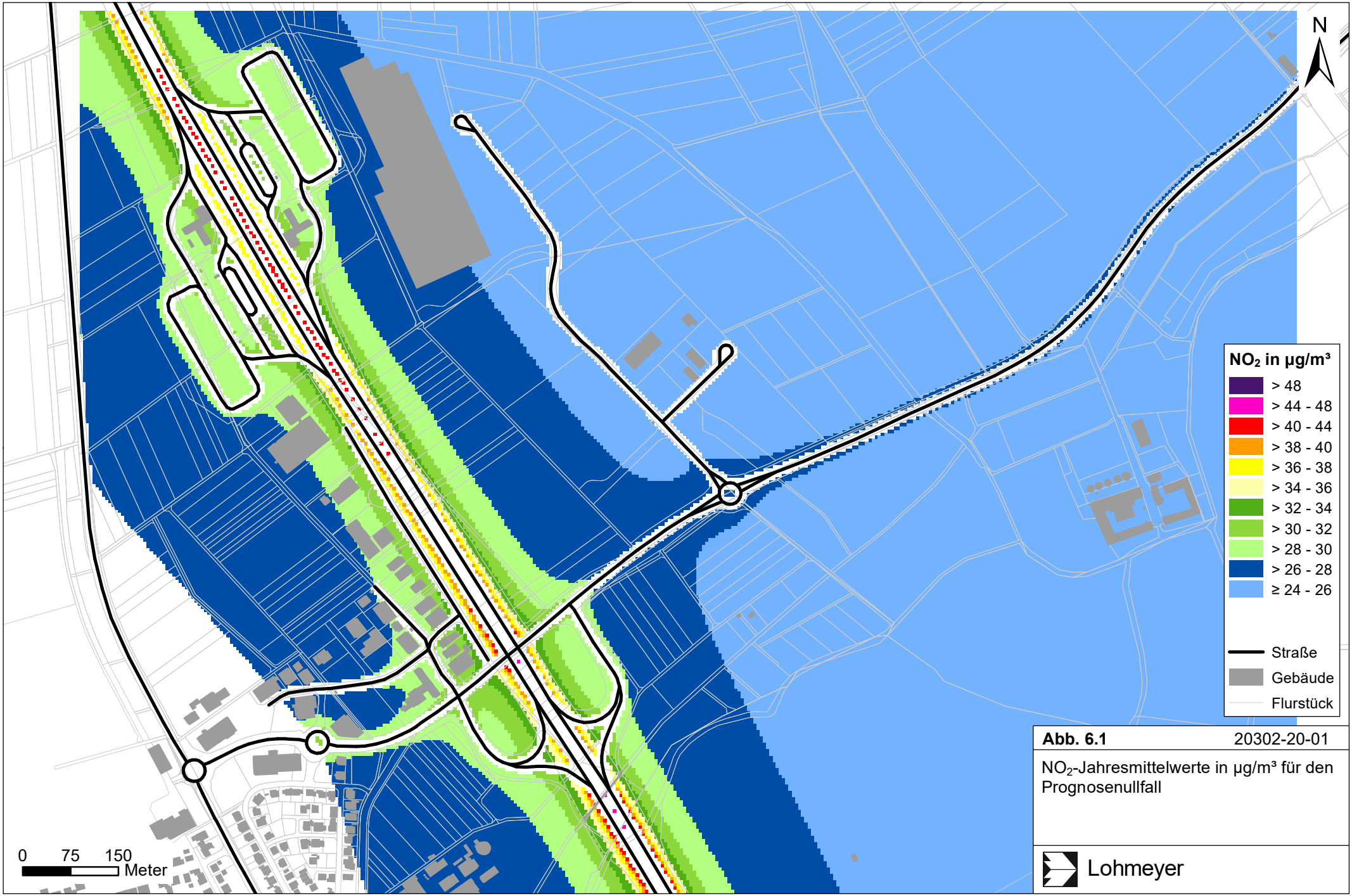


**Abb. 6.1** 20302-20-01

$NO_2$-Jahresmittelwerte in µg/m³ für den Prognosenullfall

Lohmeyer

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit entscheidend ist, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung, z. B. Wohnnutzung, führen. An der zur L 3195 nächstgelegenen, beurteilungsrelevanten Bebauung werden im Prognosenullfall 2022 $NO_2$-Jahresmittelwerte bis 30 µg/m³, an der zur A 45 nächstgelegenen Bebauung bis 34 µg/m³ ermittelt. Der geltende Grenzwert für $NO_2$-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird somit im Prognosenullfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten.

In **Abb. 6.2** sind die im Planfall 2022 berechneten $NO_2$-Gesamtbelastungen mit dem Kfz-Verkehr durch den Betrieb des geplanten Gewerbegebietes Limes dargestellt. Die höchsten $NO_2$-Gesamtbelastungen werden im Planfall entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45, der Anschlussstelle sowie der Tank- und Rastanlage berechnet. Am Fahrbahnrand sind teilweise $NO_2$-Jahresmittelwerte über 40 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle, der L 3195 und den gewerblichen Verkehr an der nächstgelegenen Bebauung Richtung Hammersbach zu $NO_2$-Jahresmittelwerten bis 30 µg/m³, an den Gebäuden nahe der A 45 auch bis 34 µg/m³. In der Umgebung des Gewerbegebietes Limes wird flächenhaft eine gewisse Zunahme der $NO_2$-Konzentrationen prognostiziert, die jedoch nicht zu Konzentrationen über 40 µg/m³ führen. In weiteren Siedlungsbereichen von Hammersbach sind $NO_2$-Jahresmittelwerte unter 28 µg/m³ abgeleitet.

Der geltende Grenzwert für $NO_2$-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ wird trotz erhöhtem Beitrag durch den gewerblichen Verkehr des Gewerbegebietes Limes im Planfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten.

Bei $NO_2$-Jahresmittelwerten unter 40 µg/m³ wird auch der $NO_2$-Kurzzeit-Grenzwert von jährlich mehr als 19 Überschreitungen eines Stundenmittelwertes von 200 µg/m³ deutlich unterschritten. Auf grafische Darstellungen wird hier verzichtet.

## 6.2 Feinstaub PM10

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen PM10 liegen zwei Beurteilungsgrößen vor. Diese sind der Jahresmittelwert und der Kurzzeitwert, der max. 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von 50 µg PM10/m³ 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 µg/m³ der Kurzzeitwert überschritten ist. Im Folgen

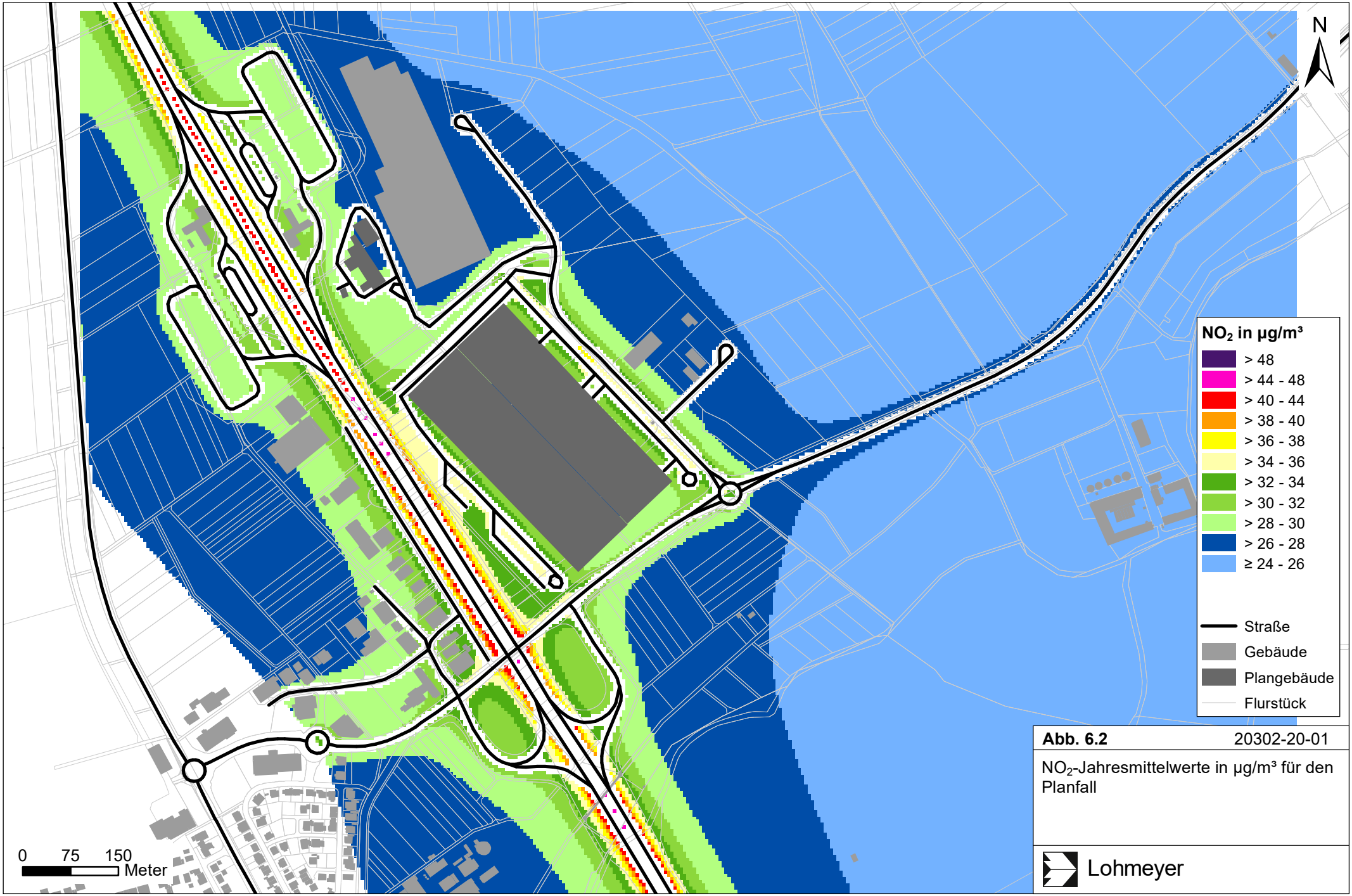


**Abb. 6.2** 20302-20-01

$NO_2$-Jahresmittelwerte in µg/m³ für den Planfall

Lohmeyer

den werden die berechneten PM10-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von 29 µg/m³ und 40 µg/m³ diskutiert.

Die **Abb. 6.3** zeigt die berechneten PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Prognosenullfall im Jahr 2022. Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen werden im Prognosenullfall entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45 berechnet. Am Fahrbahnrand sind teilweise PM10-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle und der L 3195 zu PM10-Jahresmittelwerten über 17 µg/m³, an den Gebäuden von Hammersbach werden bis 17 µg/m³ berechnet. Der geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ und der Schwellenwert von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung werden somit im Prognosenullfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

In **Abb. 6.4** sind die im Planfall 2022 mit dem Kfz-Verkehr durch den Betrieb des geplanten Gewerbegebietes Limes dargestellt. Die höchsten PM10-Gesamtbelastungen werden im Planfall entlang der Fahrbahn der Autobahn A 45 und den Fahrwegen des geplanten Gewerbegebietes Limes berechnet. An den Fahrbahnrändern sind PM10-Jahresmittelwerte bis 20 µg/m³ berechnet. Nahe der A 45 führen Überlagerungen der Beiträge der Autobahn, der Anschlussstelle, der L 3195 und des gewerblichen Verkehrs an der nächstgelegenen Bebauung Richtung Hammersbach zu PM10-Jahresmittelwerten bis 18 µg/m³. In der Umgebung des Gewerbegebietes Limes wird flächenhaft eine gewisse Zunahme der PM10-Konzentrationen prognostiziert, die jedoch nicht zu Konzentrationen über 20 µg/m³ führen. Der geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ und der Schwellenwert von 29 µg/m³ zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung werden somit im Planfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

## 6.3 Feinstaubimmissionen (PM2.5)

Für die Bewertung der Feinstaubimmissionen (PM2.5) werden zwei Beurteilungswerte festgelegt. Diese sind der Grenzwert (Jahresmittelwert) von 25 µg/m³, der ab dem Jahr 2015 einzuhalten ist und der Richtgrenzwert (Jahresmittelwert) von 20 µg/m³, der ab dem Jahr 2020 einzuhalten ist. Im Folgenden werden die berechneten PM2.5-Jahresmittelwerte dargestellt und mit Blick auf die beiden Werte von 25 µg/m³ und 20 µg/m³ diskutiert.

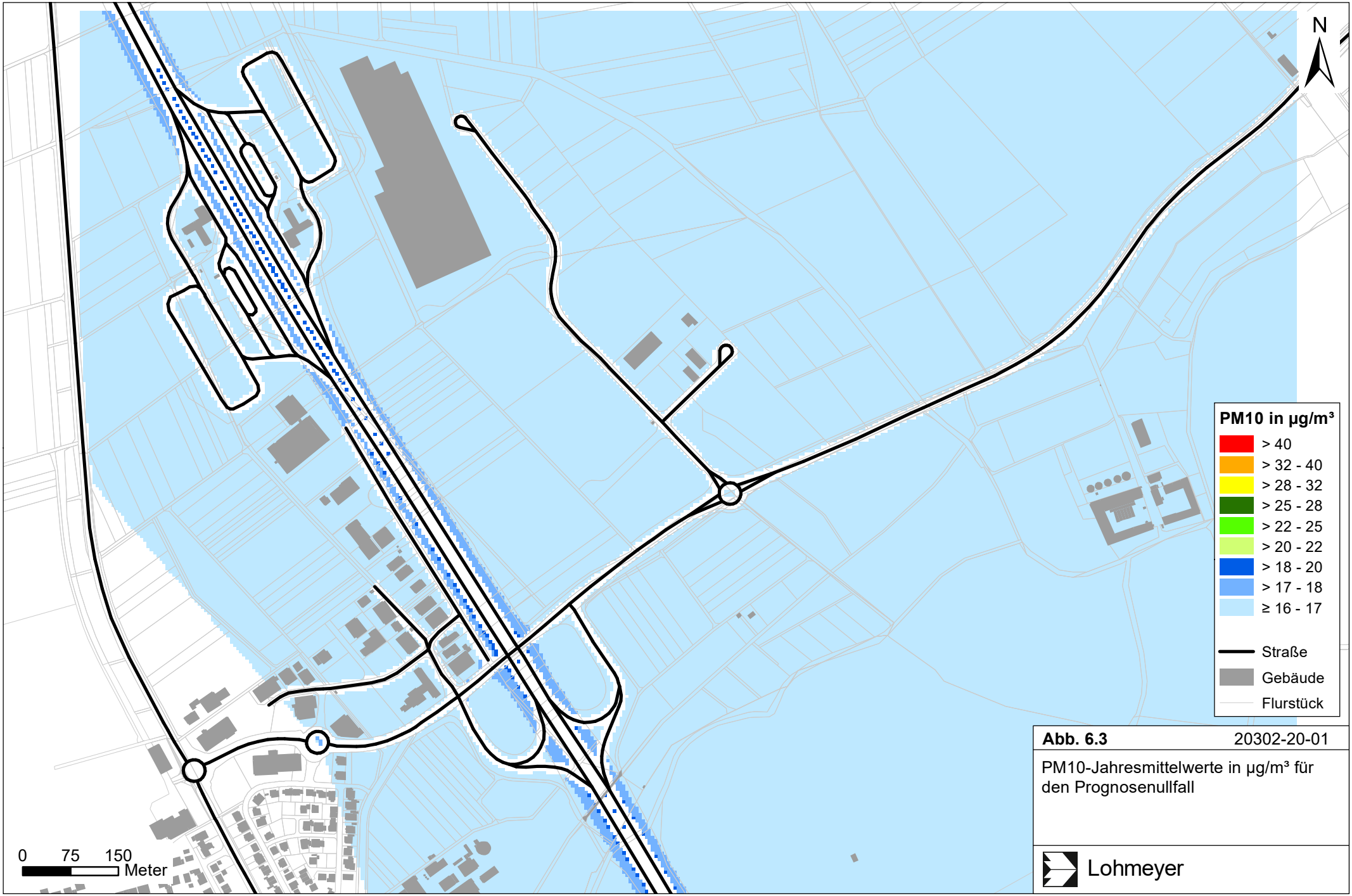


**Abb. 6.3** 20302-20-01

PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ für den Prognosenullfall

Lohmeyer

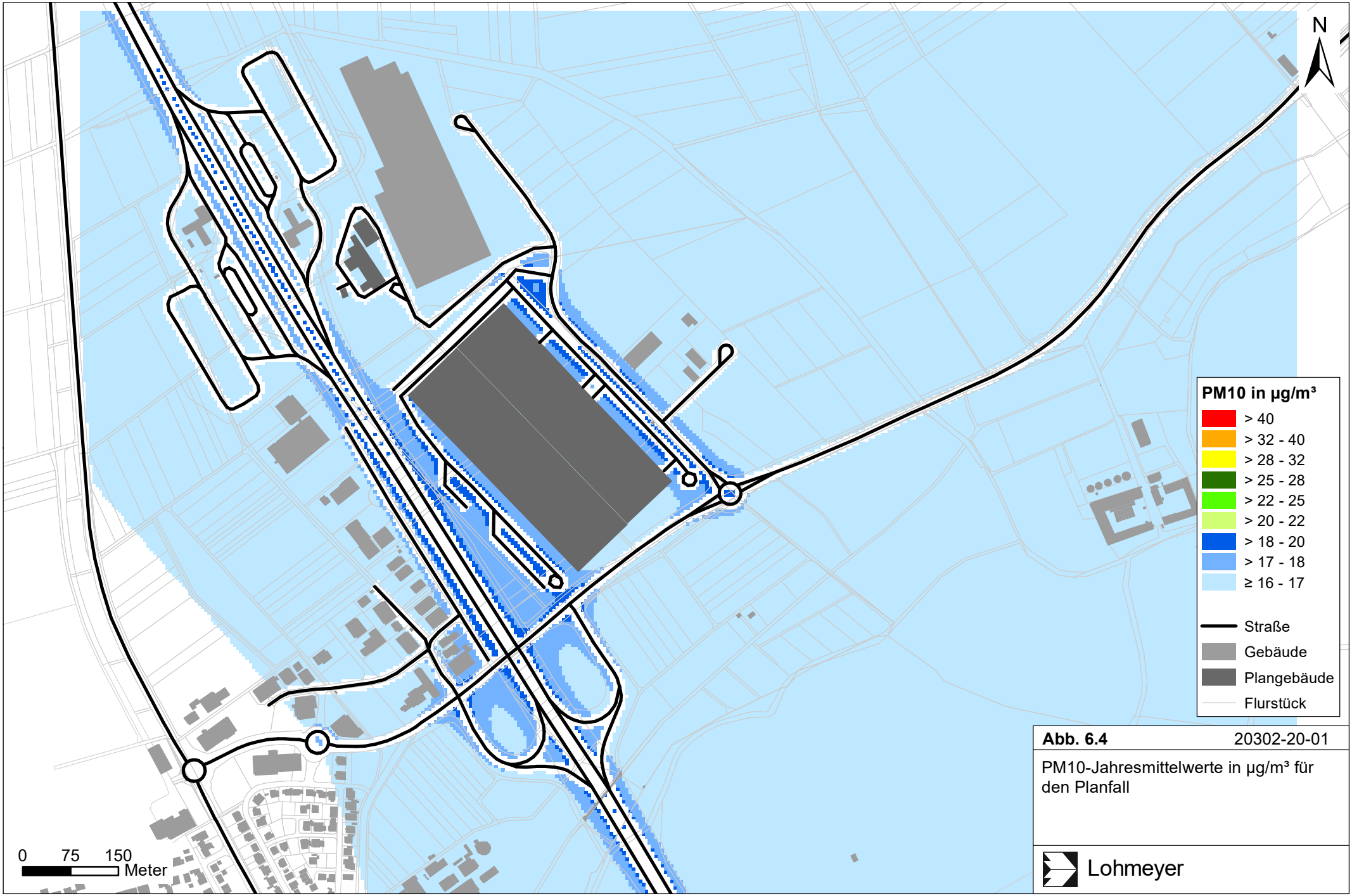


**Abb. 6.4** 20302-20-01

PM10-Jahresmittelwerte in µg/m³ für den Planfall

Lohmeyer

Die **Abb. 6.5** zeigt die berechneten PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) für den Prognosenullfall im Jahr 2022 und die **Abb. 6.6** die für den Planfall. Insgesamt werden mit der Hintergrundbelastung vergleichbare PM2.5-Konzentrationen berechnet, wobei am Fahrbahnrand der Autobahn teilweise PM10-Immissionen bis 13 µg/m³ berechnet sind. Der geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von 25 µg/m³ und der Richtgrenzwert von 20 µg/m³ werden somit im Prognosenullfall 2022 und im Planfall 2022 an der beurteilungsrelevanten Bebauung im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

**Abb. 6.5** 20302-20-01

PM2.5-Jahresmittelwerte in µg/m³ für den Prognosenullfall

Lohmeyer

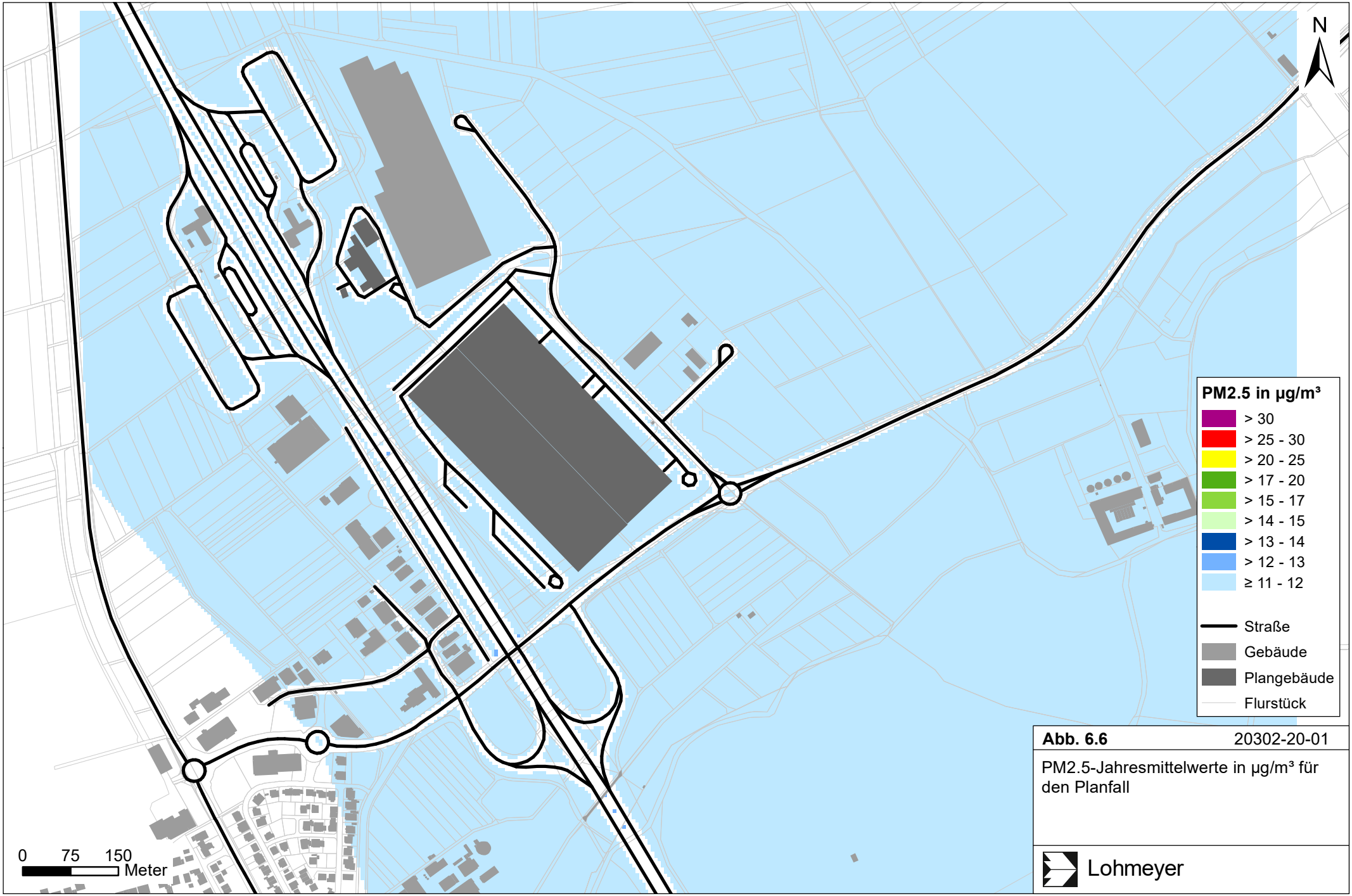


**Abb. 6.6** 20302-20-01

PM2.5-Jahresmittelwerte in µg/m³ für den Planfall

Lohmeyer

# 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. Luftqualitätsrichtlinie der EU durch Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) und BImSchG – Änderung in deutsches Recht umgesetzt. Im Internet unter www.bmu.de

Bächlin, W., Bösinger, R. (2007): Aktualisierung des NO-$NO_2$-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennnahe Stickoxidfreisetzung. Projekt 60976-04-01. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG. Gutachten im Auftrag des Landesamtes für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen (unveröffentlicht).

BASt (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, Heft 36. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr, Bergisch Gladbach, 1986. Hrsg.: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.

BASt (2005): PM10-Emissionen an Außerortsstraßen – mit Zusatzuntersuchung zum Vergleich der PM10-Konzentrationen aus Messungen an der A 1 Hamburg und Ausbreitungsrechnungen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 125, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.

BASt (2007): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Heft V 178, Bergisch-Gladbach, Januar 2009.

Bruckmann, P., Otto, R., Wurzler, S., Pfeffer, U., Doppelfeld, A., Beier, R. (2009): Welche Anforderungen stellen die neuen europäischen Regelungen zu der Feinstaubfraktion $PM_{2.5}$ an den Immissionsschutz? Immissionsschutz 3/09.

De Leeuw, F., Horálek, J. (2009): Assessment of health impacts of exposure to PM2.5 at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009/1. European Topic Centre on Air an Climate Change, June 2009.

Düring, I., Lohmeyer. A. (2011): Einbindung des HBEFA 3.1 in das FIS Umwelt und Verkehr sowie Neufassung der Emissionsfaktoren für Aufwirbelung und Abrieb des Straßenverkehrs. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit der TU Dresden sowie der BEAK Consultants GmbH. Projekt 70675-09-10, Juni 2011. Gutachten im Auftrag von: Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden.

Düring, I., Bächlin, W., Ketzel, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzler, S. (2011): A new simplified NO/$NO_2$ conversion model under consideration of direct $NO_2$-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).

DWD (2009): Qualifizierte Prüfung (QPR) der Übertragbarkeit einer Ausbreitungsklassenstatistik (AKS) bzw. einer Ausbreitungszeitreihe (AKTerm) nach TA Luft 2002 auf den Bereich der Trasse der Autobahn A39 Lüneburg – Wolfsburg, 7. Abschnitt. Deutscher Wetterdienst, Offenbach am Main, 2009.

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., Bösinger, 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.

HLNUG (2011-2020): Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/$m^3$ an Stationen des Landesmessnetzes Hessen. Im Internet unter www.hlnug.de

IMB Plan (2021): Bebauungsplan „Gewerbegebiet Limes - Erweiterung West“ - Verkehrsuntersuchung-“. IMB Plan GmbH, Hanau, Januar 2021.

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.

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

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.

Romberg, E., Bösinger, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-$NO_2$-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft, Band 56, Heft 6, S. 215-218.

Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138). http://bwplus.fzk.de

TA Luft (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA Luft) vom 24. Juli 2002 (GMBl. 2002, Heft 25 – 29, S. 511 – 605)

TREMOD (2010): TREMOD – Transport Emission Model: Fortschreibung und Erweiterung ”Daten- und Rechenmodell: Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des motorisierten Verkehrs in Deutschland 1960-2030”. Im Auftrag des Umweltbundesamtes, FKZ 3707 45 101, Version 5.1, ifeu - Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg. 2010.

UBA (2019): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs. Version 4.1 / September 2019. Hrsg.: Umweltbundesamt, Berlin. www.hbefa.net.

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

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.

# A N H A N G A1

# BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

# A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN

## A1.1 Grenzwerte

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

Grenzwerte sind rechtlich verbindliche Beurteilungswerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit, der Vegetation oder des Bodens, die einzuhalten sind und nicht überschritten werden dürfen. Die in Deutschland für den Einflussbereich von Straßen maßgebenden Grenzwerte sind in der 39. BImSchV (2010) benannt, dort als Immissionsgrenzwert bezeichnet. Bezüglich verkehrsbedingter Luftschadstoffe sind derzeit $NO_2$, PM10 und PM2.5 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 PM10 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 PM2.5, Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM10-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/m³ | 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 PM2.5-Exposition von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten. Die durchschnittliche PM2.5-Exposition für das Referenzjahr 2010 ist vom UBA festzustellen und basiert auf dem gleitenden Jahresmittelwert der Messstationen im städtischen und regionalen Hintergrund für die Jahre 2008 bis 2010. Ab dem Jahr 2020 soll als Zielwert eine reduzierte durchschnittliche PM2.5-Exposition eingehalten werden. Das Reduktionsziel beträgt in Abhängigkeit vom Ausgangswert im Referenzjahr 2010 bis zu 20%, mindestens jedoch soll das Ziel von 18 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 umsetzt.

Im Unterschied zur 39. BImSchV soll nach der EU-Luftqualitätsrichtlinie ab dem Jahr 2020 ein PM2.5-Richtgrenzwert von 20 µg/m$^3$ 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 A2

# BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

# A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

Für die Berechnung der Schadstoffimmission an einem Untersuchungspunkt kommt das Berechnungsverfahren PROKAS zur Anwendung, welches den Einfluss des umgebenden Straßennetzes bis in eine Entfernung von mehreren Kilometern vom Untersuchungspunkt berücksichtigt. Es besteht aus dem Basismodul PROKAS_V (Gaußfahnenmodell) und dem integrierten Bebauungsmodul PROKAS_B, das für die Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung eingesetzt wird.

## A2.1 Berechnung der Immissionen mit PROKAS_V

Die Zusatzbelastung infolge des Straßenverkehrs in Gebieten ohne oder mit lockerer Randbebauung wird mit dem Modell PROKAS ermittelt. Es werden jeweils für 36 verschiedene Windrichtungsklassen und 9 verschiedene Windgeschwindigkeitsklassen die Schadstoffkonzentrationen berechnet. Die Zusatzbelastung wird außerdem für 6 verschiedene Ausbreitungsklassen ermittelt. Mit den berechneten Konzentrationen werden auf der Grundlage von Emissionsganglinien bzw. Emissionshäufigkeitsverteilungen und einer repräsentativen Ausbreitungsklassenstatistik die statistischen Immissionskenngrößen Jahresmittel- und 98-Perzentilwert ermittelt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in $NO_2$ erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2007). Für Jahresmittelwerte wird die NO-$NO_2$-Konversion mit einem vereinfachten Chemiemodell berücksichtigt (Düring et al., 2011).

## A2.2 Berechnung der Immissionen in Straßen mit dichter Randbebauung mit PROKAS_B

Im Falle von teilweise oder vollständig geschlossener Randbebauung (etwa einer Straßenschlucht) ist die Immissionsberechnung nicht mit PROKAS_V durchführbar. Hier wird das ergänzende Bebauungsmodul PROKAS_B verwendet. Es basiert auf Modellrechnungen mit dem mikroskaligen Ausbreitungsmodell MISKAM für idealisierte Bebauungstypen. Dabei wurden für 20 Bebauungstypen und jeweils 36 Anströmrichtungen die dimensionslosen Abgaskonzentrationen c* in 1.5 m Höhe und 1 m Abstand zum nächsten Gebäude bestimmt.

Die Bebauungstypen werden unterschieden in Straßenschluchten mit ein- oder beidseitiger Randbebauung mit verschiedenen Gebäudehöhe-zu-Straßenschluchtbreite-Verhältnissen

und unterschiedlichen Lückenanteilen in der Randbebauung. Unter Lückigkeit ist der Anteil nicht verbauter Flächen am Straßenrand mit (einseitiger oder beidseitiger) Randbebauung zu verstehen. Die Straßenschluchtbreite ist jeweils definiert als der zweifache Abstand zwischen Straßenmitte und straßennächster Randbebauung. Die **Tab. A2.1** beschreibt die Einteilung der einzelnen Bebauungstypen. Straßenkreuzungen werden auf Grund der Erkenntnisse aus Naturmessungen (Kutzner et al., 1995) und Modellsimulationen nicht berücksichtigt. Danach treten an Kreuzungen trotz höheren Verkehrsaufkommens um 10% bis 30% geringere Konzentrationen als in den benachbarten Straßenschluchten auf.

Aus den dimensionslosen Konzentrationen errechnen sich die vorhandenen Abgaskonzentrationen c zu

$$c = \frac{c^* \cdot Q}{B \cdot u'}$$

- wobei: c = Abgaskonzentration in µg/m³
  - $c^*$ = dimensionslose Abgaskonzentration [-]
  - Q = emittierter Schadstoffmassenstrom in µg/m s
  - B = Straßenschluchtbreite in m beziehungsweise doppelter Abstand von der Straßenmitte zur Randbebauung
  - u' = Windgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der fahrzeuginduzierten Turbulenz in m/s

Die Konzentrationsbeiträge von PROKAS_V für die Hintergrundbelastung und von PROKAS_B werden für jede Einzelsituation, also zeitlich korreliert, zusammengefasst.

| Typ | Randbebauung | Gebäudehöhe/ Straßenschluchtbreite | Lückenanteil in % |
|---|---|---|---|
| 0* | locker | - | 61 - 100 |
| 101 | einseitig | 1:3 | 0 - 20 |
| 102 | " | 1:3 | 21 - 60 |
| 103 | " | 1:2 | 0 - 20 |
| 104 | " | 1:2 | 21 - 60 |
| 105 | " | 1:1.5 | 0 - 20 |
| 106 | " | 1:1.5 | 21 - 60 |
| 107 | " | 1:1 | 0 - 20 |
| 108 | " | 1:1 | 21 - 60 |
| 109 | " | 1.5:1 | 0 - 20 |
| 110 | " | 1.5:1 | 21 - 60 |
| 201 | beidseitig | 1:3 | 0 - 20 |
| 202 | " | 1:3 | 21 - 60 |
| 203 | " | 1:2 | 0 - 20 |
| 204 | " | 1:2 | 21 - 60 |
| 205 | " | 1:1.5 | 0 - 20 |
| 206 | " | 1:1.5 | 21 - 60 |
| 207 | " | 1:1 | 0 - 20 |
| 208 | " | 1:1 | 21 - 60 |
| 209 | " | 1.5:1 | 0 - 20 |
| 210 | " | 1.5:1 | 21 - 60 |

Tab. A2.1: Typisierung der Straßenrandbebauung

## A2.3 Fehlerdiskussion

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

* Typ 0 wird angesetzt, wenn mindestens eines der beiden Kriterien (Straßenschluchtbreite $\geq$ 5 x Gebäudehöhe bzw. Lückenanteil $\geq$ 61%) erfüllt ist.

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

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

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

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

Für die statistische Fehlerbandbreite der $NO_x$-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10% bis 20% für Autobahnen bzw. Innerortsstraßen. Aussagen über die statistischen Fehler bei der Berücksichtigung von Kaltstartkorrekturen sind nach Angaben des Autors nicht möglich.

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 Gesamtimmissionsbelastung geringer sind.

**A N H A N G A3**

**EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE**

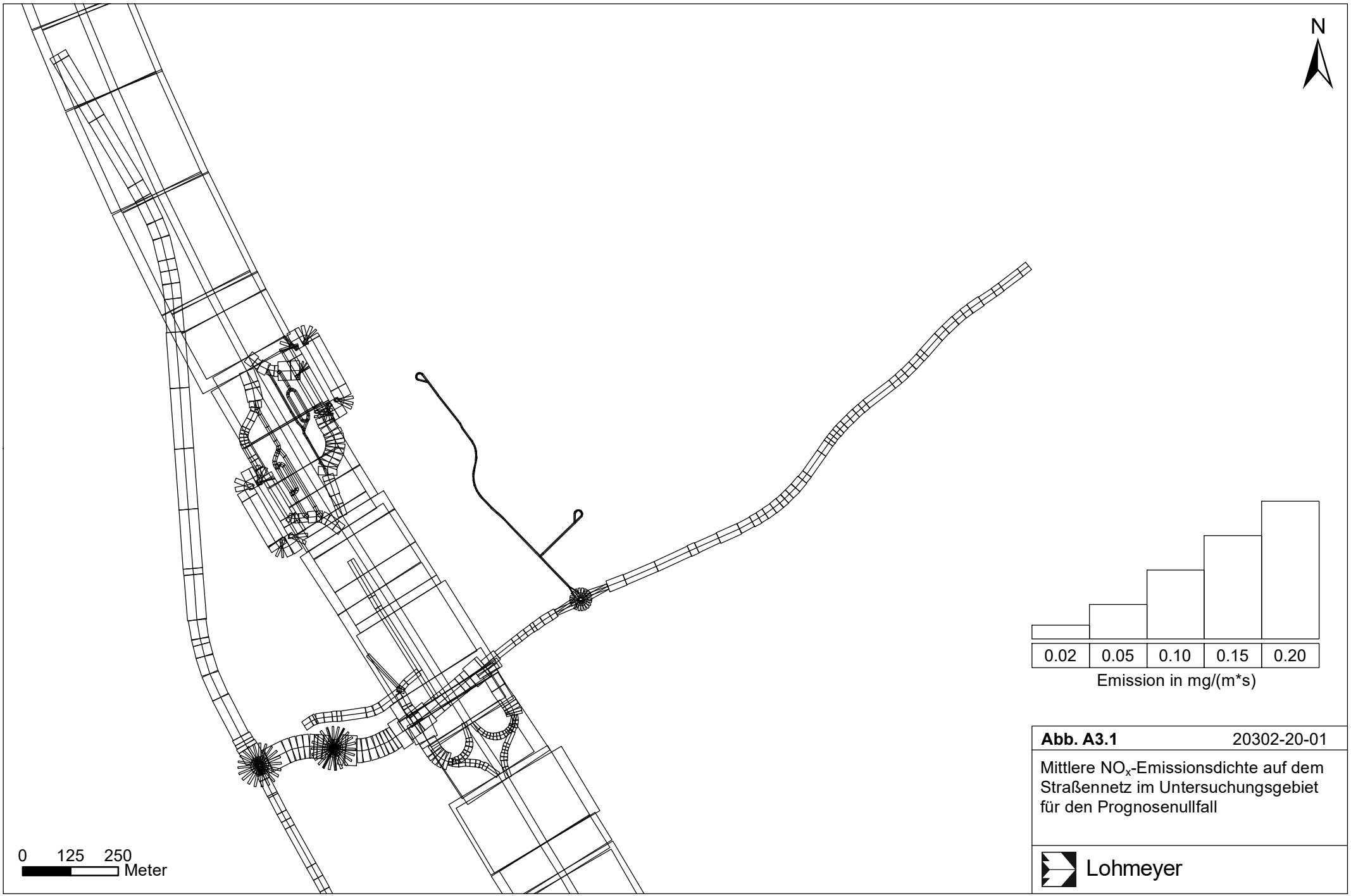


**Abb. A3.1** 20302-20-01

Mittlere $NO_x$-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall

Lohmeyer

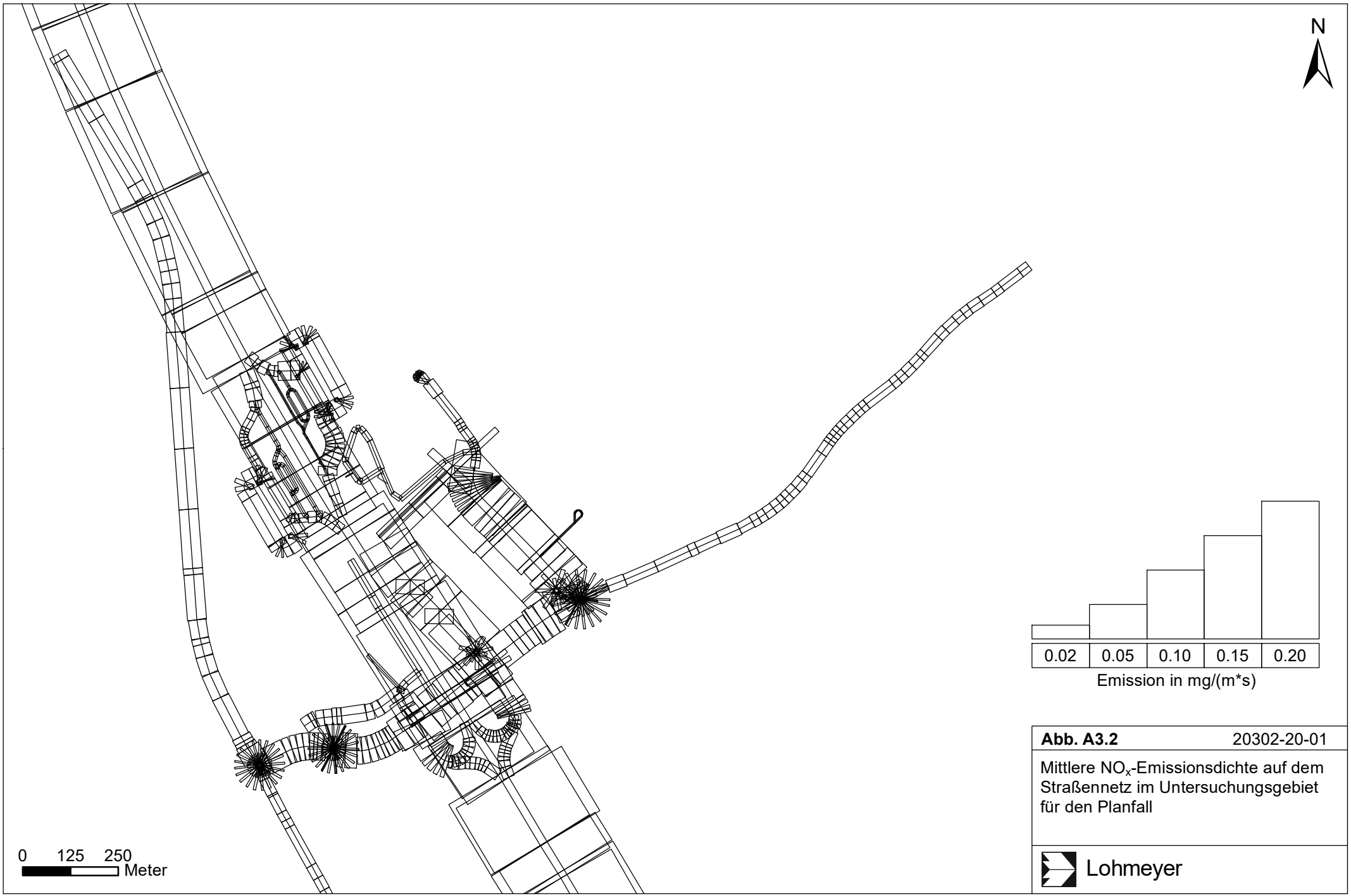


**Abb. A3.2** 20302-20-01

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

Lohmeyer

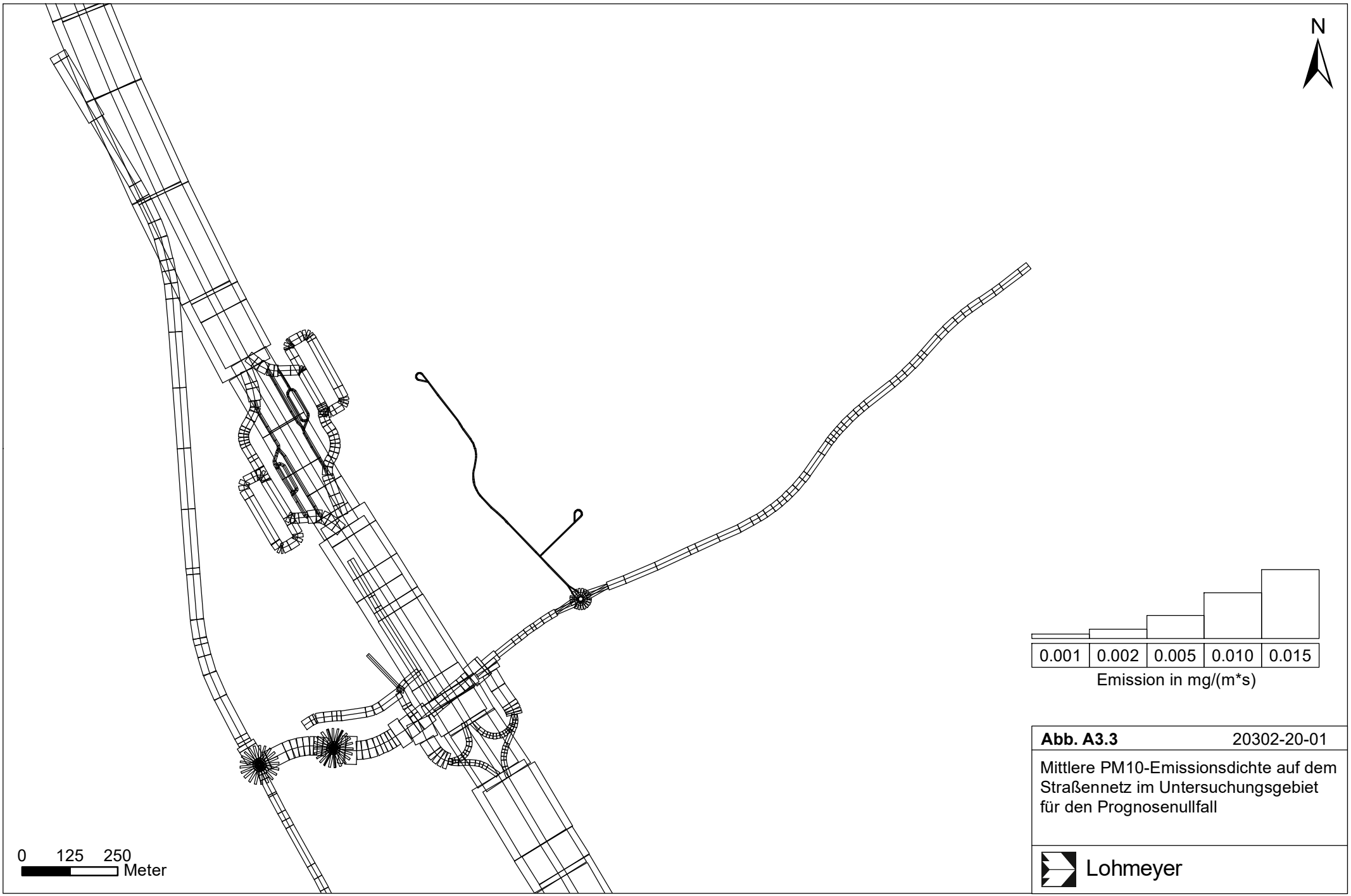


**Abb. A3.3** 20302-20-01

Mittlere PM10-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall

Lohmeyer

**Abb. A3.4** 20302-20-01

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

Lohmeyer

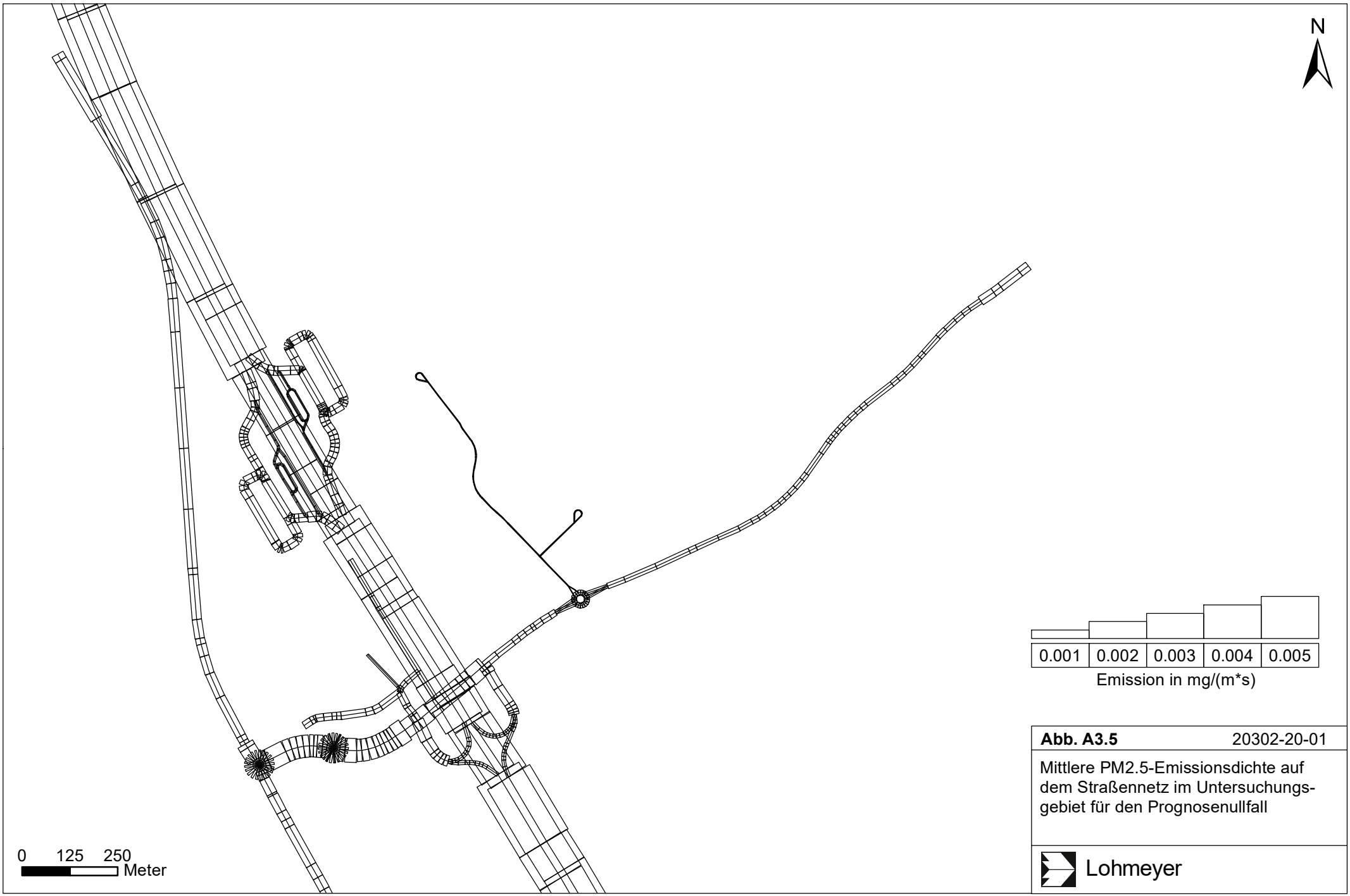


**Abb. A3.5** 20302-20-01

Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosenullfall

Lohmeyer

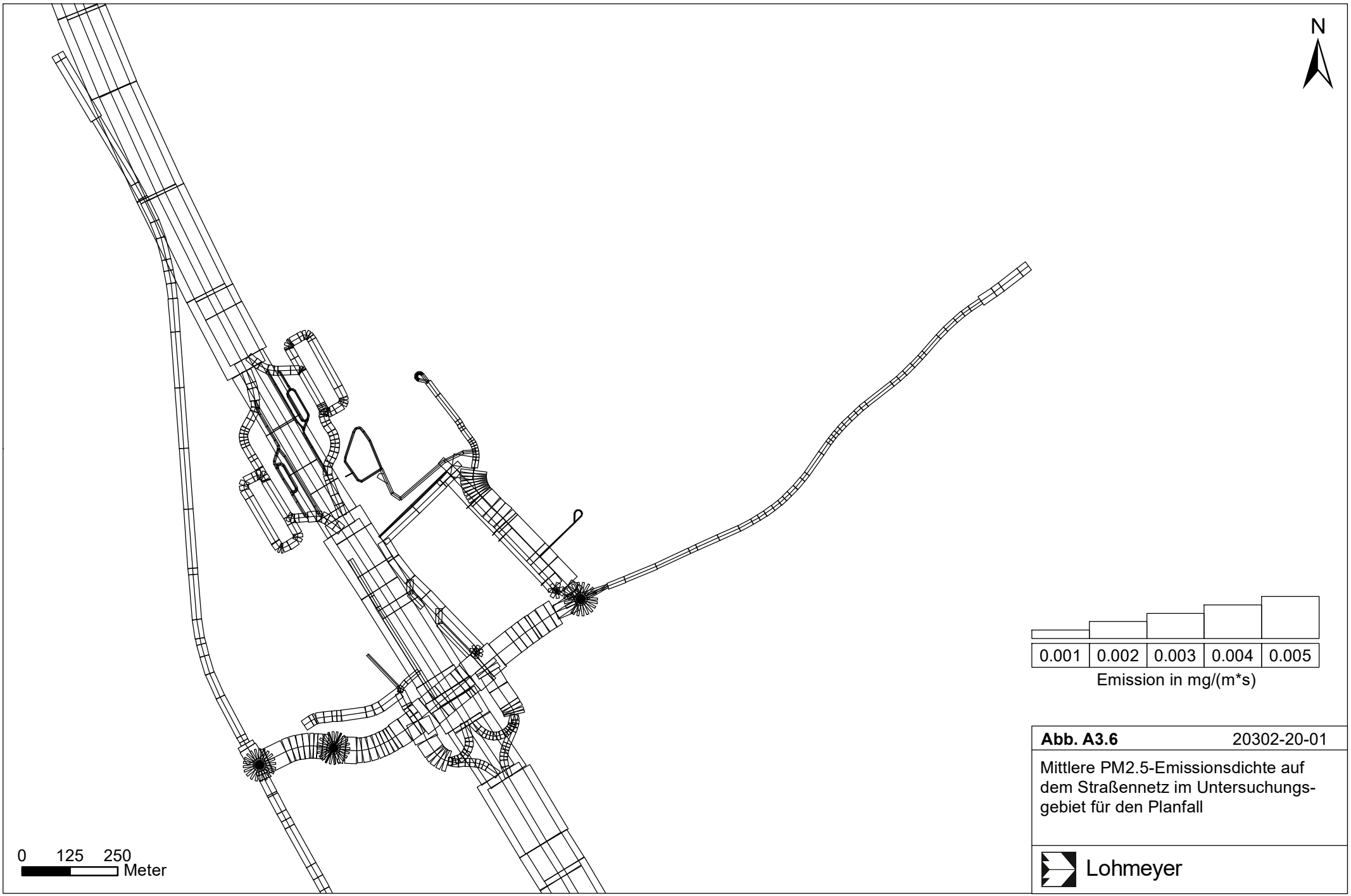


**Abb. A3.6** 20302-20-01

Mittlere PM2.5-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall

Lohmeyer