

Unterlage 17.2

Konrad-Adenauer-Brücke

Ausbau der Heuchelheimer Straße und Gabelsbergerstraße in Gießen

von Bau-km 0+010 bis Bau-km 0+821

Nächster Ort: Gießen

Baulänge: 0,811 km

FESTSTELLUNGSENTWURF

- Luftschadstoffuntersuchung -

Nr.	Art der Änderung	Datum	Name

<p>Aufgestellt: Gießen, den <u>15.02.2022</u> Tiefbauamt -66-</p>  <p>_____ i.A. Gaidies (Abt.-Leiter Straßenbau)</p>	<p>Gießen, den <u>15.02.2022</u> Tiefbauamt -66-</p>  <p>_____ i.A. Ravizza (Amtsleiter)</p>
<p>Gießen, den <u>15.02.2022</u></p>  <p>_____ i.A. Weigel-Greilich (Stadträtin)</p>	



Lohmeyer

**ERNEUERUNG DER
KONRAD-ADENAUER-BRÜCKE
IN GIESSEN
- LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN -**

Auftraggeber:

**Stadt Gießen
Tiefbauamt
Berliner Platz 1
35390 Gießen**

Bearbeitung:

**Lohmeyer GmbH
Niederlassung Karlsruhe**

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

Dr.-Ing. T. Flassak

**April 2021
Projekt 20242-20-01
Berichtsumfang 59 Seiten**

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	5
3 VORGEHENSWEISE	6
3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen	6
3.2 Berechnungsverfahren PROKAS.....	7
3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte.....	8
4 EINGANGSDATEN	10
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	10
4.2 Verkehrsdaten	12
4.3 Meteorologische Daten	15
4.4 Schadstoffhintergrundbelastung	18
5 EMISSIONEN	22
5.1 Betrachtete Schadstoffe	22
5.2 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	22
5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	24
6 ERGEBNISSE	27
6.1 NO ₂ -Immissionen.....	27
6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)	31
6.3 Feinstaub-Immissionen (PM2.5).....	34
7 LITERATUR	38
A1 BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	42
A2 BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	46

A3 MATERIALIEN UND UNTERLAGEN	52
A4 EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE	54

Hinweise:

Vorliegender Bericht darf ohne schriftliche Zustimmung der Lohmeyer GmbH nicht auszugswise 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.

Die Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) fordert die Einhaltung von Kurzzeitwerten in Form des Stundenmittelwertes der NO₂-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 beziehungsweise PM10 / PM2.5 werden alle Partikel bezeichnet, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Partikeldurchmesser von 10 µm beziehungsweise 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 Gießen ist die Erneuerung der Konrad-Adenauer-Brücke im Zuge der Landesstraße L 3020 mit Erweiterung um zwei zusätzliche Fahrstreifen geplant. Zusätzlich ist an den angrenzenden Straßenabschnitten ein durchgängig vierstreifiger Ausbau vorgesehen.

Für diese Planung waren Aussagen zu den Auswirkungen auf die verkehrsbedingten Luftschadstoffkonzentrationen auszuarbeiten. Dabei war zu prüfen, ob sich durch die o. g. Planungen die Luftkonzentrationen verkehrsbedingter Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Die Beurteilung erfolgt nach der 39. BImSchV.

Für die Berechnung der verkehrsbedingten Luftschadstoffe wurden die Schadstoffaufkommen durch den Verkehr auf den bestehenden Straßen mit dem Straßennetzmodell PROKAS betrachtet. Aus für das Prognosejahr 2030 übergebenen Verkehrsbelegungsdaten wurden unter Berücksichtigung der vom Umweltbundesamt veröffentlichten aktuellen Emissionsfaktoren (HBEFA4.1, Stand 2019) für das Bezugsjahr 2024 als Jahr der möglichen Inbetriebnahme der Planung die Emissionen auf allen Straßenabschnitten berechnet.

Die Immissionsberechnungen erfolgten mit dem Straßennetzmodell PROKAS unter Einbeziehung der lokalen Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik, der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen sowie der aus den Messdaten abgeleiteten Hintergrundbelastung. Die Beurteilung der Luftschadstoffimmissionen erfolgt im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Ergebnisse

Für die Beurteilung der Immissionen ist maßgebend, ob die berechneten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte der 39. BImSchV im Bereich sensibler Nutzungen, wie Wohnbebauung, führen. Die flächenhaften Ergebnisse der Immissionsberechnungen zeigen, dass die relativ höchsten Immissionen nur im Nahbereich der Bundesstraße B 429 und an den im Innenstadtbereich von Gießen gelegenen Straßenabschnitten der L 3020 auftreten. Dabei sind unter Berücksichtigung der Planungen und den damit verbundenen Verkehrsänderungen gewisse Zunahmen der Schadstofffreisetzungen entlang der L 3020 abgeleitet.

Im Prognosenußfall sind in der Innenstadt von Gießen an der Straßenrandbebauung der Stadtstraße Westanlage die NO₂-Immissionen im Jahresmittel zum Teil bis 38 µg/m³ ermittelt. An der direkt angrenzenden Wohnbebauung der L 3020 und der Rodheimer Straße sind

die NO₂-Jahresmittelwerte bis 34 µg/m³ berechnet. Für die übrige Wohnbebauung sind geringere NO₂-Immissionen abgeleitet, mit Jahresmittelwerten überwiegend unter 30 µg/m³.

Im Planfall sind an der Randbebauung der Westanlage gewisse Zunahmen der NO₂-Immissionen abgeleitet, dabei sind Jahresmittelwerte weiterhin bis 38 µg/m³ ermittelt. Im übrigen Untersuchungsgebiet sind an der Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet ebenfalls nur geringfügige Änderungen der NO₂-Gesamtbelastungen mit zum Prognosenullfall vergleichbaren Jahresmittelwerten abgeleitet.

Damit wird sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall an der Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet der Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ nicht erreicht und nicht überschritten.

Die berechneten Feinstaubimmissionen weisen für PM10 in beiden Untersuchungsfällen an der Straßenrandbebauung der Westanlage Jahresmittelwerte zum Teil bis 24 µg/m³ auf. Überwiegend sind an der Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet geringere PM10-Immissionen mit Jahresmittelwerten von 22 µg/m³ oder geringer ermittelt.

Damit werden sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall der derzeit geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Der Schwellenwert zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung von 29 µg/m² an beurteilungsrelevanter Wohnbebauung wird ebenfalls deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. Für Feinstaub-PM2.5 sind ebenfalls keine Konflikte mit den Beurteilungswerten abgeleitet.

Aus lufthygienischer Sicht ist festzuhalten, dass die Planungen zu einer Erhöhung der Luftschadstofffreisetzungen entlang der L 3020 führen, auch im Bereich von innerstädtischen Straßenabschnitten. Damit verbunden sind gewisse Zunahmen der Luftschadstoffbelastungen, die an der Wohnbebauung jedoch nicht zu Konflikten mit den Beurteilungswerten führen. Die nach der 39. BImSchV derzeit geltenden Grenzwerte für NO₂-, PM10- und PM2.5-Jahresmittelwerte werden nicht erreicht und nicht überschritten. Die Umsetzung der Planung ist bezogen auf die umliegende Wohnnutzung aus lufthygienischer Sicht nicht abzulehnen.

2 AUFGABENSTELLUNG

In Gießen ist die Erneuerung der Konrad-Adenauer-Brücke im Zuge der Landesstraße L 3020 mit Erweiterung um zwei zusätzliche Fahrstreifen geplant. Zusätzlich ist an den angrenzenden Straßenabschnitten ein durchgängig vierstreifiger Ausbau vorgesehen.

Für diese Planungen ist ein Gutachten über die Auswirkungen der Planung auf die Luftschadstoffbelastung zu erstellen. Dabei ist zu prüfen, ob sich durch die o. g. Planungen die Luftkonzentrationen verkehrsbedingter Schadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Die Beurteilung erfolgt nach der 39. BImSchV.

3 VORGEHENSWEISE

Bei der Verbrennung des Kfz-Kraftstoffes wird eine Vielzahl von Schadstoffen freigesetzt, die die menschliche Gesundheit gefährden können. Im Rahmen des vorliegenden lufthygienischen Gutachtens ist zu prüfen, wie die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung verändern. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, zum Beispiel 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 unter Berücksichtigung der o. g. Grenzwerte und der derzeitigen Konzentrationsniveaus in Form einer Schadstoffleitkomponentenbetrachtung auf die v. a. vom Straßenverkehr erzeugten Schadstoffe Stickoxide und Feinstaubpartikel (PM10 und PM2.5). Im Zusammenhang mit Beiträgen durch den Kfz-Verkehr sind die Schadstoffe Benzol, Blei, Schwefeldioxid SO₂ und Kohlenmonoxid CO von untergeordneter Bedeutung. Für Stickstoffmonoxid NO gibt es keine Beurteilungswerte. Da die 23. BImSchV seit Juli 2004 außer Kraft gesetzt ist, ist die Betrachtung der Schadstoffkomponente Ruß rechtlich nicht mehr erforderlich und wird hier nicht durchgeführt.

3.1 Zusammenfassung der Beurteilungsgrundlagen

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

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in µg/m ³	
		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) und EG-Richtlinie 2008/50/EG (2008)

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

3.2 Berechnungsverfahren PROKAS

Die Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung (RLuS 2012) werden für solche Betrachtungen als einfach anwendbares Verfahren bevorzugt. Im Untersuchungsgebiet befinden sich u. a. Straßenabschnitte in Brückenlagen. In diesen Bereichen des zu betrachtenden Gebietes wird der Anwendungsbereich der RLuS 2012 überschritten. Damit ist dort RLuS 2012 nicht einsetzbar und es ist nicht sichergestellt, dass Betrachtungen mit RLuS „auf der sicheren Seite“ liegen. Für das gesamte Betrachtungsgebiet wird daher das Straßennetzmodell PROKAS (Beschreibung: www.lohmeyer.de/PROKAS) unter Berücksichtigung von lokal repräsentativen Windverhältnissen angewendet; mit diesem Verfahren können Straßennetze mit Brückenlagen sowie in typisierter Form Randbebauung und Lärmschutzbauten berücksichtigt werden.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Verkehrsmengen für das Prognosejahr 2030 werden für das Bezugsjahr 2024 die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (PKW, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mithilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Im HBEFA4.1 sind auch nicht motorbedingte Emissionsfaktoren für Feinstaub (PM10, PM2.5) aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung enthalten. Die Schadstoffemissionsdichten auf den betrachteten Straßenabschnitten werden auf Grundlage der Verkehrsmengen und der den Verkehrssituationen zugehörigen Emissionsfaktoren unter Berücksichtigung von Längsneigungseinflüssen berechnet. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht dem Stand der Technik. Sie basiert auf der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI 3782 Blatt 7, 2020).

Unter Einbeziehung der Auftretenshäufigkeit aller möglichen Fälle der meteorologischen Verhältnisse (lokale Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik) und der berechneten Emissionen des Verkehrs auf den Straßen innerhalb des Untersuchungsgebietes 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) wird die statistische Immissionskenngröße Jahresmittelwert der untersuchten Luftschadstoffe ermittelt. Dieser Zusatzbelastung, verursacht vom Verkehr innerhalb des Untersuchungsgebietes, wird die großräumig vorhandene Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen vorläge, wird auf der Grundlage von Messwerten an nahe gelegenen Messstandorten abgeschätzt.

Die Parametrisierung der Umwandlung des von Kraftfahrzeugen hauptsächlich emittierten NO in NO₂ (NO-NO₂-Konversion) erfolgt für die Jahresmittelwerte mit einem vereinfachten Chemiemodell nach Düring et al. (2011).

3.3 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18 mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz, basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012), kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert dann eingehalten ist, wenn der Jahresmittelwert 54 µg/m³ (= Äquivalentwert) nicht überschreitet.

Zur Ermittlung der in der 39. BImSchV definierten Anzahl von Überschreitungen eines Tagesmittelwertes der PM₁₀-Konzentrationen von 50 µg/m³ 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/m³ 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.

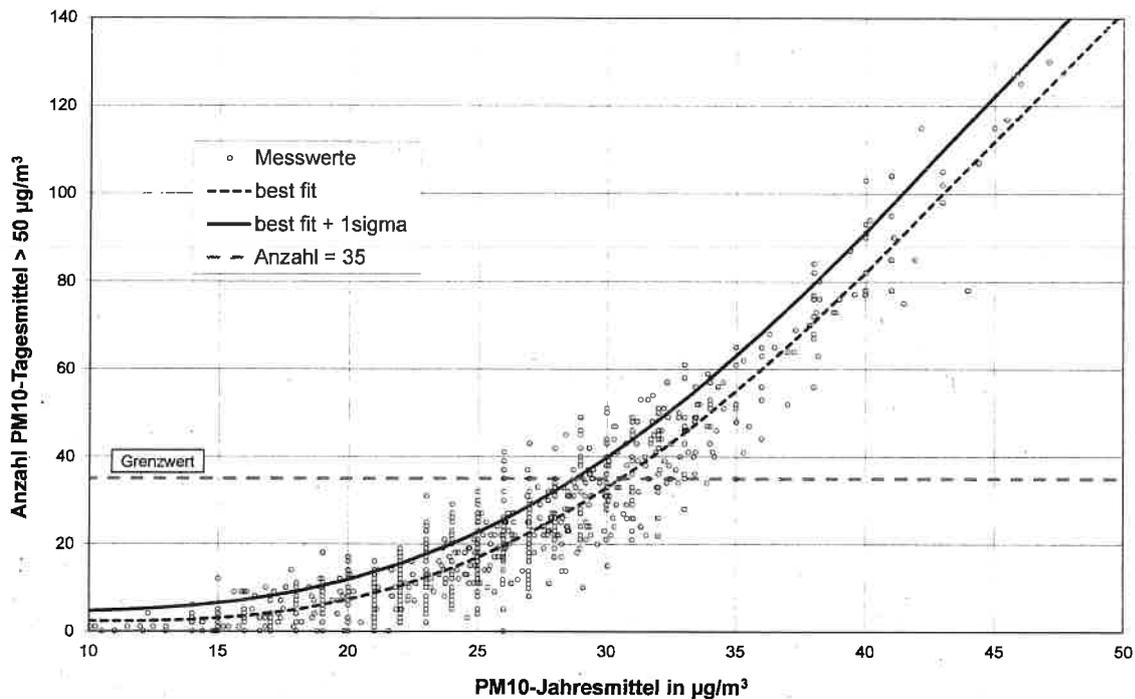


Abb. 3.1: Anzahl der Tage mit PM10-Tagesmittel $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Abhängigkeit vom PM10-Jahresmittelwert für Messstationen der Länder und des Umweltbundesamtes (1999-2003) sowie die daraus abgeleiteten Funktionen (BAST, 2005)

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. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einen nahezu identischen Verlauf wie der o.g. „best fit“ nach BAST (2005). Im statistischen Mittel wird somit bei beiden Datenauswertungen die Überschreitung des PM10-Kurzzeitgrenzwertes bei einem PM10-Jahresmittelwert von $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erwartet.

Im vorliegenden Gutachten wird wegen der Unsicherheiten bei der Berechnung der PM10-Emissionen sowie wegen der von Jahr zu Jahr an den Messstellen beobachteten meteorologisch bedingten Schwankungen der Überschreitungshäufigkeiten eine konservative Vorgehensweise gewählt. Dazu wird die in BAST (2005) angegebene „best fit“-Funktion um einen Sicherheitszuschlag von einer Standardabweichung erhöht. Mehr als 35 Überschreitungen eines Tagesmittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Grenzwert) werden mit diesem Ansatz für PM10-Jahresmittelwerte ab $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Dieser Ansatz stimmt mit dem vom Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen vorgeschlagenen Vorgehen überein (LUA NRW, 2006).

4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung.

Für das Untersuchungsgebiet wurden die im Anhang A3 aufgeführten, durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellten, Unterlagen herangezogen. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen (Kap. 5), die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Verkehrsdaten, meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung werden in den Abschnitten 4.2 bis 4.4 erläutert.

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

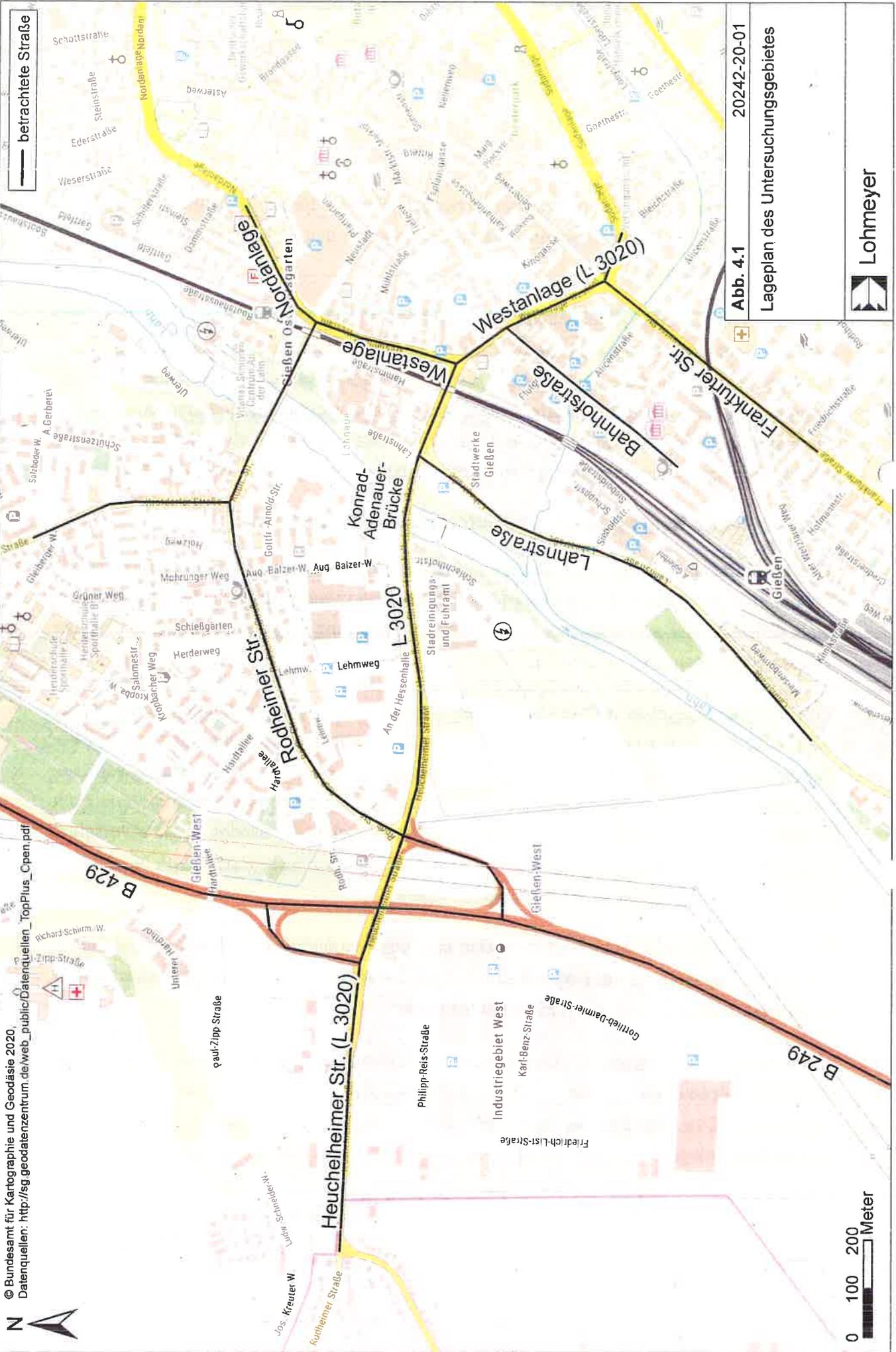
Das Untersuchungsgebiet befindet sich südwestlich der Innenstadt von Gießen im Tal der Lahn und ist in **Abb. 4.1** dargestellt. Im Bereich des überwiegend ebenen Untersuchungsgebiets schwenkt das aus nördlicher bis nordöstlicher Richtung kommende Lahntal nach Südwesten bis Westen.

Im Untersuchungsgebiet befindet sich die von Norden nach Süden verlaufende Bundesstraße B 429, die am Knotenpunkt B 249/Landesstraße L 3020 mit dem untergeordneten Straßennetz verknüpft ist. Die L 3020 führt von Westen nach Osten in die Innenstadt von Gießen, dabei wird an der Konrad-Adenauer-Brücke die Lahn überquert. Im weiteren Verlauf der L 3020, nordwestlich der Kreuzung Westanlage/Bahnhofstraße, befindet sich die verkehrsnaher Luftmessstation „Gießen-Westanlage“. Im Bereich der Straße Nordanlage befand sich die mittlerweile stillgelegte Luftmessstation „Gießen“.

Die Straßenabschnitte im Innenstadtbereich sind überwiegend durch dichte mehrgeschossige Randbebauung geprägt. Nordwestlich der Innenstadt grenzt überwiegend lockere mehrgeschossige Bebauung an die Rödheimer Straße an.

Die Planungen umfassen den Ersatzneubau der Konrad-Adenauer-Brücke. Im Zuge des Brückenersatzneubaus ist der vierstreifige Ausbau der angrenzenden Straßenabschnitte vorgesehen. Das sind die Abschnitte der L 3020 zwischen der Rödheimer Straße und der Straße Westanlage.

© Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2020
Datenquellen: http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Copen.pdf



— betrachtete Straße

Abb. 4.1 20242-20-01

Lageplan des Untersuchungsgebietes



0 100 200 Meter

Folgende Untersuchungsfälle werden in diesem Gutachten betrachtet:

- **Prognosenullfall:** Bestehendes Straßennetz im Untersuchungsgebiet mit Verkehrsdaten für das Prognosejahr 2030
- **Planfall:** Bestehendes Straßennetz unter Berücksichtigung des Planvorhabens und den damit verbundenen Verkehrsänderungen für das Prognosejahr 2030

Die Brückenlagen der L 3020 und der Rodheimer Straße werden in den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigt. Die an die Straßen anschließende Randbebauung wird typisiert berücksichtigt.

4.2 Verkehrsdaten

Die Verkehrsbelegungsdaten für das Prognosejahr 2030 (Habermehl & Follmann, 2016a) wurden durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt. Die Untersuchungsunterlagen umfassen Angaben u. a. zu durchschnittlichen werktäglichen Verkehrsstärken des Gesamtverkehrs (DTV_w). Die Schwerverkehrsanteile wurden auf Grundlage der werktäglichen Schwerverkehrsbelastungen abgeleitet, die für ausgewählte Knotenpunkte im Untersuchungsgebiet ermittelt wurden (Habermehl & Follmann, 2016b).

Die Verkehrsbelegungsdaten sind für die betrachteten Untersuchungsfälle in **Abb. 4.2** und **Abb. 4.3** dargestellt. Gegenüber dem Prognosenullfall sind mit den Planungen entlang der L 3020 Verkehrszunahmen bis 20 % verbunden. Im Bereich der Luftmessstation „Gießen-Westanlage“ sind planungsbedingte Verkehrszunahmen um ca. 4 % abgeleitet. Im übrigen betrachteten Straßennetz führt die Planung überwiegend zu gewissen Reduzierungen der Verkehrsbelastungen.

Die beschriebenen Verkehrsbelegungsdaten werden für das Bezugsjahr 2024 herangezogen, dem Jahr der frühestmöglichen Fertigstellung des Planvorhabens. Diese Kombination aus hohen Verkehrsstärken und hohen Emissionsfaktoren entspricht einer konservativen Vorgehensweise.

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. Die in diesem Gutachten verwendeten Verkehrstagesganglinien beruhen auf typisierten Tagesganglinien der B 3 bei Butzbach (BASt, 2018).

Abb. 4.2 20242-20-01

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

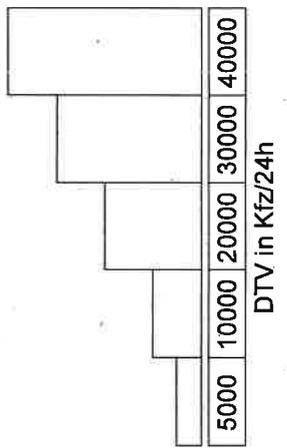
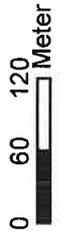
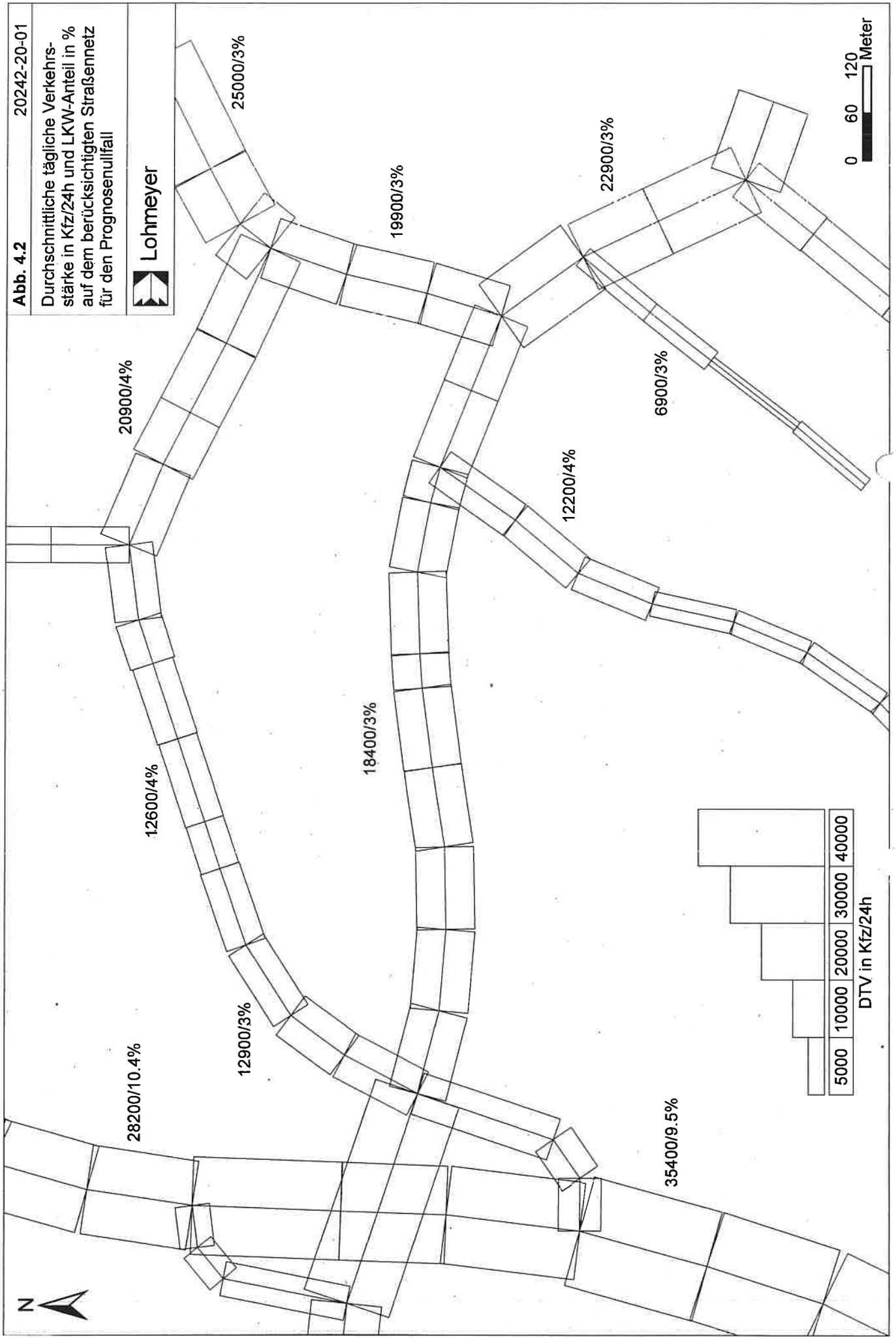
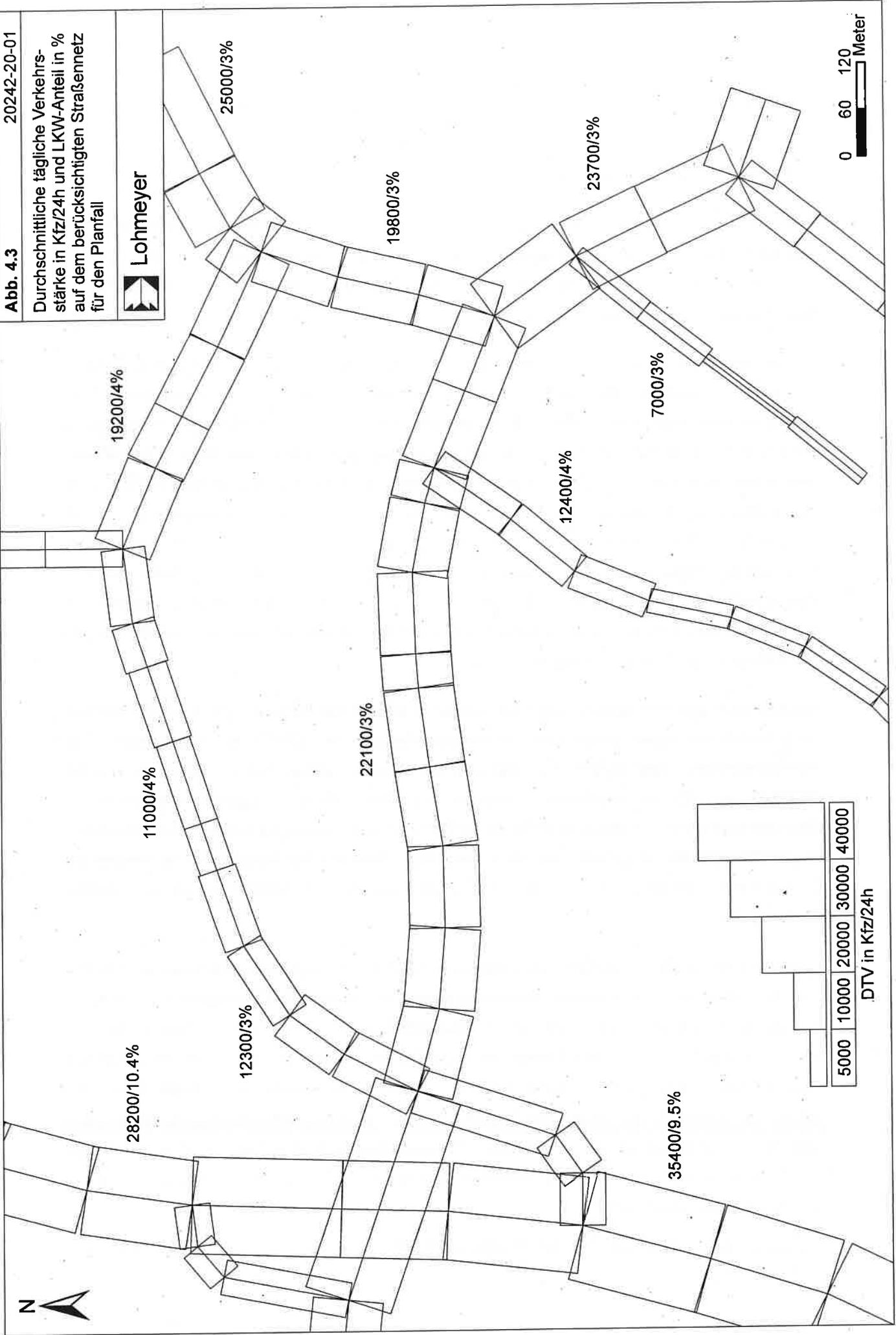


Abb. 4.3

20242-20-01

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



5000	10000	20000	30000	40000
------	-------	-------	-------	-------

DTV in Kfz/24h



4.3 Meteorologische Daten

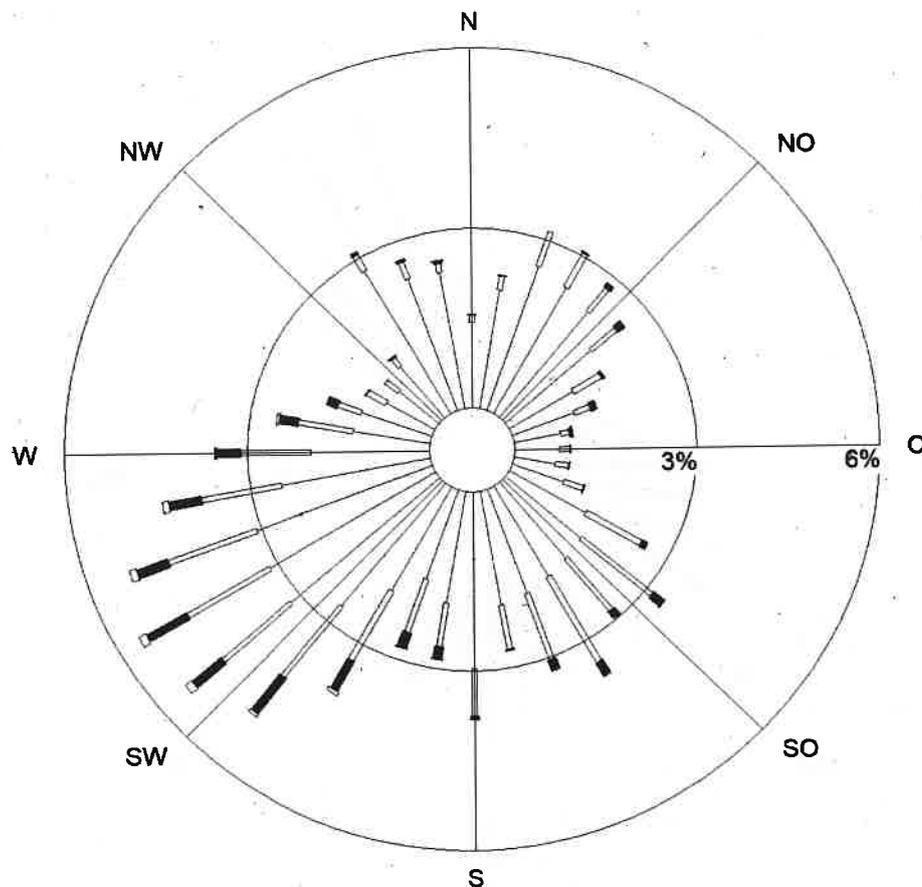
Für die Berechnung der Schadstoffmissionen werden sogenannte Ausbreitungsklassenstatistiken benötigt. Das sind Angaben über die Häufigkeit verschiedener Ausbreitungsverhältnisse in den unteren Luftschichten, die durch Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Stabilität der Atmosphäre definiert sind.

Im Nordosten des Untersuchungsgebiets wurden durch das HLNUG an der Luftmessstation „Gießen“ im Zeitraum 1997-2004 auch meteorologische Parameter erfasst. Die dort erfassten Windmessdaten sind in **Abb. 4.4** dargestellt. Durch die Lage im zentralen Siedlungsbereich waren die Windmessungen durch lokale Bebauungsstrukturen und Bäume beeinflusst. Winde aus südwestlichen bis westlichen Richtungen dominieren, eine weitere Häufung tritt bei südöstlichen Windrichtungen sowie bei Winden aus nördlichen Richtungssektor auf. Im langjährigen Mittel war die mittlere Windgeschwindigkeit mit ca. 1.3 m/s vergleichsweise gering erfasst, dabei traten durch die umliegende Bebauung und Bäume gehäuft niedrige Windgeschwindigkeiten auf. Aufgrund der Beeinflussung durch die lokalen Bebauungsstrukturen sind die an der HLNUG-Station „Gießen“ erfassten Windmessdaten nicht repräsentativ für die Verhältnisse des Überdachniveaus.

Nordwestlich des Untersuchungsgebietes werden in einer Entfernung von ca. 2 km bei Wetzberg Windmessungen durch den Deutschen Wetterdienst (DWD) an der Station „Gießen/Wetzberg“ durchgeführt. Die dort erfasste Windrichtungsverteilung weist Maxima bei nordöstlichen und südwestlichen Richtungen auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit ist im Zehnjahreszeitraum in Messhöhe mit ca. 3.1 m/s erfasst. Durch die Lage der DWD-Station außerhalb von Siedlungsbereichen im Anstieg des Gladenbacher Berglands beschreiben die dort erfassten Windmessdaten nicht die Verhältnisse des im Lahntal gelegenen Untersuchungsgebiets.

Weiter liegen für die Umgebung des Untersuchungsgebietes regional repräsentative Winddaten auf Basis von modellierten Reanalysedaten des Hans-Ertel-Zentrums für Wetterforschung für ein ca. 2 x 2 km Raster und für den Zeitraum 2007-2013 vor. Im Bereich des Untersuchungsgebiets im Lahntal weisen die modellierten Winddaten eine Windrichtungsverteilung auf (**Abb. 4.5**), in der nordnordöstliche Windrichtungen dominieren, südwestliche bis westliche Windrichtungen bilden ein Nebenmaximum. Eine weitere Häufung tritt bei südsüdöstlichen Windrichtungen auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt in 10 m Höhe über der Topografie ca. 2.6 m/s. Diese Windverhältnisse sind auf das Überdachniveau im Untersuchungsgebiet übertragbar.

Windverteilung in Prozent



Station : HLNUG
Windgeschw. : 1.3 m/s

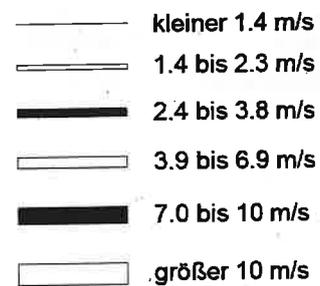
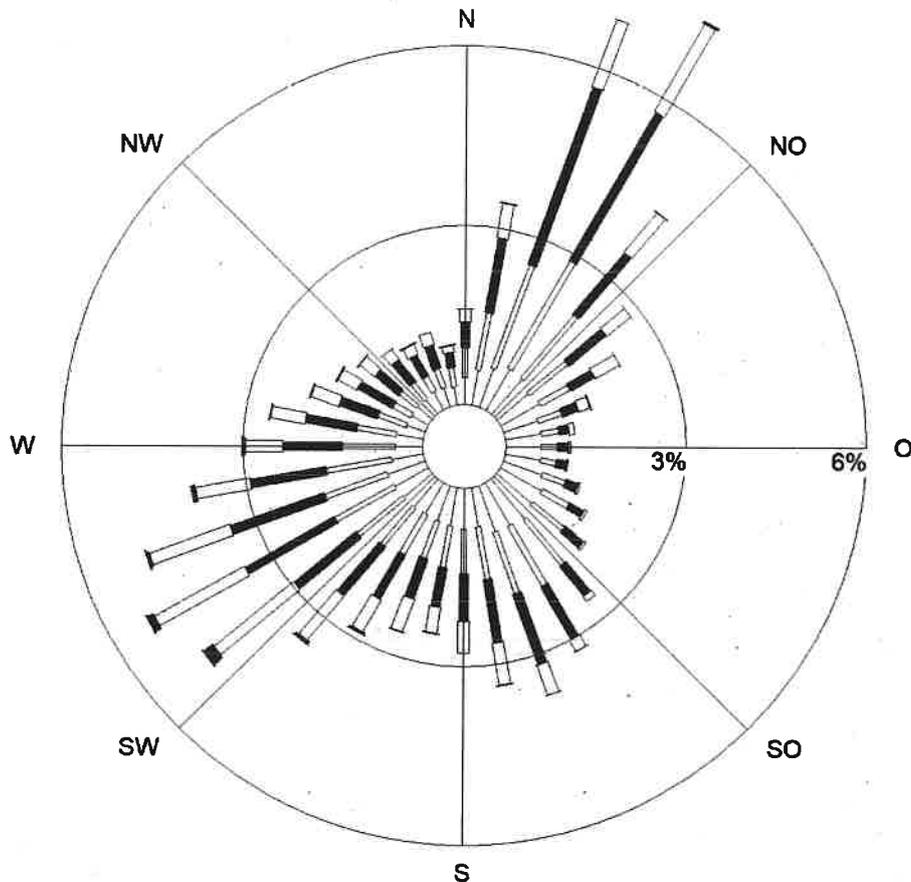


Abb. 4.4: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung an der ehemaligen HLNUG-Station Gießen, basierend auf Messdaten aus dem Zeitraum zwischen 1997 bis 2003 (Quelle: HLNUG).

Windverteilung in Prozent



Station	: Reanalyse	Häufigkeit ABK	—	kleiner 1.4 m/s
Windgeschw.	: 2.6 m/s	I : 9.6 %	▨	1.4 bis 2.3 m/s
		II : 27.4 %	■	2.4 bis 3.8 m/s
		III/1 : 35.0 %	▤	3.9 bis 6.9 m/s
		III/2 : 18.8 %	■	7.0 bis 10 m/s
		IV : 6.7 %	▤	größer 10 m/s
		V : 2.5 %		

Abb. 4.5: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung bei Gießen basierend auf Reanalysedaten für den Zeitraum 2007-2013 (Quelle: Hans-Ertel-Zentrum für Wetterforschung).

Im „Windatlas Hessen“, mittels dem das Hessische Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie im Internet u. a. auf Modellrechnungen basierende flächenhafte Angaben zu den Windverhältnissen für ein 500 m x 500 m Raster zur Verfügung stellt (<http://windrosen.hessen.de/>), sind im Bereich des Untersuchungsgebiets Windrosen dargestellt, bei denen gehäuft Windströmungen aus nördlichen bis nordöstlichen, südöstlichen sowie westlichen Richtungen auftreten ohne Angaben von Windgeschw:

Für die Ausbreitungsrechnungen werden die auf modellierten Reanalysedaten basierenden Winddaten herangezogen und unter Berücksichtigung der Rauigkeit in der Umgebung des Untersuchungsgebietes angewendet. Dazu wird aus diesen Reanalysedaten der Windrichtung und -geschwindigkeit in Verbindung mit Beobachtungsdaten des Wolkenbedeckungsgrades an der DWD-Station Gießen/Wettenberg eine Ausbreitungsklassenstatistik erzeugt. Bei den Ausbreitungsrechnungen beschreiben diese Daten die Windverhältnisse für das Überdachniveau.

4.4 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 flächenhafte Schadstoffbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne Verkehr auf den explizit in die Untersuchung einbezogenen Straßen vorliegen würde.

Das HLNUG betreibt das Messnetz aus Messstationen zur Immissionsüberwachung 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 der **Tab. 4.1** aufgeführt. Im Nahbereich der zu betrachtenden Brücke ist die verkehrsbezogene Station „Gießen-Westanlage“ gelegen und im Untersuchungsgebiet werden in der Innenstadt von Gießen in der Johannes-Lein-Gasse Luftmessdaten erfasst, die repräsentativ für den städtischen Hintergrund sind. Südlich des Untersuchungsgebiets werden in ca. 5 km Entfernung bei Linden-Leihgestern Luftqualitätsmessungen außerhalb des Siedlungsbereiches und abseits von Hauptverkehrsstraßen durchgeführt. In Wetzlar, ca. 12 km westlich des Untersuchungsgebiets, sind die an der Station „Wetzlar“ erfassten Kenn-

Schadstoffkomponente	Zeitraum	Gießen Johannes-Lein-Gasse	Gießen-West-anlage	Linden-Leih-gestern	Wetzlar	Wetzlar Linsen-bergstr.	Marburg	Marburg-Univers. Straße
NO ₂ -Jahresmittel	2010	-	46	20	33	-	23	46
	2011	-	45	19	33	-	25	47
	2012	-	44	19	31	-	23	45
	2013	-	47	18	32	28	22	45
	2014	-	45	17	31	25	23	45
	2015	-	45	19	29	23	25	47
	2016	26	44	18	29	22	24	47
	2017	27	42	17	28	22	22	36
	2018	25	44	16	30	20	23	31
	2019	24	40	15	28	20	21	29
PM10-Jahresmittel	2010	-	28	-	25	-	17	27
	2011	-	28	-	25	-	18	26
	2012	-	24	-	22	-	18	22
	2013	-	25	-	22	-	19	23
	2014	-	26	-	22	-	19	23
	2015	-	24	-	23	-	19	21
	2016	-	21	-	21	-	17	19
	2017	-	22	-	21	-	18	19
	2018	-	22	-	20	-	18	20
	2019	-	17	-	18	-	16	16
Anzahl PM10-Überschreitungen > 50 µg/m ³ im Tagesmittel	2010	-	19	-	13	-	2	16
	2011	-	35	-	29	-	7	28
	2012	-	12	-	9	-	5	9
	2013	-	14	-	13	-	8	15
	2014	-	18	-	13	-	5	12
	2015	-	11	-	11	-	6	8
	2016	-	0	-	3	-	0	2
	2017	-	8	-	11	-	7	7
	2018	-	6	-	5	-	5	7
	2019	-	3	-	0	-	1	1
PM2.5-Jahresmittel	2010	-	20	-	-	-	-	20
	2011	-	19	-	-	-	-	19
	2012	-	16	-	-	-	-	16
	2013	-	17	-	-	-	-	16
	2014	-	16	-	-	-	-	15
	2015	-	15	-	-	-	-	15
	2016	-	13	-	-	-	-	14
	2017	-	17	-	-	-	-	13
	2018	-	14	-	-	-	-	14
	2019	-	11	-	-	-	-	10

Tab. 4.1: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ in der Umgebung des Untersuchungsgebietes (HLNUG, 2011-2020).

werte aufgrund der Stationslage unweit der B 49 durch Verkehrsbeiträge beeinflusst. Die Luftmessstation „Wetzlar Linsenbergr.“ weist nur geringe Beiträge des Kfz-Verkehrs auf. In ca. 25 km nördlicher Entfernung werden an der Station „Marburg“ für den städtischen Hintergrund repräsentative Kennwerte der Luftqualität und an der Station „Marburg-Univers.Straße“ entsprechende Daten mit verkehrsbedingten Beiträgen erfasst.

Auf Grundlage der in **Tab. 4.1** aufgeführten Messwerte am Messstandort „Gießen Johannes-Lein-Gasse“ wird unter Berücksichtigung der zeitlichen Entwicklung der letzten Jahre für das im Stadtgebiet von Gießen gelegene Untersuchungsgebiet eine Hintergrundbelastung für NO_2 von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abgeleitet. Für PM_{10} wird in Orientierung an die Messwerte der Messstation „Marburg“ eine Hintergrundbelastung von $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angesetzt.

Die erfassten Konzentrationen der verkehrsbezogenen Messstation „Gießen-Westanlage“ waren in den vergangenen Jahren Auslöser der Luftreinhalteplanung. Diesbezüglich wurden für die vorliegende Ausarbeitung die Messdaten für das Jahr 2019 rechnerisch nachvollzogen unter Berücksichtigung der in der Verkehrsuntersuchung enthaltenen Verkehrsdaten für den Analysenullfall, angewendet auf das Bezugsjahr 2019, und mit Anwendung der hier beschriebenen modelltechnischen Vorgehensweisen als Grundlage für die hier durchgeführten Prognosen.

Entsprechend aktueller Untersuchungen (De Leeuw et al., 2009; Bruckmann et al., 2009) gibt es eine Korrelation zwischen PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$. De Leeuw et al. (2009) erhielten bei der Datenauswertung ein $\text{PM}_{2.5}$ zu PM_{10} -Verhältnis 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 $\text{PM}_{2.5}$ - zu PM_{10} -Verhältnis bestimmt.

Auf Grundlage dieser Verhältnisse von $\text{PM}_{2.5}$ zu PM_{10} und der oben genannten Zusammenhänge wird für das Untersuchungsgebiet eine $\text{PM}_{2.5}$ -Hintergrundbelastung von $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angesetzt. In **Tab. 4.2** sind die angesetzten Werte für die Schadstoffhintergrundbelastung dargestellt.

Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO_2	25
PM_{10}	19
$\text{PM}_{2.5}$	14

Tab. 4.2: Angesetzte Schadstoffhintergrundbelastung im Untersuchungsgebiet im Bezugsjahr 2019/2024

Für das Chemiemodell zur Beschreibung der NO-NO₂-Konversion (Düring et al., 2011) wird in Orientierung an den Messungen der in **Tab. 4.1** aufgeführten Messstationen der letzten Jahre eine Hintergrundbelastung für Ozon von 36 µg/m³ angesetzt.

Mit Hilfe von technischen Maßnahmen und politischen Vorgaben wird angestrebt, die Emissionen der o. a. Schadstoffe in den kommenden Jahren in Deutschland zu reduzieren. Deshalb wird erwartet, dass auch die großräumig vorliegenden Luftschadstoffbelastungen im Mittel im Gebiet von Deutschland absinken. Für das im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit betrachtete Bezugsjahr 2024 zeigen Abschätzungen (RLuS, 2012) bezogen auf die heutige Situation Reduktionen der Immissionen für Stickoxide bis ca. 9 % und für Feinstaubpartikel um ca. 5 %. Diese Abschätzungen beziehen sich auf das Gebiet von Deutschland; im Einzelfall kann die Entwicklung der Schadstoffkonzentrationen aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen davon abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktion verzichtet; das entspricht einer konservativen Vorgehensweise.

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, ergänzt um Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}).

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 (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 Emissionsfaktoren für Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der VDI-Richtlinie „Kfz-Emissionsbestimmung“ (VDI 3782 Blatt 7, 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) berechnet; in der aktuellen Version des HBEFA 4.1 sind die nichtmotorbedingten Beiträge für Feinstaub PM₁₀ und PM_{2.5} integriert.

Die motorbedingten Emissionsfaktoren hängen für die Fahrzeugarten PKW und LKW im Wesentlichen ab von

- den so genannten Verkehrssituationen („Fahrverhalten“), das heißt der Verteilung von Fahrgeschwindigkeit, Beschleunigung, Häufigkeit und Dauer von Standzeiten,
- der sich fortlaufend ändernden Fahrzeugflotte (Anteil Diesel etc.),
- der Zusammensetzung der Fahrzeugschichten (Fahrleistungsanteile der Fahrzeuge einer bestimmten Gewichts- bzw. Hubraumklasse und einem bestimmten Stand der Technik

- hinsichtlich Abgasemission, z. B. EURO 2, 3, ...) und damit vom Jahr, für welches der Emissionsfaktor bestimmt wird (= Bezugsjahr),
- 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. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

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 dem eine Korrektur der Emissionsfaktoren für Diesel-PKW sowie der Einfluss der Lufttemperatur auf die Organisation der Abgasnachbehandlungseinrichtung für Euro-4, Euro-5 und Euro-6-Diesel-PKW berücksichtigt sind; vergleichbare Anpassungen sind auch für leichte Nutzfahrzeuge enthalten. Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Emissionsfaktoren für das Betrachtungsgebiet berücksichtigen die an der ca. 5 km nordöstlich gelegenen DWD-Station Gießen/Wettenberg erfassten stündlichen Zeitreihen der Lufttemperatur im Zeitraum 2009-2018 (Quelle: DWD) mit einer mittleren Temperatur von 11.3 °C.

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

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen, wobei für lichtsignalgeregelte Kreuzungsbereiche die Störungen des Verkehrsablaufes mit einem dichten Verkehrsfluss berücksichtigt werden:

- AO-Fern100: Außerörtliche Fernstraße, Tempolimit 100 km/h
AO-HVS70: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h
AO-HVS70d: Außerörtliche Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 70 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h
IOS-HVS50d: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-Sam50: Städtische Sammelstraße, Tempolimit 50 km/h

IOS-Sam50d: Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr

In **Tab. 5.1** sind die berücksichtigten Verkehrssituationen und die entsprechenden Emissionsfaktoren für das Bezugsjahr 2024 aufgeführt, klassifiziert wie im HBEFA für Längsneigungsklassen in 2 %-Stufen für Gegenverkehrsstrecken (gekennzeichnet durch vorangestellte „_“-Unterstrichzeichen).

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren 2024 je Kfz in g/km									
Verkehrssituation	Geschwindigkeit in km/h	NO _x		PM10 / PM 2.5 (nur Abgase)		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb)		NO _{2,direkt}	
		PKW	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV
AO-Fern100	96.4	0.204	0.795	0.0020	0.0160	0.030	0.130	0.009	0.046	0.065	0.175
AO-Fern100_2	96.4	0.228	1.110	0.0021	0.0126	0.030	0.130	0.009	0.046	0.073	0.255
AO-HVS70	67.0	0.177	1.017	0.0017	0.0155	0.026	0.100	0.012	0.056	0.055	0.231
AO-HVS70_2	67.0	0.191	1.235	0.0018	0.0140	0.026	0.100	0.012	0.056	0.060	0.286
AO-HVS70_4	67.0	0.233	0.965	0.0020	0.0130	0.026	0.100	0.012	0.056	0.074	0.205
AO-HVS70d	53.8	0.231	1.444	0.0020	0.0169	0.033	0.350	0.013	0.064	0.072	0.334
IOS-HVS50	42.9	0.248	1.966	0.0055	0.0198	0.026	0.113	0.015	0.068	0.072	0.447
IOS-HVS50_2	42.9	0.253	2.211	0.0056	0.0200	0.026	0.113	0.015	0.068	0.074	0.531
IOS-HVS50_4	42.9	0.285	1.474	0.0058	0.0201	0.026	0.113	0.015	0.068	0.085	0.330
IOS-HVS50d	36.0	0.307	2.195	0.0060	0.0232	0.033	0.358	0.016	0.068	0.091	0.492
IOS-HVS50d_2	36.0	0.319	2.041	0.0061	0.0233	0.033	0.358	0.016	0.068	0.095	0.463
IOS-HVS50d_4	36.0	0.344	1.710	0.0063	0.0234	0.033	0.358	0.016	0.068	0.103	0.381
IOS-Sam50	41.6	0.248	2.018	0.0056	0.0199	0.026	0.113	0.014	0.067	0.068	0.461
IOS-Sam50d	34.8	0.290	2.303	0.0059	0.0231	0.033	0.358	0.016	0.068	0.082	0.518

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren in g/km je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2024

Die angesetzten Verkehrssituationen sind exemplarisch in **Abb. 5.1** für den Planfall dargestellt. Die Emissionen werden auf der Grundlage der im Verkehrsgutachten genannten Verkehrsprognosen für 2030 im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit für das Bezugsjahr 2024, dem frühestmöglichen Jahr der Fertigstellung wesentlicher Teile der Planung, berechnet.

5.3 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen des betrachteten Schadstoffes NO_x werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und LKW-(SV)-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus. In Anhang A4 sind die räumlichen Verteilungen der Emissionen für die Schadstoffe NO_x und NH₃ dargestellt.

Abb. 5.1 20242-20-01

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



Lohmeyer

Verkehrssituation

- AO-Fern100
- AO-HVS70d
- AO-HVS70
- IOS-Sam50d
- IOS-Sam50
- IOS-HVS50d
- IOS-HVS50



Tab. 5.2 zeigt exemplarisch die Verkehrskennwerte und die daraus abgeleiteten Emissionen der L 3020, ausgedrückt als strecken- und zeitbezogene Emissionsdichten, für den Straßenabschnitt an der Konrad-Adenauer-Brücke und den Abschnitt im Bereich der Luftmessstation „Gießen-Westanlage“ für die betrachteten Untersuchungsfälle. Die Planungen führen zu Zunahmen der Verkehrsbelastung an der Konrad-Adenauer-Brücke um ca. 20 % und im Bereich der Messstelle um ca. 4 %. Damit verbunden sind entsprechende Erhöhungen der Schadstofffreisetzungen.

	DTV in Kfz/24h	LKW Anteil in %	Verkehrs- situation	Mittlere Emissionsdichte in mg/(m*s)			
				NO _x	NO ₂ direkt	PM10	PM2.5
Konrad-Adenauer-Brücke							
Prognosenußfall	18 400	3.0	IOS-HVS50_4	0.061	0.017	0.0065	0.0044
Planfall	22 100			0.073	0.021	0.0079	0.0053
Luftmessstation „Gießen-Westanlage“							
Prognosenußfall	24 600	3.0	IOS-HVS50d	0.092	0.026	0.0122	0.0060
Planfall	25 500			0.095	0.027	0.0127	0.0062

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete Emissionen im Bezugsjahr 2024

6 ERGEBNISSE

Im Untersuchungsgebiet, d. h. im Plangebiet, wurden Schadstoffimmissionen in Bodennähe bestimmt. Das Rechengebiet deckt eine Fläche von ca. 1.5 km x 1 km ab, bei einer horizontalen Auflösung von 10 m x 10 m. In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (Kap. 5) auf den berücksichtigten Straßen ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Es wird daher nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung (Kap. 4) 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 NO₂ und PM10 von 40 µg/m³ sowie PM2.5 mit 25 µg/m³ im Jahresmittel mit roter Farbe; der PM10-Schwellenwert von 29 µg/m³ im Jahresmittel zur Ableitung des PM10-Kurzzeitwertes und der PM2.5-Richtwert von 20 µg/m³ werden mit gelber Farbe belegt.

6.1 NO₂-Immissionen

Die **Abb. 6.1** zeigt die im Prognosenullfall berechneten NO₂-Immissionen. Hohe verkehrsbedingte Beiträge zur NO₂-Gesamtbelastung treten im Untersuchungsgebiet an der B 429 sowie an den Stadtstraßen im Innenstadtbereich von Gießen auf. Dort führen die Schadstofffreisetzungen zu flächenhaft erhöhten NO₂-Immissionen mit Jahresmittelwerten im Nahbereich über 28 µg/m³ und vereinzelt bis 38 µg/m³. An den übrigen Straßen sind die verkehrsbedingten Beiträge überwiegend moderater, die zu etwas schwächer ausgeprägten flächenhaft erhöhten Immissionen führen. Dabei sind im Nahbereich NO₂-Jahresmittelwerte über 27 µg/m³ und überwiegend bis 30 µg/m³ dargestellt. Mit zunehmendem Abstand zu den Straßen nehmen die verkehrsbedingten Beiträge zur NO₂-Gesamtbelastung ab und führen zu geringeren NO₂-Jahresmittelwerten bis unter 26 µg/m³.

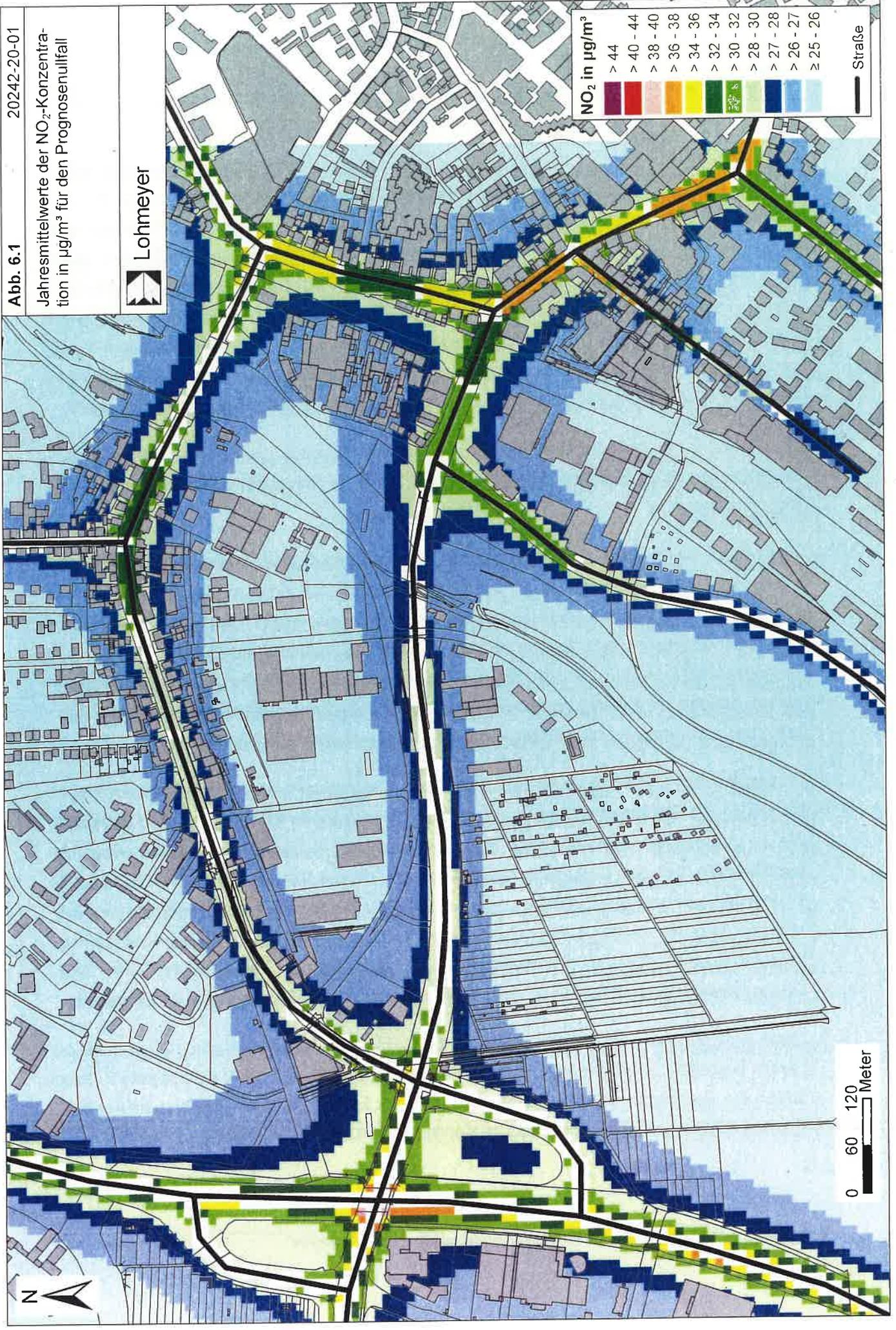
Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an für die Beurteilung relevanter Bebauung, z. B.

Abb. 6.1

20242-20-01

Jahresmittelwerte der NO_2 -Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Prognosefall

Lohmeyer



NO ₂ in µg/m ³	
> 44	Dark Purple
> 40 - 44	Red
> 38 - 40	Light Red
> 36 - 38	Orange
> 34 - 36	Yellow
> 32 - 34	Light Green
> 30 - 32	Green
> 28 - 30	Light Blue
> 27 - 28	Blue
> 26 - 27	Dark Blue
≥ 25 - 26	Very Light Blue

0 60 120 Meter

Straße

Wohngebäuden, führen. Die Bewertung der Luftqualität auf dem Gelände von Arbeitsstätten schließt die 39. BImSchV aus. Im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind an der Randbebauung der Stadtstraße Westanlage NO₂-Jahresmittelwerte bis 38 µg/m³ ermittelt, so auch im Bereich der Luftmessstation „Gießen-Westanlage“. Im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind an der Randbebauung der Stadtstraße Westanlage die NO₂-Jahresmittelwerte bis 36 µg/m³ berechnet. An der Randbebauung der Rodheimer Straße und der L 3020 westlich der Straße Westanlage weisen die ermittelten NO₂-Immissionen Jahresmittelwerte bis 34 µg/m³ auf. Für die übrige Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet sind geringere NO₂-Immissionen abgeleitet mit Jahresmittelwerten überwiegend unter 30 µg/m³.

Damit wird an der bestehenden Wohnbebauung im Untersuchungsgebiet der derzeit geltende Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ im Prognosenullfall nicht erreicht und nicht überschritten.

In **Abb. 6.2** ist die NO₂-Gesamtbelastung für den Planfall dargestellt. Aufgrund der planungsbedingten Verkehrszunahme entlang der L 3020 sind dort die flächenhaft erhöhten NO₂-Immissionen etwas stärker ausgeprägt als im Prognosenullfall. Dabei sind die am Fahrbahnrand ermittelten NO₂-Gesamtbelastungen mit Jahresmittelwerten bis 38 µg/m³ zum Prognosenullfall vergleichbar. Entlang der Rodheimer Straße führt die Verringerung der Verkehrsbelastung zu einem gewissen Rückgang der NO₂-Gesamtbelastungen, die am Fahrbahnrand zum Prognosenullfall vergleichbare Jahresmittelwerte aufweisen.

Im Planfall sind im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebiet an der direkt angrenzenden Bebauung der Stadtstraße Westanlage gewisse Zunahmen der NO₂-Immissionen abgeleitet, die im Jahresmittel weiterhin Konzentrationswerte von 38 µg/m³ nicht überschreiten. Im nordöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind an der Randbebauung der Stadtstraße Westanlage nur geringfügige Änderungen der NO₂-Gesamtbelastungen ermittelt, die im Jahresmittel weiterhin bis 36 µg/m³ berechnet sind. Im übrigen Untersuchungsgebiet sind an der Wohnbebauung ebenfalls überwiegend nur geringfügige Änderungen der NO₂-Gesamtbelastungen mit zum Prognosenullfall vergleichbaren Jahresmittelwerten abgeleitet.

Damit wird auch im Planfall der Grenzwert für NO₂-Jahresmittelwerte von 40 µg/m³ an der bereits bestehenden Wohnbebauung ebenfalls nicht erreicht und nicht überschritten. Dabei führen die Planungen an der Wohnbebauung zum Teil zu gewissen Zunahmen der NO₂-Gesamtbelastungen, die jedoch nicht zu Konflikten mit den Beurteilungswerten führen.

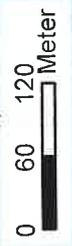
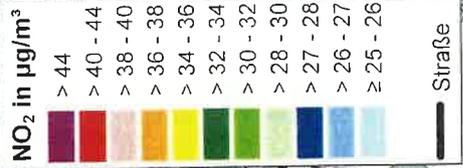
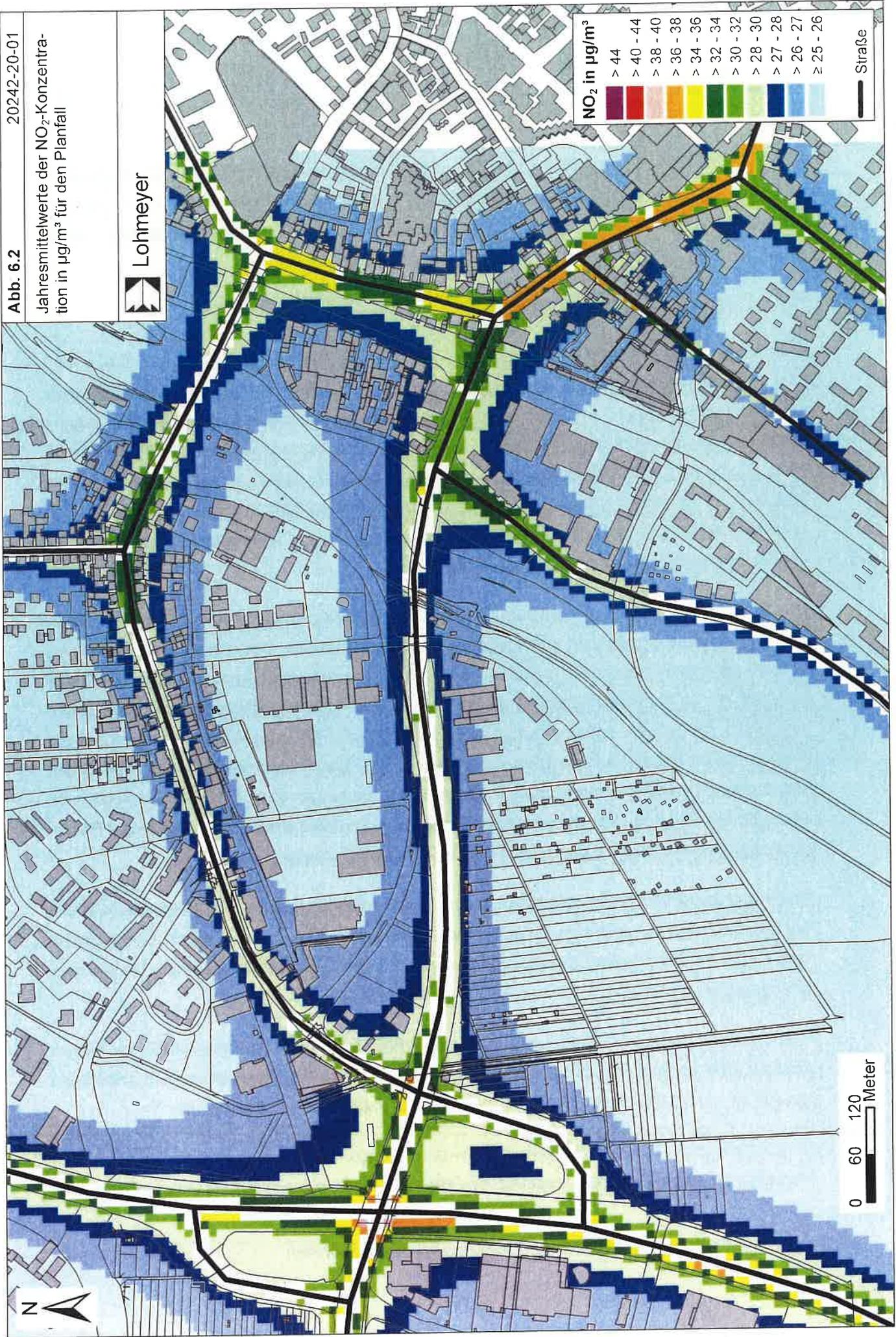
Abb. 6.2

20242-20-01

Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration in µg/m³ für den Planfall



Lohmeyer



Die 39. BImSchV sieht eine Bestimmung der Kurzzeitbelastung von NO_2 vor (siehe Abschnitt 3.3). Eine Überschreitung des NO_2 -Kurzzeitgrenzwerts gemäß der 39. BImSchV, d. h. einem Stundenwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr als 18-mal im Jahr, ist bei Jahresmittelwerten unter $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nicht zu erwarten.

6.2 Feinstaubimmissionen (PM10)

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

Die **Abb. 6.3** zeigt die im Prognosenullfall berechneten PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte). Im Untersuchungsgebiet sind gegenüber der angesetzten PM10-Hintergrundbelastung von $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um mehr als $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöhte PM10-Gesamtbelastungen entlang der B 429 ermittelt, die an der Anschlussstelle mit der L 3020 Jahresmittelwerte vereinzelt bis $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aufweisen. Im übrigen Untersuchungsgebiet sind erhöhte PM10-Gesamtbelastungen nur am Fahrbahnrand der berücksichtigten Straßen ermittelt. Dabei sind westlich der Stadtstraße Westanlage die PM10-Immissionen an der L 3020 überwiegend bis $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet. Im südöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind an der Stadtstraße Westanlage die PM10-Jahresmittelwerte bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und sonst bis $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dargestellt.

Im Prognosenullfall sind an den direkt angrenzenden Wohngebäuden der Stadtstraße Westanlage die PM10-Immissionen im Jahresmittel zum Teil bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Überwiegend weisen die an der Straßenrandbebauung ermittelten PM10-Gesamtbelastungen im Untersuchungsgebiet Jahresmittelwerte von $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder geringer auf.

Damit wird im Prognosenullfall der Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten; Konflikte mit dem Schwellenwert zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung sind im Prognosenullfall ebenfalls nicht abgeleitet.

Im Planfall, in **Abb. 6.4** dargestellt, führen die durch die Planung induzierten zusätzlichen Verkehre zu einer gewissen Zunahme der PM10-Gesamtbelastungen im Untersuchungsge-

Abb. 6.3

20242-20-01

Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Prognosefall



Lohmeyer

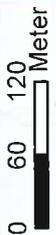
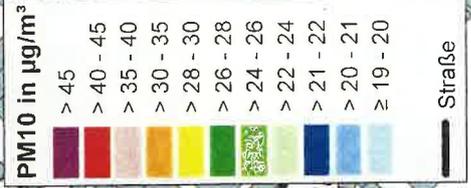
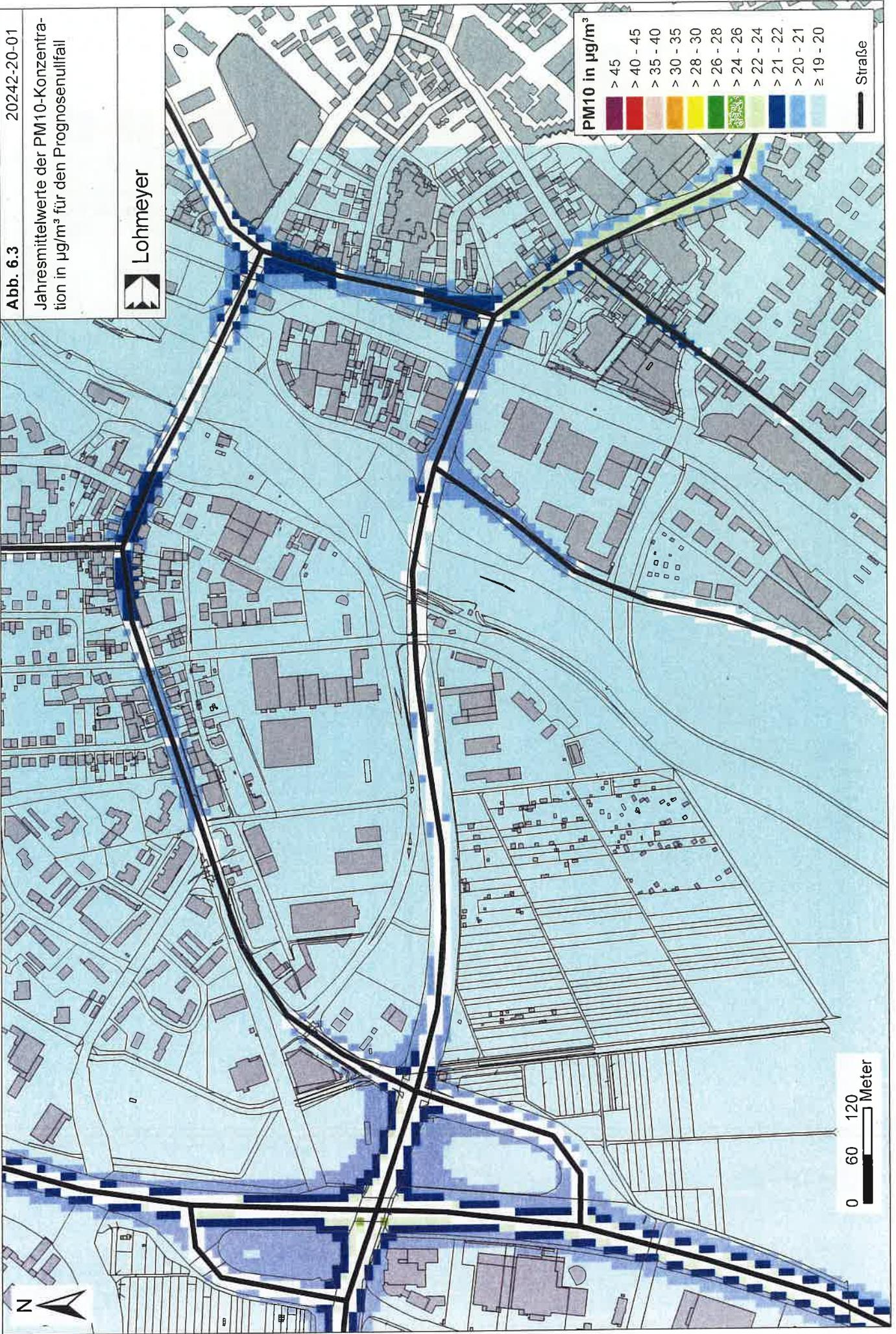
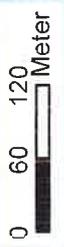
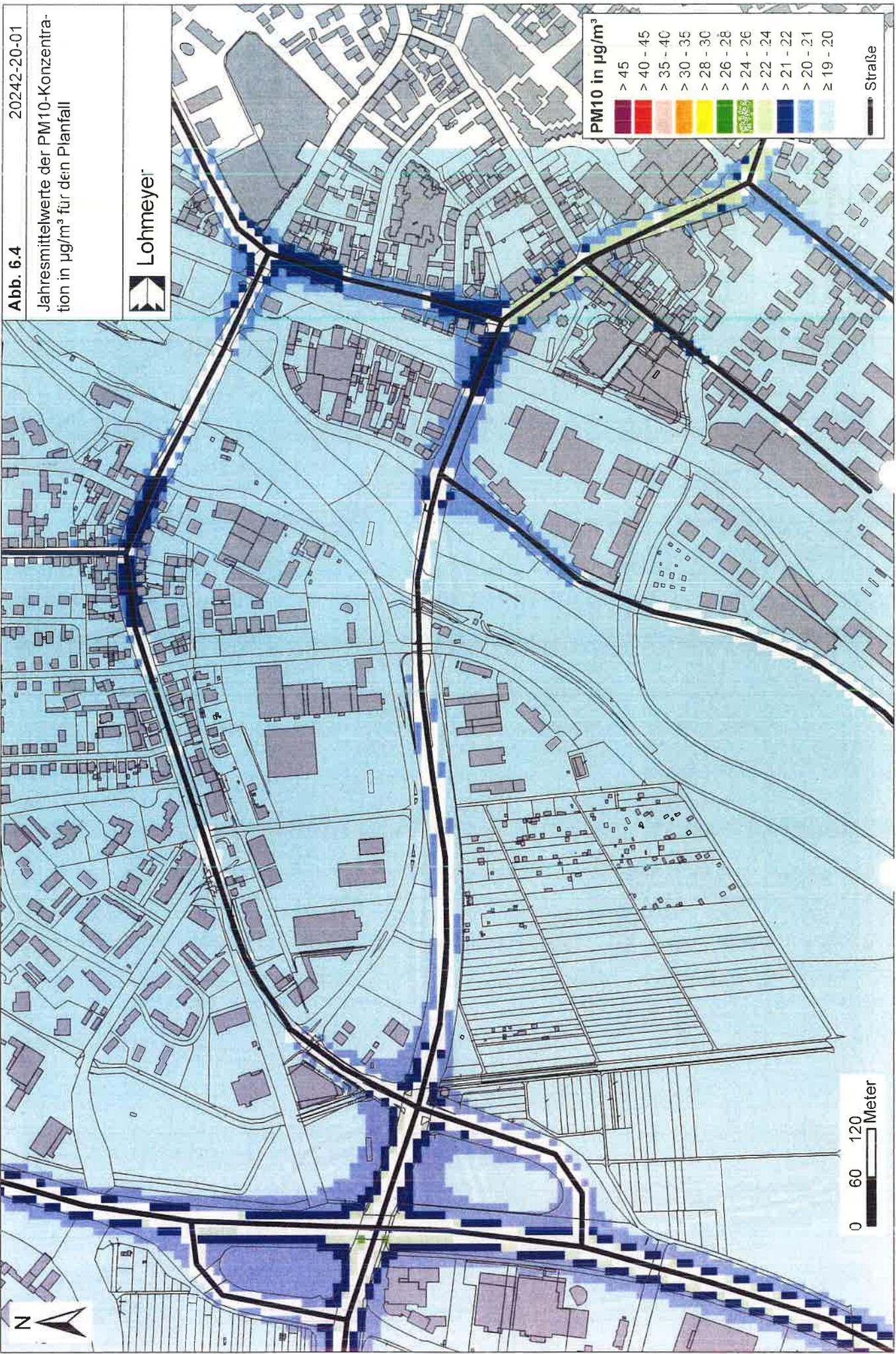
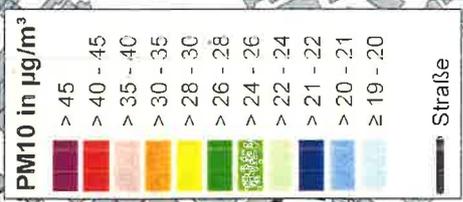


Abb. 6.4 20242-20-01

Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Plantall

 Lohmeyer



biet. Dabei sind im Bereich der B 429 zum Prognosenullfall vergleichbare PM10-Immissionen dargestellt. An der L 3020 weisen die westlich der Stadtstraße Westanlage ermittelten PM10-Immissionen Jahresmittelwerte bis $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Im weiteren Verlauf Richtung Südosten sind an die PM10-Gesamtbelastungen weiterhin bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. Im übrigen Untersuchungsgebiet sind am Fahrbahnrand der berücksichtigten Straßen weiterhin PM10-jahresmittelwerte von $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder geringer berechnet

An der Wohnbebauung, die südöstlichen Teil des Untersuchungsgebiets direkt an die Straße Westanlage angrenzt, sind im Planfall weiterhin PM10-Jahresmittelwerte bis $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ermittelt. An der übrigen Straßenrandbebauung im Untersuchungsgebiet sind zum Teil gewisse Zunahmen der PM10-Gesamtbelastungen gegenüber dem Prognosenullfall dargestellt. Dabei sind weiterhin PM10-Jahresmittelwerte von $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ oder geringer berechnet.

Damit wird im Planfall an den bereits bestehenden Wohngebäuden der Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten, der Schwellenwert zur Ableitung der PM10-Kurzzeitbelastung wird ebenfalls sehr deutlich nicht erreicht und nicht überschritten.

6.3 Feinstaub-Immissionen (PM2.5)

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

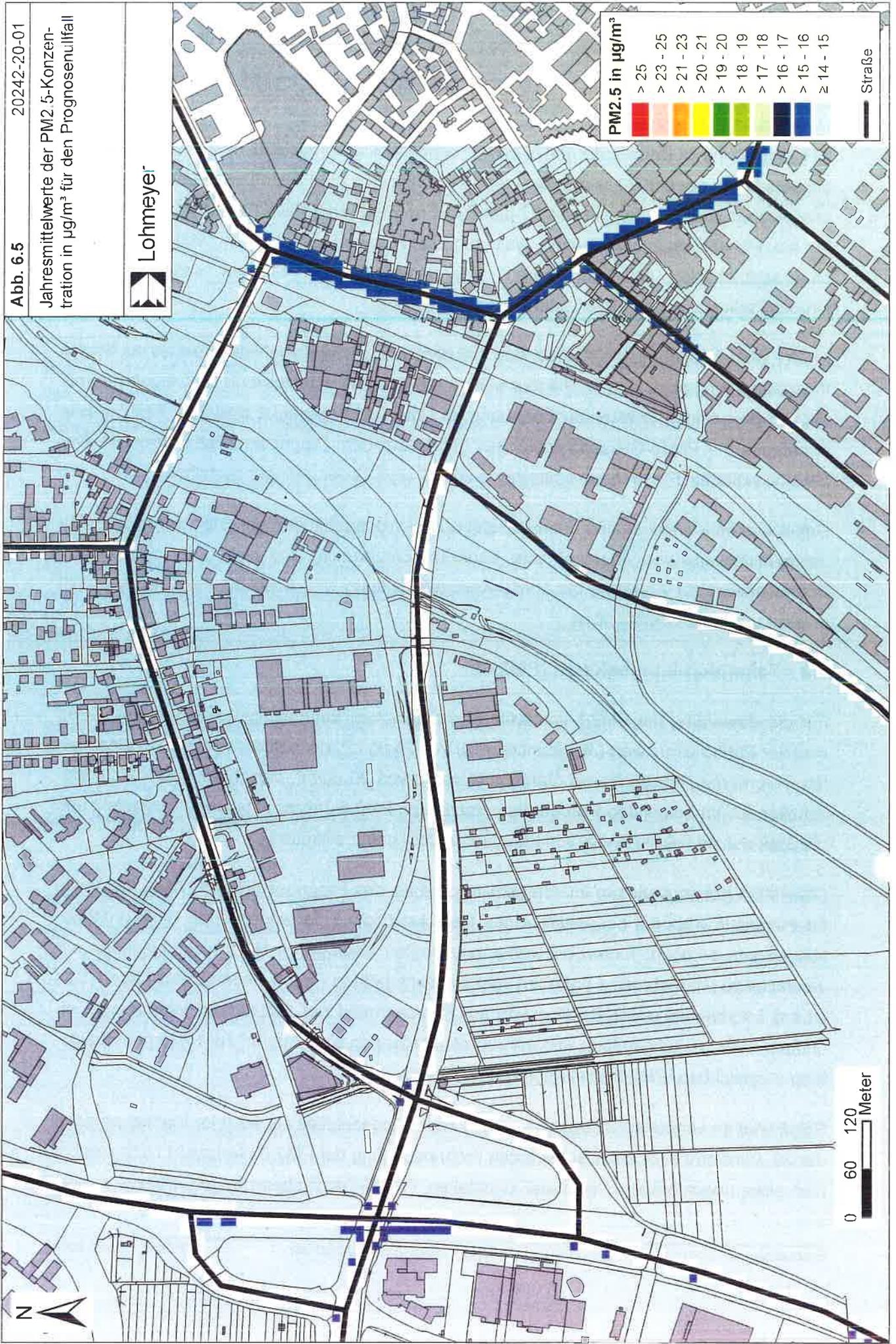
Die PM2.5-Konzentrationen im Jahresmittel sind für den Prognosenullfall in **Abb. 6.5** sowie für Planfall in **Abb. 6.6** dargestellt. Unter Berücksichtigung der angesetzten Hintergrundbelastung von $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ führen die verkehrsbedingten Beiträge im Untersuchungsgebiet nur vereinzelt zu um mehr als $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel erhöhten PM2.5-Gesamtbelastungen. Das ist am Fahrbahnrand der B 426 sowie am Fahrbahnrand der Stadtstraße Westanlage. Im übrigen Untersuchungsgebiet sind mit Jahresmittelwerten bis $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Hintergrundbelastung vergleichbare PM2.5-Immissionen dargestellt.

Somit wird im Untersuchungsgebiet sowohl im Prognosenullfall als auch im Planfall an nach der 39. BImSchV beurteilungsrelevanten Wohnbebauung der PM2.5-Grenzwert nicht erreicht und nicht überschritten. Die dabei ermittelten PM2.5-Gesamtbelastungen weisen an der

Abb. 6.5 20242-20-01

Jahresmittelwerte der PM2.5-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Prognosefall

Lohmeyer



PM2.5 in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
Red	> 25
Orange	> 23 - 25
Yellow-Orange	> 21 - 23
Yellow	> 20 - 21
Light Green	> 19 - 20
Green	> 18 - 19
Light Blue	> 17 - 18
Dark Blue	> 16 - 17
Medium Blue	> 15 - 16
Lightest Blue	$\ge 14 - 15$

0 60 120 Meter

— Straße

Abb. 6.6

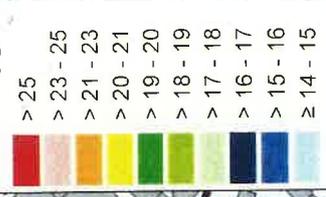
20242-20-01

Jahresmittelwerte der PM2.5-Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für den Planfall

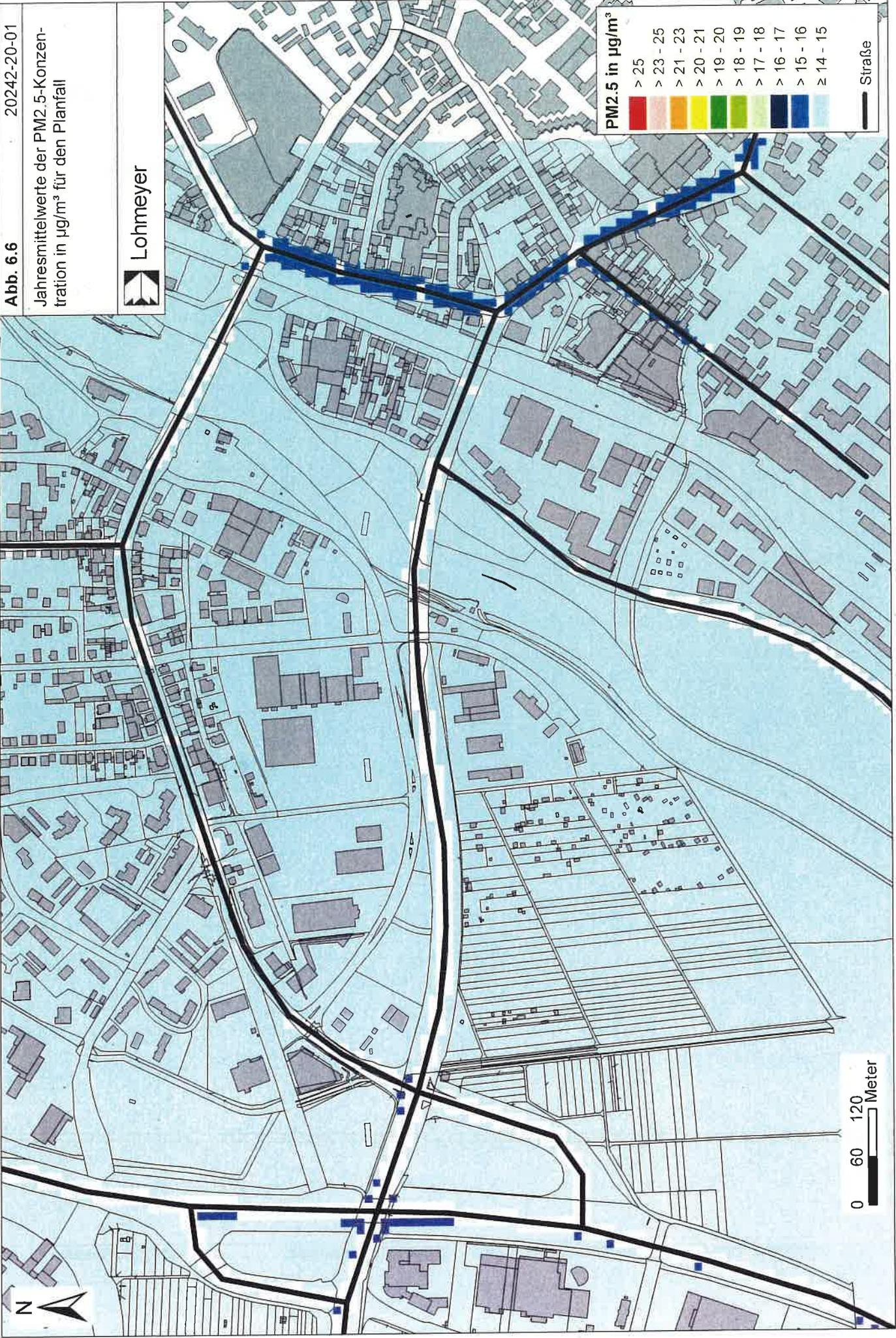
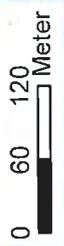


Lohmeyer

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



Straße



Straßenrandbebauung. Jahresmittelwerte zwischen $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Konflikte mit dem $\text{PM}_{2.5}$ -Richtgrenzwert sind ebenfalls nicht zu erwarten.

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). BGBl. I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010, zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 18. Juli 2018 (BGBl. I S. 1222).
- Bächlin, W., Bössinger, R., Brandt, A., Schulz, T. (2006): Überprüfung des NO-NO₂-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung. Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft, 66 (2006) Nr. 4 – April.
- 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 (2018): Verkehrsentwicklung auf Bundesfernstraßen 2015. Jahresauswertung der automatischen Dauerzählstellen. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik, Bergisch-Gladbach, 2018.

- 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 the health impacts of exposure to $PM_{2.5}$ at a European level. ETC/ACC Technical Paper 2009/1. European Topic Centre on Air and Climate change, June 2009.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, 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 (Februar 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.
- Flassak, Th., Bächlin, W., Bössinger, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für KFZ-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Habermehl & Follmann (2016a): Vierspuriger Ausbau der Konrad-Adenauer-Brücke in Gießen – Fortschreibung der Verkehrsuntersuchung. Habermehl & Follmann Ingenieurgesellschaft mbH, Rodgau. Dezember, 2016.
- Habermehl & Follmann (2016b): Fortschreibung der Verkehrsuntersuchung „Vierspuriger Ausbau der Konrad-Adenauer-Brücke in Gießen“ – Dokumentation der Verkehrsuntersuchung. Habermehl & Follmann Ingenieurgesellschaft mbH, Rodgau. April, 2016.
- HLNUG (2011-2020): Lufthygienischer Jahresbericht 2010-2020. Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie, Wiesbaden.
- Kühlwein, J. (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., Reichenbacher, W. (1995): Luftverschmutzung in Straßenschluchten - erste Messergebnisse nach der 23. BImSchV in Berlin. VDI-Bericht 1228, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf.

- Lohmeyer (2012): Aktualisierung des MLuS 02 bzgl. Emission, Lärmschutzmodul, NO/NO₂-Konversion, Vorbelastung und Fortschreibung 22. BImSchV - FE 02.0255/2004/LRB. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Radebeul unter Mitarbeit von Institut für Energie und Umwelt, Heidelberg. Projekt 70405-07-10, Abschlussbericht vom Jan. 2012, Gutachten im Auftrag von: Bundesanstalt für Straßenwesen, Bergisch Gladbach.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, Februar 2006, www.lua.nrw.de bzw. www.lanuv.nrw.de.
- RLuS (2012): Richtlinien zur Ermittlung der Luftqualität an Straßen ohne oder mit lockerer Randbebauung – RLuS 2012. Hrsg.: Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, veröffentlicht 2013.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlussbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Romberg, E., Bösing, R., Lohmeyer, A., Ruhnke, R., Röth, E. (1996): NO-NO₂-Umwandlungsmodell für die Anwendung bei Immissionsprognosen für KFZ-Abgase. Hrsg.: Gefahrstoffe-Reinhalte 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).
- TREMODO (2010): TREMODO – 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 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. Die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV werden u.a. in der 39. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben werden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2.5 µm), der seit 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. Die Überprüfung steht derzeit noch aus.

A N H A N G A 2
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 NO₂ erfolgt für die Kurzzeitbelastungen nach Romberg et al. (1996), modifiziert für hohe Belastungen nach Bächlin et al. (2006). Für Jahresmittelwerte wird die NO-NO₂-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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
 - c^* = dimensionslose Abgaskonzentration
 - Q = emittierter Schadstoffmassenstrom in $\mu\text{g}/(\text{m}^*\text{s})$
 - 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 $\geq 5 \times$ 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 Gesamtimmisionsbelastung geringer sind.

A N H A N G A 3
MATERIALIEN UND UNTERLAGEN

A3 MATERIALIEN UND UNTERLAGEN

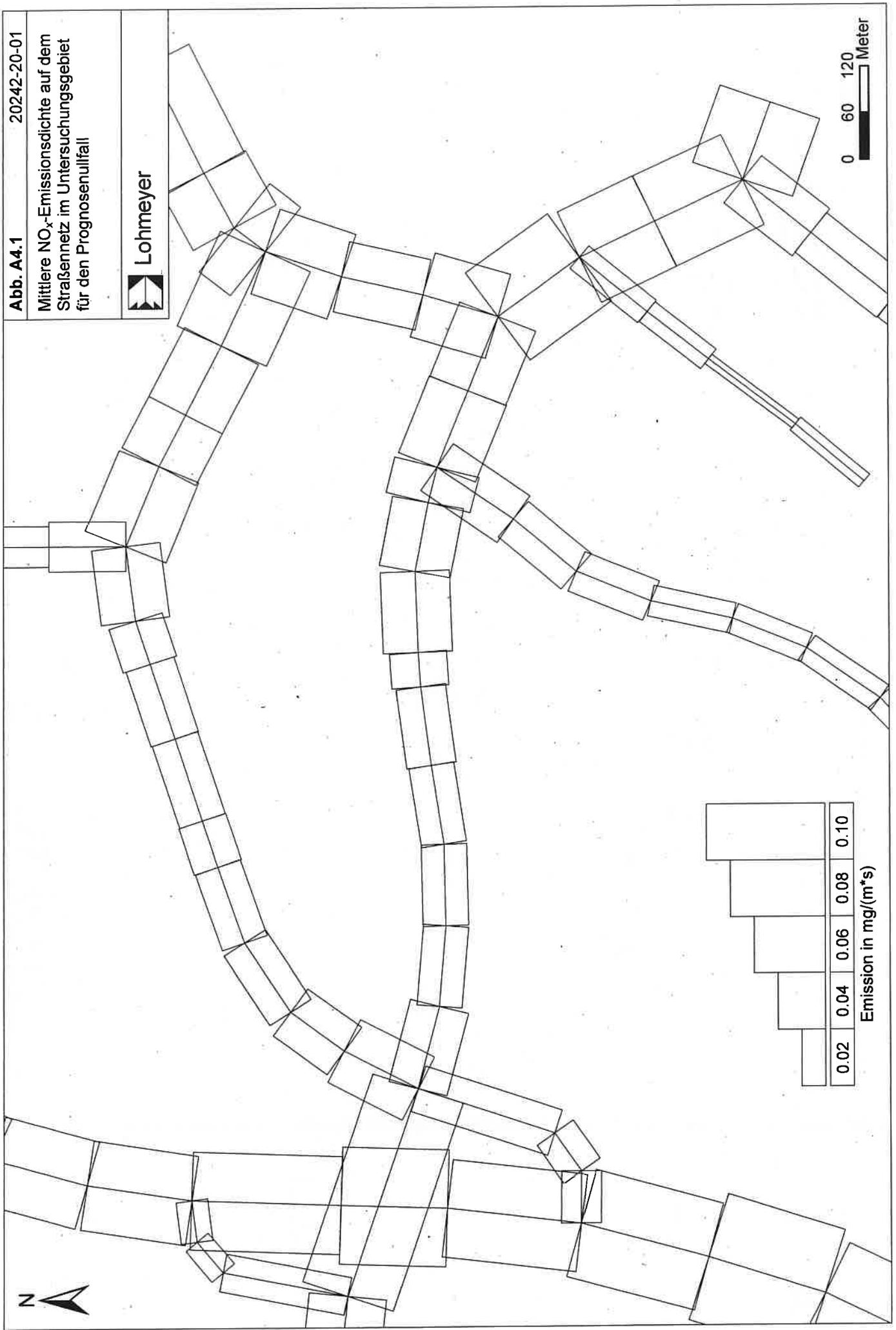
Für die vorliegende Untersuchung wurden u. a. die nachfolgenden Unterlagen verwendet, die durch den Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden:

- Planungsdaten in Form von Lage- und Höhenplänen (E-Mail vom 21.10.2020)
- Digitale Katasterdaten (E-Mail vom 21.10.2020)
- Verkehrsuntersuchungen mit Unterlagen (E-Mail vom 20.10.2020)

A N H A N G A 4
EMISSIONEN DER STRASSENABSCHNITTE

Abb. A4.1 20242-20-01

Mittlere NO_x-Emissionsdichte auf dem
Straßennetz im Untersuchungsgebiet
für den Prognosefall



	0.02		0.04		0.06		0.08		0.10
--	------	--	------	--	------	--	------	--	------

Emission in mg/(m*s)



Abb. A4.2 20242-20-01

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



Lohmeyer

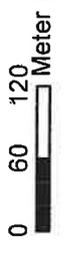
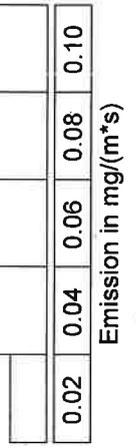
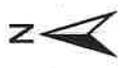
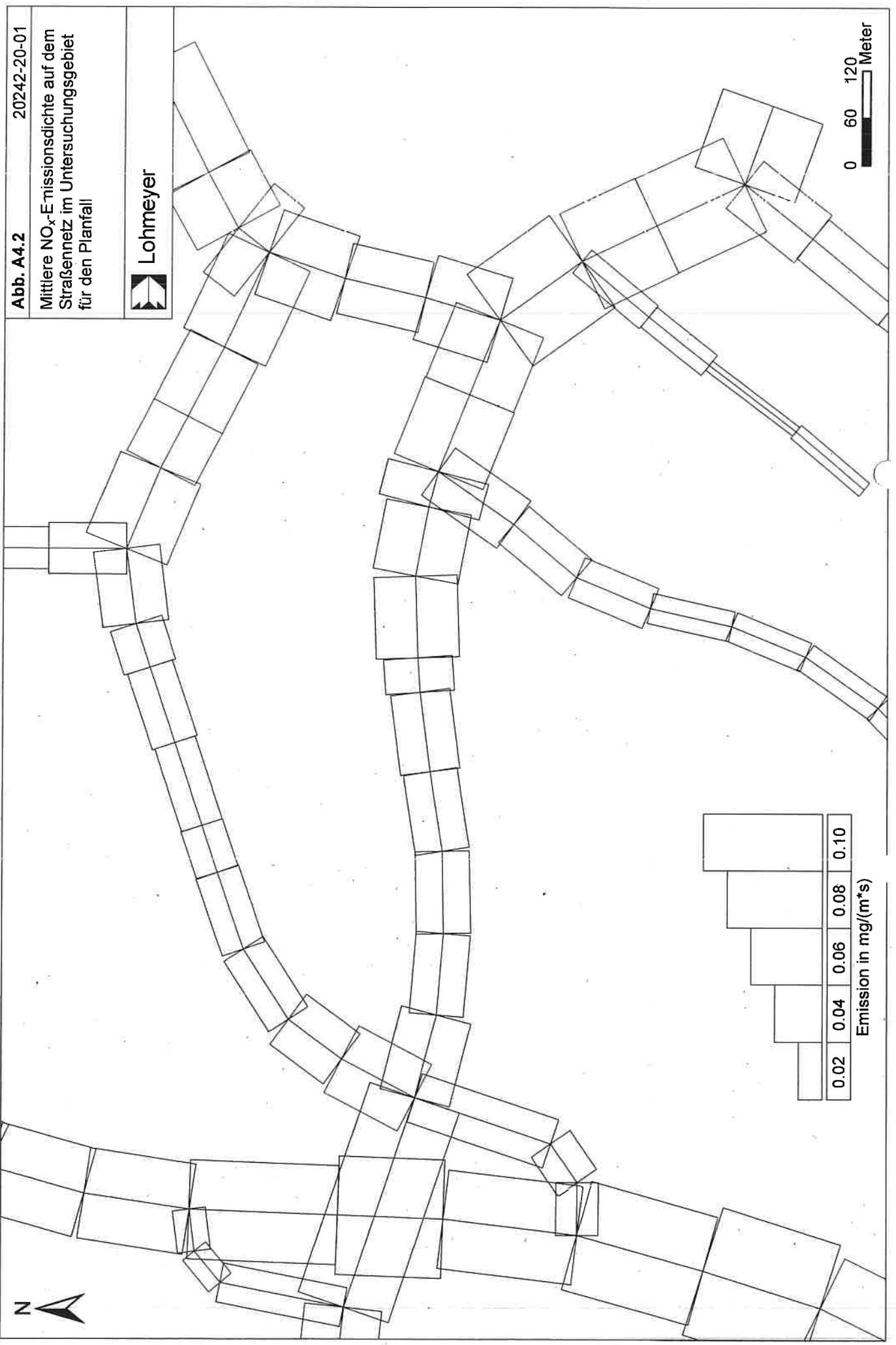
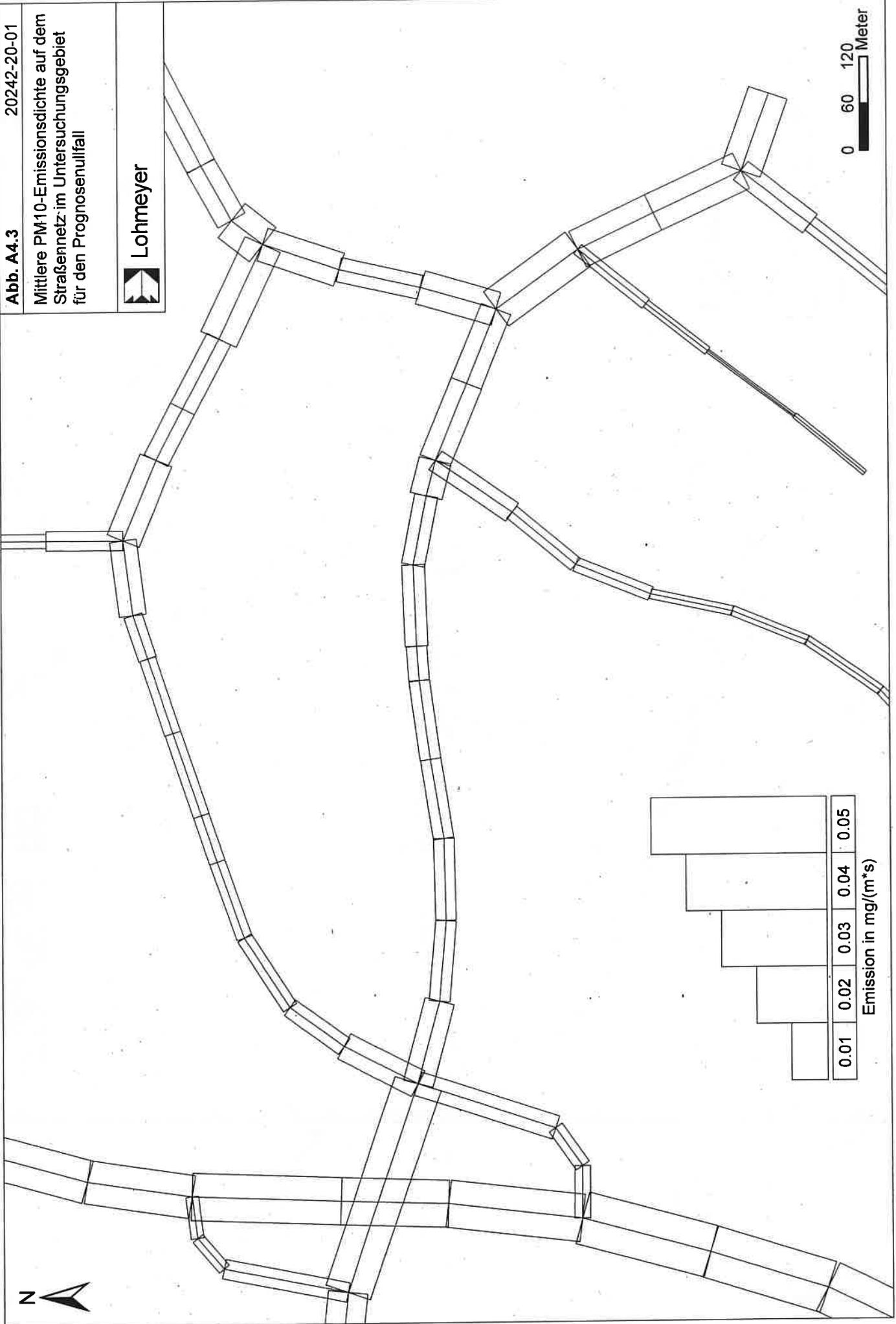


Abb. A4.3 20242-20-01

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



Lohmeyer



0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
------	------	------	------	------

Emission in mg/(m*s)

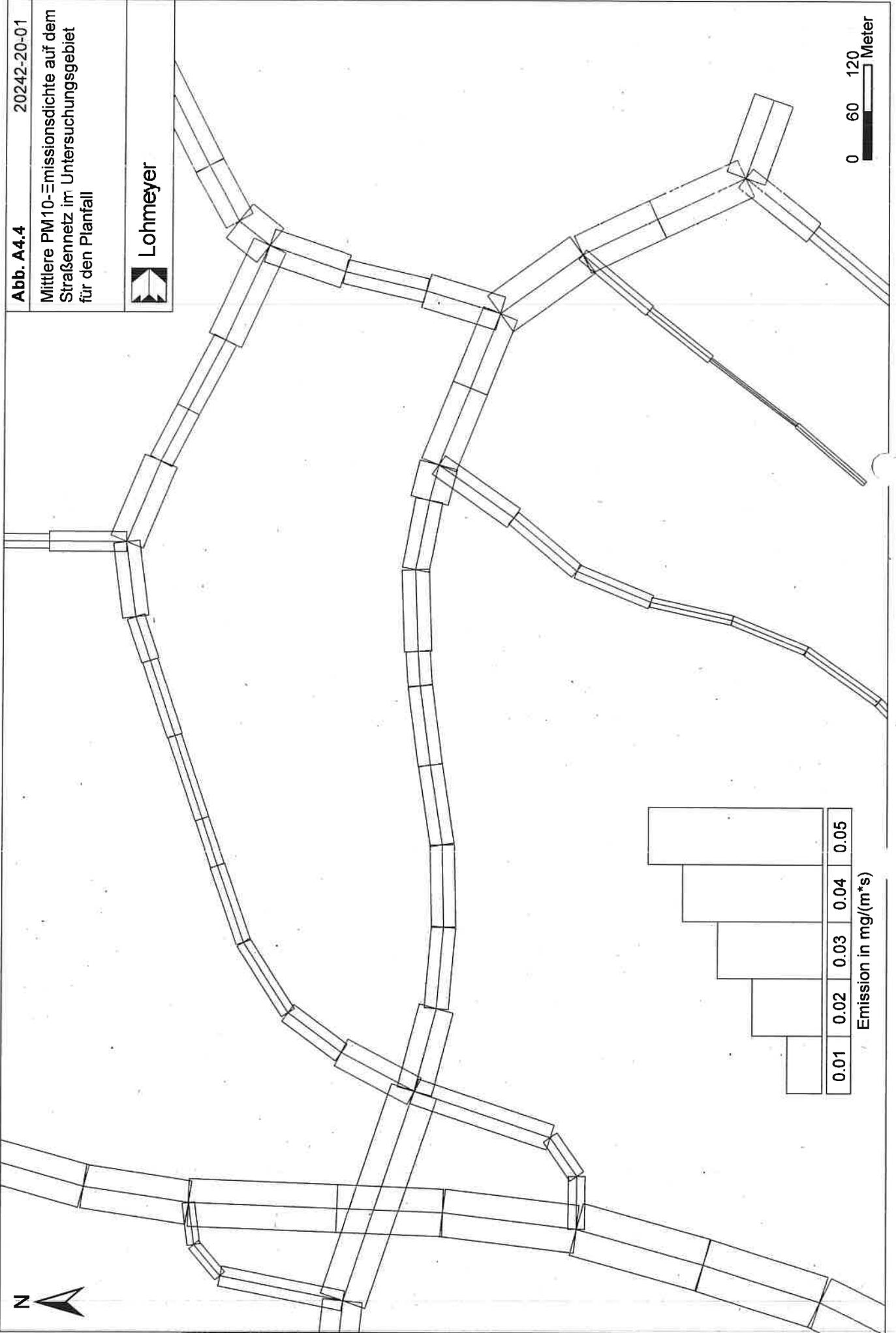
0 60 120 Meter

Abb. A4.4 20242-20-01

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



Lohmeyer



Emission in mg/(m*s)
0.01
0.02
0.03
0.04
0.05



Abb. A4.5

20242-20-01

Mittlere PM_{2.5}-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Prognosefall



Lohmeyer

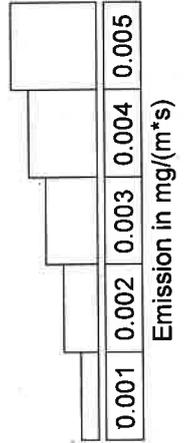
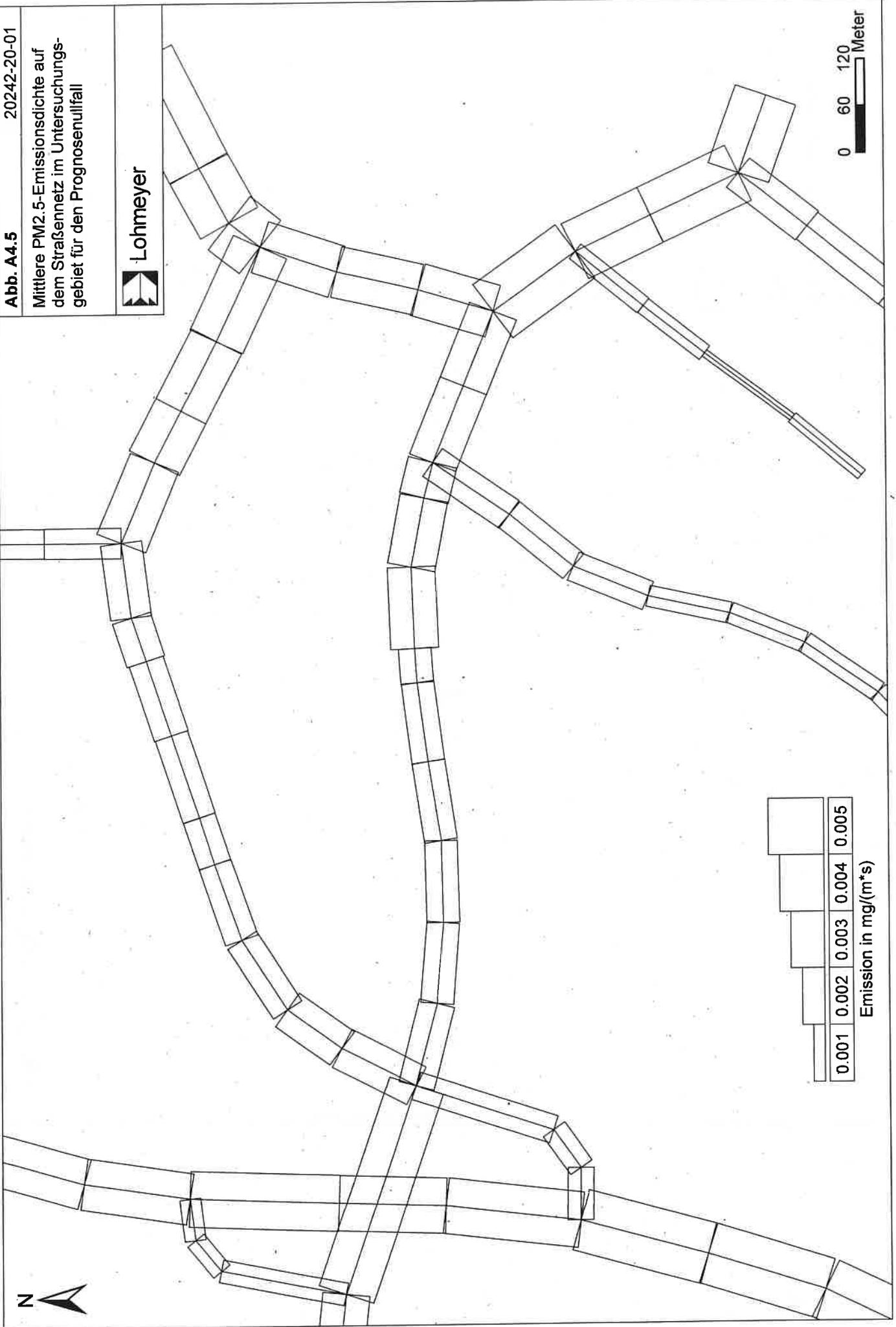
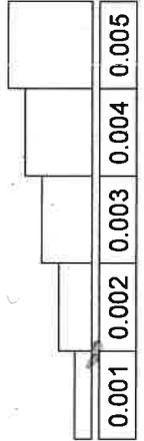
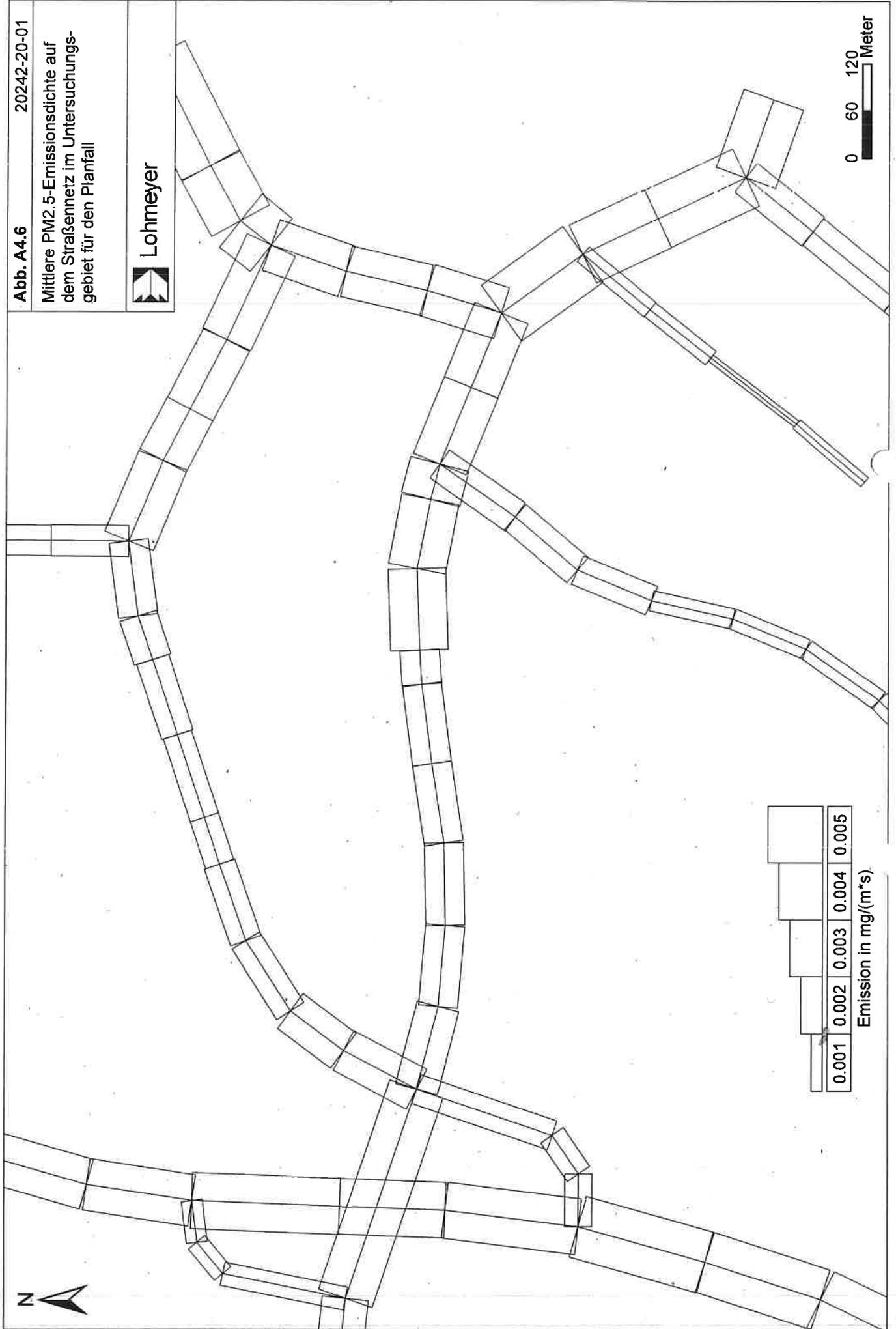


Abb. A4.6 20242-20-01

Mittlere PM_{2.5}-Emissionsdichte auf dem Straßennetz im Untersuchungsgebiet für den Planfall



Lohmeyer



Emission in mg/(m*s)



0 60 120 Meter