



Lohmeyer

BAUVORHABEN OSTTANGENTE JENA

LUFTSCHADSTOFFGUTACHTEN

Auftraggeber:

Stadtverwaltung Jena
Dezernat 3 Stadtentwicklung und
Umwelt, Fachdienst Mobilität
Am Anger 26
07743 Jena

Bearbeitung:

Lohmeyer GmbH
Niederlassung Dresden

A. Moldenhauer

Dipl.-Met. A. Moldenhauer

E. Nitzsche

Dipl.-Ing. (FH) E. Nitzsche

I. Düring

Dr. rer. nat. I. Düring

Mai 2022
Projekt 10198-21-01
Berichtsumfang 68 Seiten

INHALTSVERZEICHNIS

ERLÄUTERUNG VON FACHAUSDRÜCKEN	1
1 ZUSAMMENFASSUNG	3
2 AUFGABENSTELLUNG	5
3 VORGEHENSWEISE.....	6
3.1 Betrachtete Schadstoffe	6
3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe	6
3.3 Berechnungsverfahren MISKAM.....	7
3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte	9
4 EINGANGSDATEN.....	12
4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	12
4.2 Verkehrsdaten	13
4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation	20
4.4 Meteorologische Daten	21
4.5 Hintergrundbelastung der Luft.....	26
5 EMISSIONEN.....	29
5.1 Methode zur Bestimmung der Emissionsfaktoren.....	29
5.2 Motorbedingte Emissionsfaktoren.....	29
5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren.....	31
5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes.....	33
5.5 Emissionen im Parkhaus „Am Inselplatz“	36
6 IMMISSIONEN	38
6.1 Stickstoffdioxid (NO ₂)	38
6.2 Feinstaub (PM ₁₀).....	42
6.3 Feinstaub (PM _{2.5}).....	45
7 EMISSIONSBERECHNUNG NACH HBEFA 4.2.....	48
8 LITERATUR.....	50

ANHANG A1: BEURTEILUNGSWERTE FÜR LUFTSCHADSTOFFKONZENTRATIONEN AN KFZ-STRASSEN	54
ANHANG A2: BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION	58
ANHANG A3: EMISSIONSABBILDUNGEN	62

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 Namen 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 / PM_{2.5}

Mit Feinstaub bzw. PM₁₀/PM_{2.5} 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 PM_{2.5}-Fraktion gelangt bei Inhalation vollständig bis in die Alveolen der Lunge; sie umfasst auch den wesentlichen Masseanteil des anthropogen erzeugten Aerosols, wie Partikel aus Verbrennungsvorgängen und Sekundärpartikel.

1 ZUSAMMENFASSUNG

Das Bauvorhaben Osttangente in Jena, dessen Genehmigung über ein Planfeststellungsverfahren erfolgt, umfasst den grundhaften Ausbau der Straßen Am Anger (z.T.), Am Eisenbahndamm, Lutherplatz und Wiesenstraße (z.T.).

In diesem Zusammenhang ist im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens die Erarbeitung eines Luftschadstoffgutachtens erforderlich. Innerhalb des Gutachtens sind unter Berücksichtigung der geltenden Rechtslage die Auswirkungen des geplanten Bauvorhabens auf die Immissionssituation des Untersuchungsgebietes zu untersuchen und zu bewerten.

Betrachtet wurden folgende Fälle:

- Prognose-Nullfall 2028 mit der baulichen Situation des Istzustands und den Verkehrszahlen für 2030 sowie den Emissionsfaktoren für 2028
- Planfall 2028 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme den Verkehrszahlen für 2030 sowie den Emissionsfaktoren für 2028

Betrachtet wurden die folgenden Komponenten: Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) hinsichtlich des Schutzes der Gesundheit. Die Beurteilung der Maßnahme erfolgte im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV.

Mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA) in seiner Version 4.1 (UBA, 2019) wurden mit PROKAS die verkehrsbedingten Emissionen für das Bezugsjahr 2028 ermittelt. Die nicht motorbedingten PM₁₀- und PM_{2.5}-Emissionen sind ebenfalls im HBEFA 4.1 enthalten und werden so verwendet.

Die Ausbreitungsmodellierung erfolgte mit dem Modell MISKAM (Beschreibung siehe Anhang A2).

Die so berechnete Zusatzbelastung, verursacht vom Kfz-Verkehr auf den berücksichtigten Straßen, wurde mit der großräumig vorhandenen Hintergrundbelastung überlagert. Die Hintergrundbelastung, die im Untersuchungsgebiet ohne die Emissionen auf den berücksichtigten Straßen und des Parkhauses vorläge, wurde auf Grundlage von Messdaten und in Abstimmung mit der zuständigen Immissionsschutzbehörde dem Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz angesetzt. Die NO/NO₂-Konversion wurde mit einem verein-

fachten Chemiemodell durchgeführt. Diskutiert und bewertet wurde die Gesamtbelastung (Zusatzbelastung + Hintergrundbelastung).

Ergebnisse

Im Untersuchungsgebiet werden keine Überschreitungen der beurteilungsrelevanten Jahresmittelwerte für NO₂, PM₁₀ und PM_{2.5} im Prognose-Nullfall 2028 und im Planfall 2028 berechnet.

Auch der strengere PM₁₀-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer 50 µg/m³ entsprechend der 39. BImSchV werden im Prognose-Nullfall 2028 und Planfall 2028 unterschritten.

Aus Sicht der Lufthygiene sind die Planungen im Hinblick auf die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit bezogen auf die bestehende Wohnnutzung im Prognosejahr 2028 nicht abzulehnen.

Auch unter Verwendung von HBEFA 4.2 zur Bestimmung der Emissionen werden alle beurteilungsrelevanten Grenzwerte der 39. BImSchV deutlich unterschritten.

2 AUFGABENSTELLUNG

Das Bauvorhaben Osttangente in Jena, dessen Genehmigung über ein Planfeststellungsverfahren erfolgt, umfasst den grundhaften Ausbau der Straßen Am Anger (z.T.), Am Eisenbahndamm, Lutherplatz und Wiesenstraße (z.T.).

Des Weiteren erfolgt die Berücksichtigung des geplanten Parkhauses auf dem B-Plangebiet „Inselplatz“

Zu betrachten sind folgende Fälle:

- Prognose-Nullfall (P0) 2028 mit der baulichen Situation des Istzustands und den Verkehrszahlen für 2030 sowie Emissionen für das Prognosejahr 2028 (ohne Realisierung des Vorhabens)
- Planfall (P1) 2028 nach Umsetzung der Planungsmaßnahme und den Verkehrszahlen für 2030 sowie Emissionen für das Prognosejahr 2028 (nach Realisierung des Vorhabens)

Die Beurteilung der Maßnahme soll für die verkehrsrelevanten Luftschadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂) und Feinstäube (PM10, PM2.5) im Vergleich mit bestehenden Grenzwerten der 39. BImSchV für das Jahr 2028, des frühesten Jahres der möglichen Inbetriebnahme der Planungsmaßnahme, erfolgen.

3 VORGEHENSWEISE

3.1 Betrachtete Schadstoffe

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, ob die durch die geplanten Baumaßnahmen verursachten Auswirkungen die Konzentrationen der Luftschadstoffe (Immissionen) unter Berücksichtigung der bereits vorhandenen Hintergrundbelastung in gesetzlich unzulässigem Maße erhöhen. Durch den Vergleich der Schadstoffkonzentrationen mit schadstoffspezifischen Beurteilungswerten, z. B. Grenzwerten, die vom Gesetzgeber zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegt werden, werden Rückschlüsse auf die Luftqualität gezogen. Für die Beurteilung von Auswirkungen des Kfz-Verkehrs ist v. a. die 39. BImSchV relevant.

Die Relevanz der Schadstoffe ist recht unterschiedlich. Immissionsgrenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden erfahrungsgemäß am ehesten bei NO₂ und PM₁₀ erreicht. Die Konzentrationen für andere Luftschadstoffe wie Benzol, Blei, Schwefeldioxid (SO₂) und Kohlenmonoxid (CO) sind im Vergleich zu ihren gesetzlichen Immissionsgrenzwerten 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.

Für die Beurteilung der Auswirkungen der Straßenverkehrsemissionen werden die Schadstoffe Stickstoffdioxid (NO₂), Feinstaubpartikel mit den Korngrößen 10 und 2.5 µm (PM₁₀, PM_{2.5}) betrachtet.

3.2 Zusammenfassung der Beurteilungsmaßstäbe für Luftschadstoffe

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

Schadstoff	Beurteilungswert	Zahlenwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
		Jahresmittel	Kurzzeit
NO ₂	Grenzwert seit 2010	40	200 (Stundenwert, maximal 18 Überschreitungen/Jahr)
PM10	Grenzwert seit 2005	40	50 (Tagesmittelwert, maximal 35 Überschreitungen/Jahr)
PM2.5	Grenzwert seit 2015	25	

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

Die Beurteilung der Schadstoffimmissionen erfolgt durch den Vergleich relativ zum jeweiligen Grenzwert. Neben den Jahresmittelwerten wird auch der PM10-Kurzzeitgrenzwert abgeleitet und bewertet. Auf die Berechnung des NO₂-Kurzzeitgrenzwert als Stundenmittelwert von 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der 18-mal pro Kalenderjahr überschritten werden darf, wird verzichtet, da der NO₂-Jahresmittelgrenzwert von 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ eher überschritten wird als der Kurzzeitgrenzwert.

Weiter orientiert sich die Bewertung an der Einstufung von Schadstoffimmissionen (siehe **Tab. 3.2**) durch die Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg (LfU, 1993).

Immissionen in % der entsprechenden Grenzwerte	Bewertung
bis 10 %	sehr niedrige Konzentrationen
über 10 % bis 25 %	niedrige Konzentrationen
über 25 % bis 50 %	mittlere Konzentrationen
über 50 % bis 75 %	leicht erhöhte Konzentrationen
über 75 % bis 90 %	erhöhte Konzentrationen
über 90 % bis 100 %	hohe Konzentrationen
über 100 % bis 110 %	geringfügige Überschreitungen
über 110 % bis 150 %	deutliche Überschreitungen
über 150 %	hohe Überschreitungen

Tab. 3.2: Bewertung von Immissionen nach LfU (1993)

3.3 Berechnungsverfahren MISKAM

Es werden Detailrechnungen mit MISKAM unter Berücksichtigung der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017; Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle) durchgeführt. Mit MISKAM werden Windfelder berechnet, die die Umströmung der im Untersuchungsgebiet vorhandenen Gebäudekonfiguration modellieren.

Auf der Grundlage der vom Auftraggeber zur Verfügung gestellten Aktivitätsdaten und Verkehrsmengen werden für das Prognosejahr die von den Kraftfahrzeugen emittierten Schadstoffmengen und -immissionen ermittelt. Die mittleren spezifischen Emissionen der Fahrzeuge einer Fahrzeugkategorie (Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Busse etc.) werden mit Hilfe des „Handbuchs für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.1 (UBA, 2019) bestimmt. Die Emissionen der Feinstaubpartikel (PM₁₀, PM_{2.5}) des Straßenverkehrs aufgrund von Abrieb und Aufwirbelung sind im HBEFA 4.1 ebenfalls enthalten und werden so verwendet. Die Vorgehensweise zur Emissionsbestimmung entspricht somit dem Stand der Technik. Sie basiert auf der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020).

Die Immissionsberechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils so lange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen werden die Hinweise aus Eichhorn (2005) sowie der Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017) für prognostische Modelle beachtet.

Das Untersuchungsgebiet wurde in ZWEI Rechengebiete unterteilt, einem nördlichen Rechengebiet (Gebiet 1) und einem südlichen Rechengebiet (Gebiet 2). Die Lage der Rechengebiete wurde so gewählt, dass alle sensitiven Punkte entlang des gesamten Bauabschnittes in die Betrachtungen einbezogen wurden.

Die Einhaltung des Kriteriums von Richtlinie VDI 3783 Blatt 9 (2017) wurde dahingehend berücksichtigt, dass die beiden Rechengebiete (mit jeweils ca. 1 000 m * 1 200 m) deutlich größer als die jeweilige Fläche entlang des zu betrachtenden Bauabschnittes (= Untersuchungsgebiet) gewählt wurde.

Die zwei Rechengebiete werden mit einem nichtäquidistanten Netz überzogen, dessen horizontale Auflösung zwischen 1 m im Zentrum des Untersuchungsgebietes und ca. 10 m am Gebietsrand variiert. Die Höhe des Rechengebietes beträgt 500 m. Es werden 36 Strömungsrechnungen für die Windrichtungen 10° bis 360° sowie anschließend je 36 Ausbreitungsrechnungen für die betrachteten Schadstoffe durchgeführt. Dabei wird jeweils neutrale thermische Schichtung der Atmosphäre angenommen. Im Rahmen der Modellvalidierung hat sich gezeigt, dass die mit MISKAM berechneten Immissionsfelder in sehr guter Näherung mit der Windgeschwindigkeit skalierbar sind. Untersuchungen haben ferner gezeigt, dass in dicht bebautem Gelände aufgrund der hohen städtischen Rauigkeit genug mechanische

Turbulenz erzeugt wird, sodass näherungsweise von einer neutralen Schichtung im Untersuchungsgebiet ausgegangen werden kann (unabhängig von der großräumigen thermischen Schichtung).

Für jeden Schadstoff werden aus den jeweils 36 Immissionsfeldern mit der Programmoberfläche WinMISKAM (Lohmeyer, 2017) unter Verwendung der Windstatistik, der Emissionshäufigkeitsverteilung und der Schadstoffhintergrundbelastung flächendeckend die Jahresmittelwerte als Gesamtbelastung berechnet.

Für die Berechnung der NO/NO₂-Umwandlung wird das vereinfachte Chemiemodell nach Düring et al. (2011) verwendet. Abweichend von der dort beschriebenen Standardeinstellung werden im vorliegenden Projekt entsprechend den Empfehlungen in Düring et al. (2021) die NO₂-Direktemissionen aus HBEFA4.1 halbiert. Dies resultiert u.a. aus Untersuchungen der Konversionsverhältnisse in Messdaten aus Projekten im Land Brandenburg, Hamburg und Berlin (siehe auch Diegmann, 2020; SVU, 2021).

3.4 Überschreitungshäufigkeit der Stunden- und Tagesmittelwerte

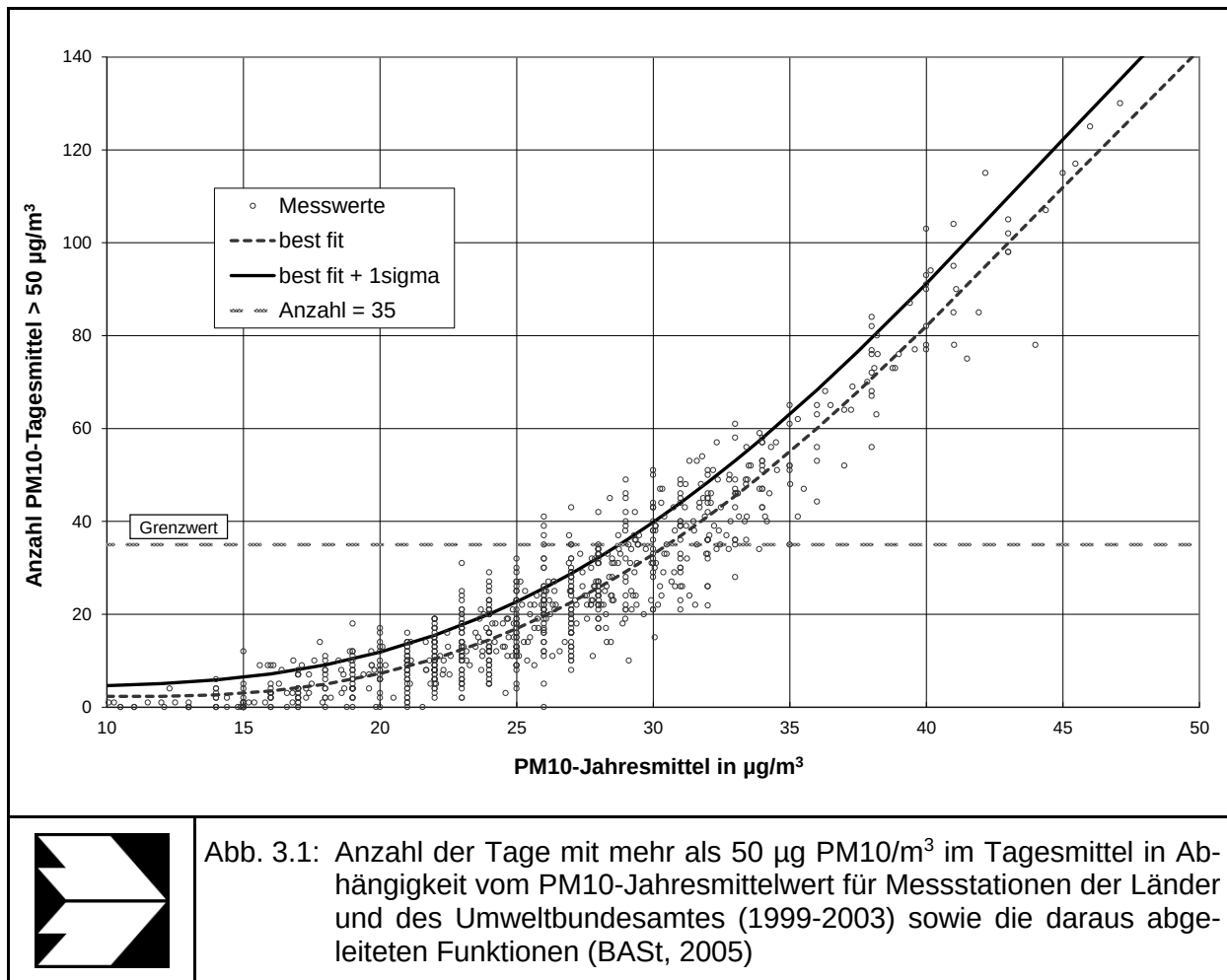
Die 39. BImSchV definiert u. a. als Kurzzeitgrenzwert für NO₂ einen Stundenmittelwert von 200 µg/m³, der nur 18-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend einem einfachen praktikablen Ansatz basierend auf Auswertungen von Messdaten (Lohmeyer, 2012) kann abgeschätzt werden, dass dieser Grenzwert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

Im Oktober 2004 stellte die Arbeitsgruppe „Umwelt und Verkehr“ der Umweltministerkonferenz (UMK) aus den ihr vorliegenden Messwerten der Jahre 2001 bis 2003 eine entspre-

chende 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).



Für die Bewertung des PM10-24 h-Grenzwertes lässt sich die folgende differenzierte Bewertung in Hinblick auf das Eintreten von Überschreitungen ableiten:

PM10-Jahresmittel

<29 µg/m³
 29 - 30 µg/m³
 31 - 33 µg/m³
 34 - 35 µg/m³
 ≥36 µg/m³

Überschreitung PM10-Tagesmittel

keine Überschreitung
 selten (Wahrscheinlichkeit <40 %)
 öfter möglich (Wahrscheinlichkeit 40 bis 80 %)
 wahrscheinlich (Wahrscheinlichkeit >80 %)
 so gut wie sicher

4 EINGANGSDATEN

Für die Emissions- bzw. Immissionsberechnungen sind als Eingangsgrößen die Lage des Straßennetzes im zu betrachtenden Untersuchungsgebiet und verkehrsspezifische Informationen von Bedeutung. Weitere Grundlagen der Immissionsberechnungen sind die basierend auf den Verkehrsdaten berechneten Schadstoffemissionen, die meteorologischen Daten und die Schadstoffhintergrundbelastung. Die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegenden Daten werden in den folgenden Abschnitten erläutert.

Vom Auftraggeber wurden als Grundlage für das vorliegende Gutachten u. a. die nachfolgenden Unterlagen übergeben:

- Technische Planung in Form von Lage- und Höhenplänen (Stand 2021-08, iproplan Planungsgesellschaft mbH, 2021a (LP 2-4), IPROconsult GmbH, 2022 Lage- und Höhenplan Stand 2022-01)
- Verkehrsbelegungsdaten (Stand 2021-08/Stand 2021-09. Stadtverwaltung Jena, 2021a und b)
- Tempolimits für Streckenabschnitte (Stadtverwaltung Jena, 2021a und f)
- Lage und Höhen von Gebäuden (Stadtverwaltung Jena, 2020a)
- B-Plan Planzeichnung und Textliche Festsetzung für Inselplatz (Stand 2018-02-28. Stadtverwaltung Jena, 2021c)
- Lage und Höhen von Lärmschutzanlagen (Bestand LSW. Stadtverwaltung Jena, 2021e; Planung LSW. iproplan Planungsgesellschaft mbH, 2021b)
- Vorschlag zur Bemessung der Verkehrsstärke am Parkhaus Inselplatz (Stadtverwaltung Jena, 2020b)
- Eingangsdaten für Parkhaus (Kommunalservice Jena, 2021, Stadtverwaltung Jena 2021d).

4.1 Lage und Beschreibung des Untersuchungsgebietes

Das Untersuchungsgebiet ist im Zentrum der Stadt Jena gelegen. Es ist ein vierspuriger Ausbau der Osttangente Jena geplant. Dabei soll eine Aufweitung der Verkehrsräume einschließlich der Neuanlage von Radwegen und Ausbau der Gehwege erfolgen. Der Bebauungsabschnitt erstreckt sich Am Anger von der Kreuzung Am Anger/Käthe-Kollwitz-Straße bis zur Kreuzung Am Eisenbahndamm/Stadtrodaer Straße/Fischergasse/Knebelstraße.

An den Bebauungsabschnitt schließt das Planungsgebiet Am Inselplatz an, wo ein neuer Campus der Friedrich-Schiller-Universität entwickelt wird. Geplant ist neben einer kompakten Bebauung auch die Errichtung eines öffentlichen Parkhauses mit 424 Stellplätzen. Die Ein-

und Ausfahrt befindet sich an der Bundesstraße „Am Anger“. Das Parkhaus befindet sich im Geltungsbereich des B-Plans B-J03 „Inselplatz“.

Die Straßen weisen zum Teil Längsneigungen auf, die entsprechend berücksichtigt werden.

Abb. 4.1 zeigt eine Übersicht über das Untersuchungsgebiet sowie das bei den Ausbreitungsrechnungen berücksichtigte Straßennetz. In den betrachteten Berechnungsfällen werden nur Straßenabschnitte in die Immissionsbestimmung einbezogen, die eine durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an Werktagen (DTV_w) größer 5 000 Kfz/24 h aufweisen. Die Emissionen von Straßenabschnitten mit geringerer Verkehrsbelegung werden über die Vorbelastung pauschal berücksichtigt (Abschnitt 4.5). Die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet weisen zum Teil lockere bis dichte einseitige oder zweiseitige Bebauung auf (Abschnitt 4.3).

4.2 Verkehrsdaten

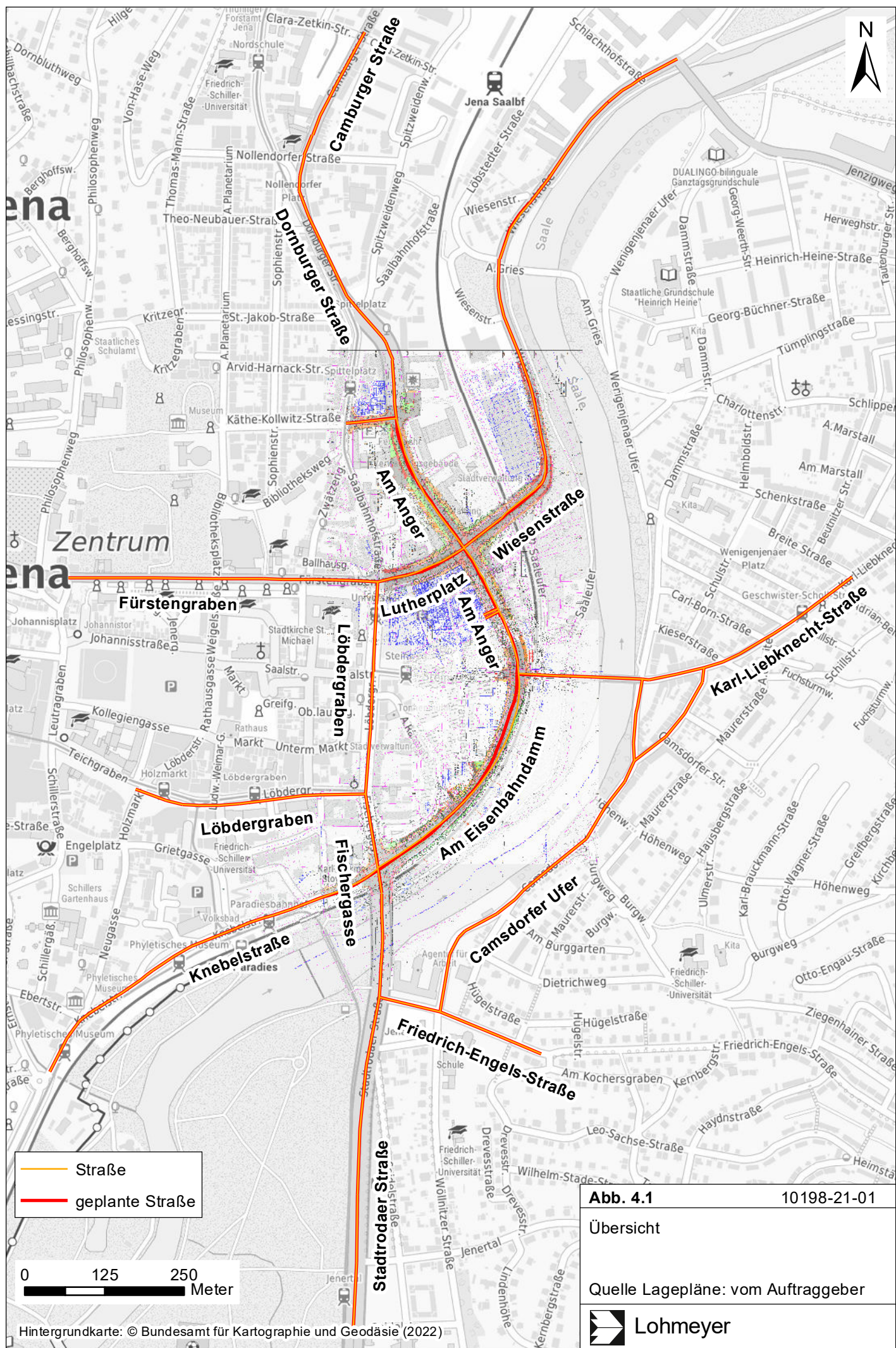
Die Verkehrsdaten, die vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wurden, liegen als Verkehrsstärken (DTV) für das Prognosejahr 2030 vor (Stadtverwaltung Jena, 2021a und b). Sie sind für den Prognose-Nullfall (P0) 2030 in **Abb. 4.2** und für den Planfall (P1) 2030 in **Abb. 4.3** dargestellt.

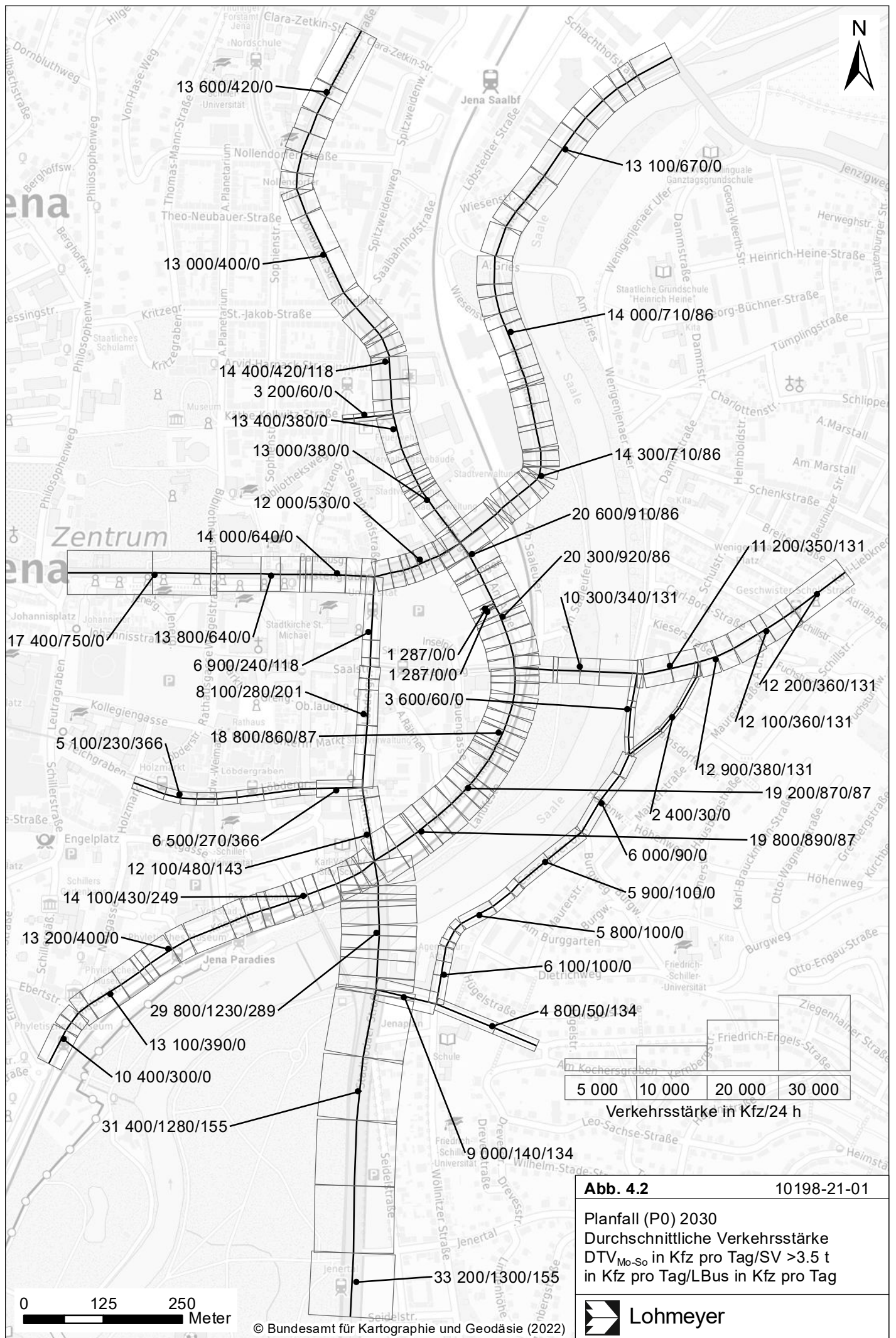
Entsprechend der „Datengrundlage für Schallschutzberechnungen – Modelldaten 2030“ (Stadtverwaltung Jena, 2021g) wurde geprüft und festgelegt, dass die Verkehrsdaten für das Jahr 2030 zu verwenden sind. Das Verkehrsaufkommen zwischen 2035 und 2030 weist kaum Veränderungen auf.

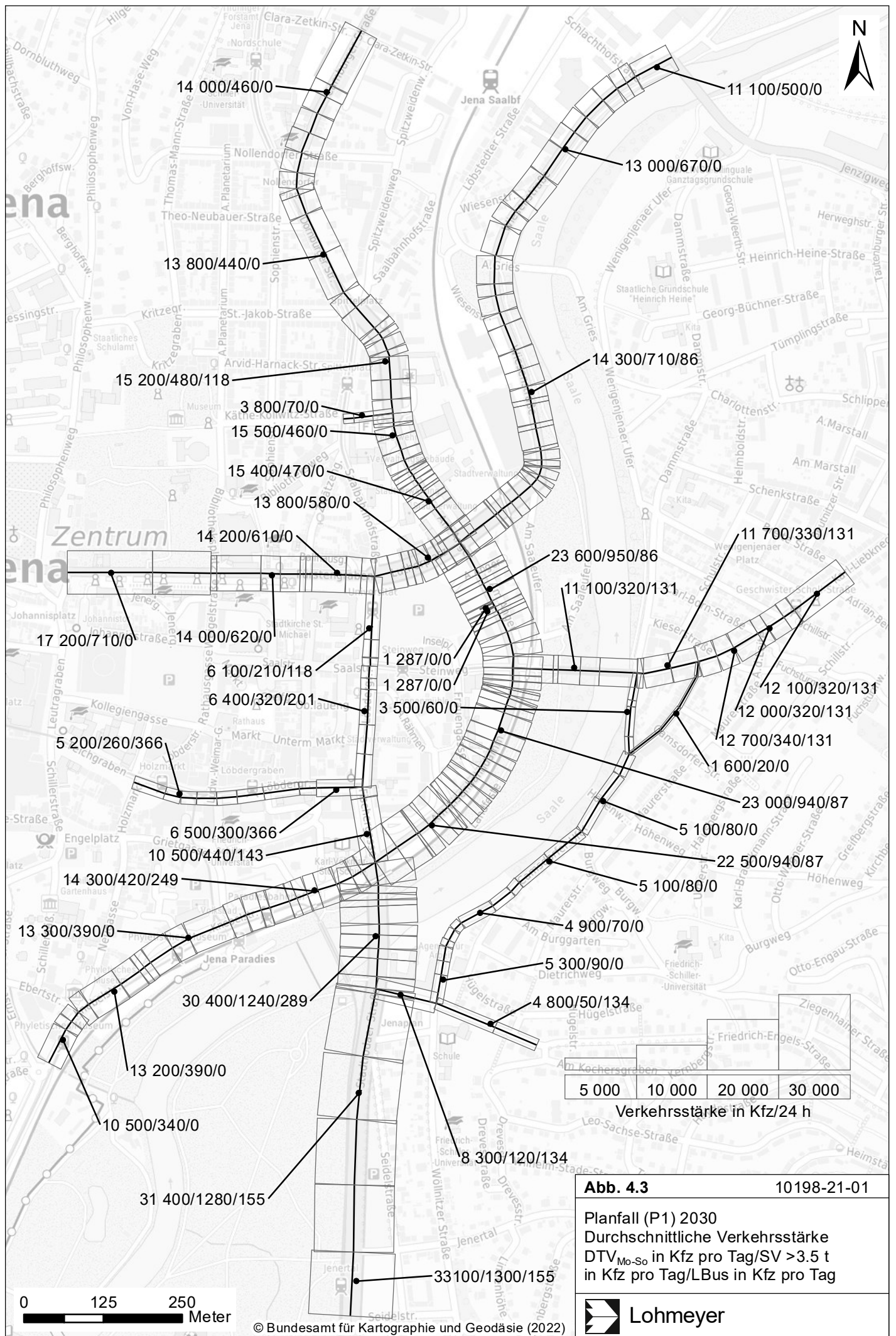
Die oben beschriebenen Verkehrsbelegungsdaten für das Jahr 2030 werden hier unverändert auf das Prognosejahr 2028 angewendet, was einer konservativen Vorgehensweise entspricht, da somit eine Kombination aus hohen Verkehrsstärken und hohen Emissionsfaktoren für die Prognose entsteht.

Für die Berechnungen werden die Daten als mittlere Verkehrsstärken (DTV) verwendet, welche den Verkehr von Montag bis Sonntag abbilden. Die verwendeten Schwerverkehrszahlen (SV) beinhalten alle Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zul. GG) größer 3.5 t.

Des Weiteren wurden die Linienbusse berücksichtigt. Sie wurden sowohl den mittleren Verkehrsstärken (DTV) als auch den Schwerverkehrszahlen mit einem zulässigen Gesamtgewicht (zul. GG) größer 3.5 t hinzugerechnet.







Geplantes Parkhaus

Das geplante Parkhaus Inselplatz befindet sich im Geltungsbereich des B-Plans B-J03 „Inselplatz“. Die Zufahrt und Ausfahrt erfolgen von der B 88 (Am Anger) her. Es wurde nach Rücksprache mit dem Auftraggeber bei beiden betrachteten Fällen die Parkhausvariante ohne zusätzliche Tunnelzufahrt unterhalb der B 88 betrachtet.

Das geplante Parkhaus besitzt 8 Parkdecks (Untergeschoss (UG), Erdgeschoss (EG) bis 6. Obergeschoss (OG)). Die Anzahl der Stellplätze beträgt insgesamt 424, wovon 200 als Dauerstellplätze vermietet werden sollen und 224 als Kurzzeitstellplätze vorgesehen sind. Im Parkdeck „Ebene 0“ (= Erdgeschoss = EG) befinden sich die Ein- und Ausfahrten. In dem vom AG zur Verfügung gestellten „Vorschlag zur Bemessung der Verkehrsstärke am Parkhaus Inselplatz“ werden nutzungsspezifische mittlere tägliche Anwesenheitsquoten sowie Wechselraten (Fahrten/Stellplatz) empfohlen. Dementsprechend wurden mittlere tägliche Anzahlen der Ein- und Ausfahrten pro Stellplatz berechnet. Die Aufteilung der Stellplätze nach Nutzungsart und Geschoss sowie die mittlere Fahrtanzahl/Stellplatz ist in **Tab. 4.1** aufgeführt.

Geschoss	Ebene	Stellplatzanzahl		
		Dauerparker	Kurzzeitparker	gesamt
UG	-1	46	0	46
EG	0	0	40	40
1. OG	1	0	56	56
2. OG	2	0	56	56
3. OG	3	0	56	56
4. OG	4	40	0	56
5. OG	5	56	0	56
6. OG	6	58	0	58
Stellplatzanzahl gesamt		200	224	424
Ein- und Ausfahrten/Stellplatz und Tag		2	9.7	
Ein- und Ausfahrten/Tag gesamt		400	2 173	2 573

Tab. 4.1: Aufteilung der Stellplätze nach Nutzungsart und Geschoss sowie die mittlere Fahrtanzahl/Stellplatz

Auf Basis der o.g. nutzerspezifischen Stellplatzverteilung sowie der mittleren Fahrtanzahlen pro Stellplatz ergeben sich die in **Tab. 4.2** dargestellten Parkvorgänge/Geschoss.

Geschoss	Parkvorgänge		
	Dauerparker	Kurzzeitparker	gesamt
UG	46	0	46
EG	0	194	194
1. OG	0	272	272
2. OG	0	272	272
3. OG	0	272	272
4. OG	40	78	118
5. OG	56	0	56
6. OG	58	0	58
Gesamt	200	1 088	1 288

Tab. 4.2: Parkvorgänge nach Nutzungsart und Geschoss

Die Fahrtwege, die pro Geschoss zurückgelegt werden müssen, sind nutzerspezifisch:

- Dauerparker, d. h. Nutzer, die einen festen Stellplatz gemietet haben, fahren ohne Umwege zu diesem hin. Die Wege bis zur Ebene, auf der sich der Stellplatz befindet, werden als „Durchfahrten“ bezeichnet. Die Fahrlängen der Durchfahrten werden für jedes Geschoss und für Ein- und Ausfahrten gleich angesetzt.
- Kurzzeitparker, die auf der Suche nach einem Parkplatz sind, werden durch das dynamische Parkleitsystem ebenfalls ohne Umwege zu der entsprechenden Ebene geführt, sodass auf den tiefer gelegenen Ebenen auch hier „Durchfahrten“ erbracht werden.
- Auf der Ebene, in der letztlich geparkt wird, wird eine „Parkfahrt“ absolviert. Die Fahrlängen der Parkfahrten werden für jedes Geschoss gleich angesetzt. Entsprechend des Fahrregimes sind sie unabhängig von der Lage des Parkplatzes innerhalb des Geschosses. Der eigentliche Einparkvorgang wird mit einer Wegelänge von 10 m berücksichtigt.
- Die Ausfahrten aller Nutzer werden sämtlich als Durchfahrten betrachtet.
- Die Fahrtwege auf den Rampen zwischen den Geschossen werden sowohl beim Ein- als auch beim Ausfahren dem tiefer liegenden Geschoss zugeordnet und entsprechend den Bauplänen mit einer Längsneigung von 7.5 % auf dem 4 m langen Teil am Rampenbeginn und -ende bzw. 15 % auf dem 17 m langen mittleren Rampenteil angenommen.

Das prinzipielle Fahrregime sowie der Fahrtweg nach Wegezweck ist schematisch in **Abb. 4.4** dargestellt. Entsprechend der Lagepläne ergeben sich für die verschiedenen Wegezwecke die in **Tab. 4.3** dargestellten Fahrlängen.

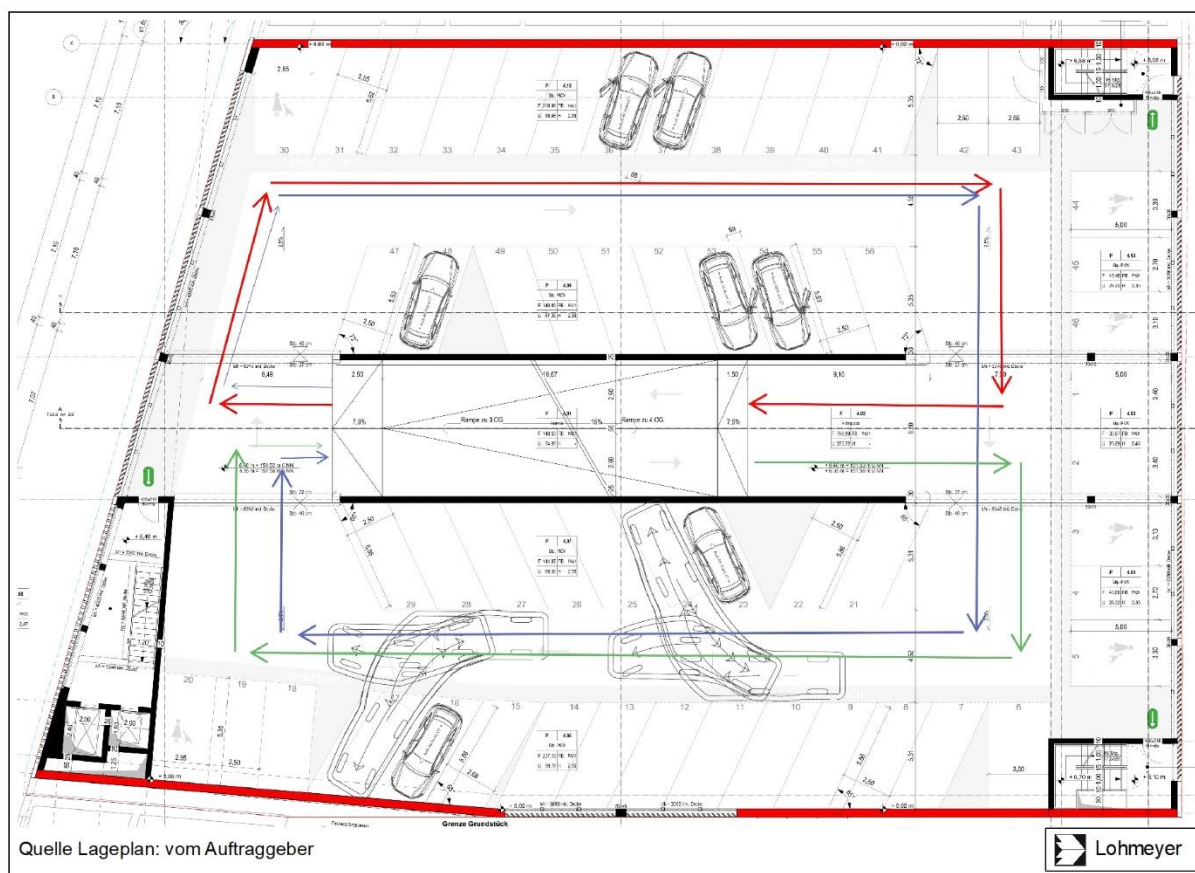


Abb. 4.4: Prinzipielles Fahrregime und Fahrwege auf einem Parkdeck: blau → "Parkfahrt", rot bzw. grün → "Durchfahrt" (durchgezogene rote Linie = Einfahrt / durchgezogene grüne Linie = Ausfahrt)

Wegezzweck	Fahrtlänge in m		
	Einfahrt	Ausfahrt	Gesamt
Parkfahrt	142	-	142
Durchfahrt	84	84	167
Rampe	21	21	42

Tab. 4.3: Fahrtlänge pro Geschoss und Wegezzweck

Entsprechend der in **Abb. 4.4** dargestellten Parkvorgänge nach Nutzungsart und Geschoss ergeben sich die in **Tab. 4.4** dargestellten täglichen Fahrtanzahlen pro Geschoss nach Wegezzweck.

Geschoss	Parkfahrt	Durchfahrt
UG	46	0
EG	194	1094
1. OG	272	776
2. OG	272	504
3. OG	272	232
4. OG	118	114
5. OG	56	58
6. OG	58	0

Tab. 4.4: Fahrtanzahlen pro Geschoss und Tag nach Wegezweck

Entsprechend den wegezweckspezifischen Fahrtanzahlen und -längen ergeben sich die in **Tab. 4.5** dargestellten täglichen Fahrtlängen pro Geschoss – differenziert nach Ebene und Rampe.

Geschoss	Fahrtlänge/Tag in m	
	Ebene	Rampe
UG	6 518	1 950
EG	210 707	46 373
1. OG	168 503	32 893
2. OG	122 950	21 364
3. OG	77 397	9 834
4. OG	35 813	4 832
5. OG	17 649	2 459
6. OG	8 219	0

Tab. 4.5: Wegelänge pro Geschoss und Tag – differenziert nach Ebene und Rampe

4.3 Bebauungs- und Lärmschutzsituation

Die Gebäudedaten für die beiden Planfälle sind identisch, da sich beide Planfälle nur in Bezug auf die umliegenden Straßen (inklusive Verkehrsstärken und Straßenausprägung) voneinander unterscheiden. Für die Gebäude wurden digitale Gebäudedaten von der Stadtverwaltung Jena (2020) zur Verfügung gestellt. Diese wurden durch die Planungen des B-Planes und die aktuellen Planungen des Parkhauses ergänzt bzw. an die aktuell vorliegenden Planungen angepasst.

Die verwendeten Gebäudedaten sind für den Prognose-Nullfall **Abb. 4.5** und für den Planfall in **Abb. 4.6** dargestellt.

Des Weiteren wurden durchströmbare Bereiche innerhalb des Parkhauses bei der Modellierung berücksichtigt, und zwar entsprechend der aktuellen Planungen vom 15.05.2021. Im Erdgeschoss des Parkhauses sind dies auf der Westseite und der Ostseite ein ca. 23 m bzw. 32 m langer Bereich in der Fassade, welcher auf der Ostseite die Ein- und Ausfahrt des Parkhauses einschließt. Ab 1. OG und darüber ist auch an der Südseite etwa in der Mitte des Parkhauses ein ca. 11 m breiter offener Fassadenbereich vorgesehen. Im Erdgeschoss ist dieser Bereich geschlossen. Als vollständig geschlossen wird die Nordfassade angesetzt. Dort schließt sich unmittelbar ein weiteres geplantes Gebäude an.

Der vorhandene Lärmschutz an der Kindertagesstätte Glühwürmchen an der Frauengasse 11 entlang der Straße Am Anger wird im Bestand mit einer Höhe von 3.10 m bzw. 2 m berücksichtigt.

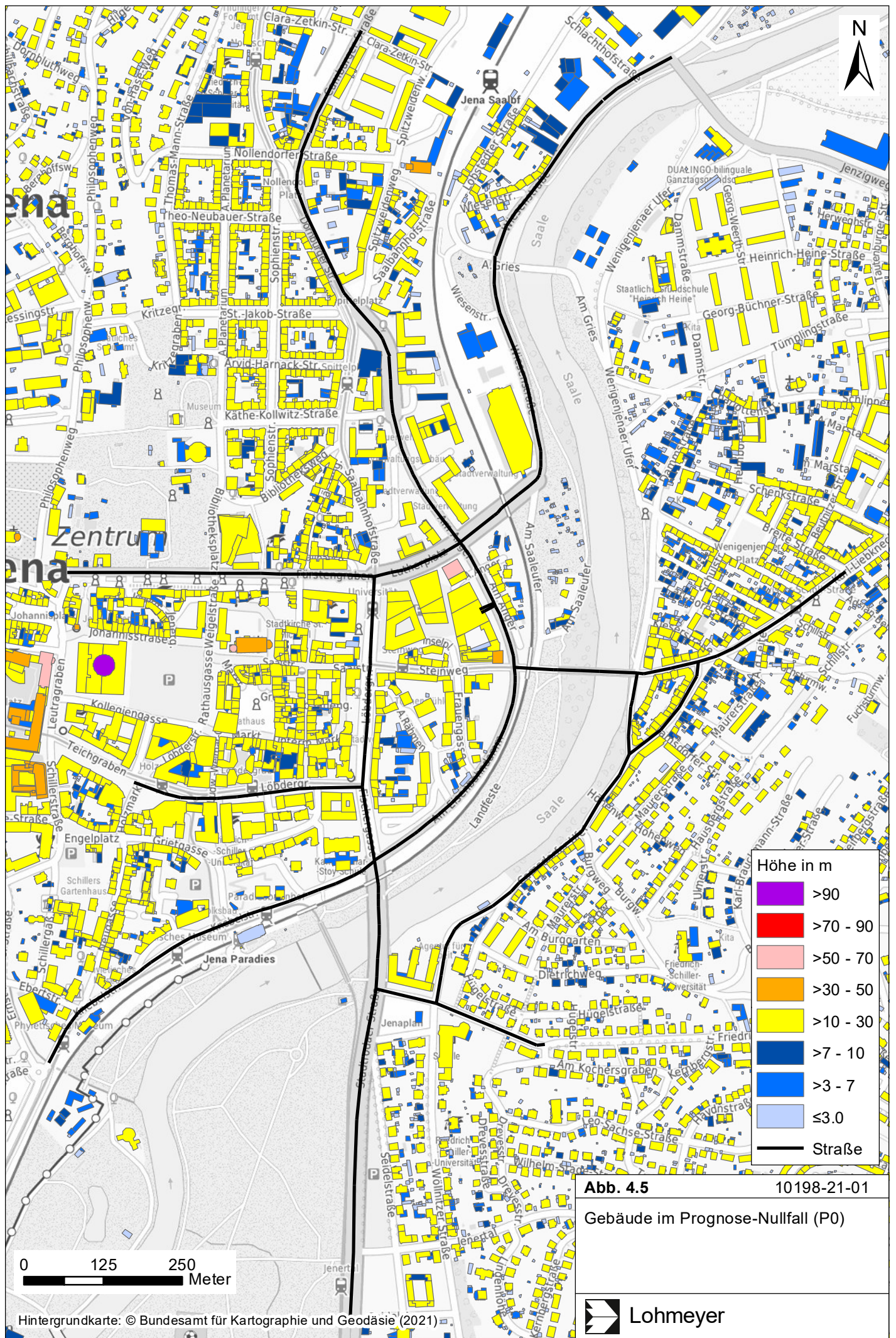
Der geplante Lärmschutz an der Kindertagesstätte entlang der Straße Am Anger wird entsprechend der schalltechnischen Untersuchung (iproplan Planungsgesellschaft mbH, 2021b) für den Planfall übernommen. Die Höhe der Lärmschutzwand beträgt 3 m bzw. 2 m.

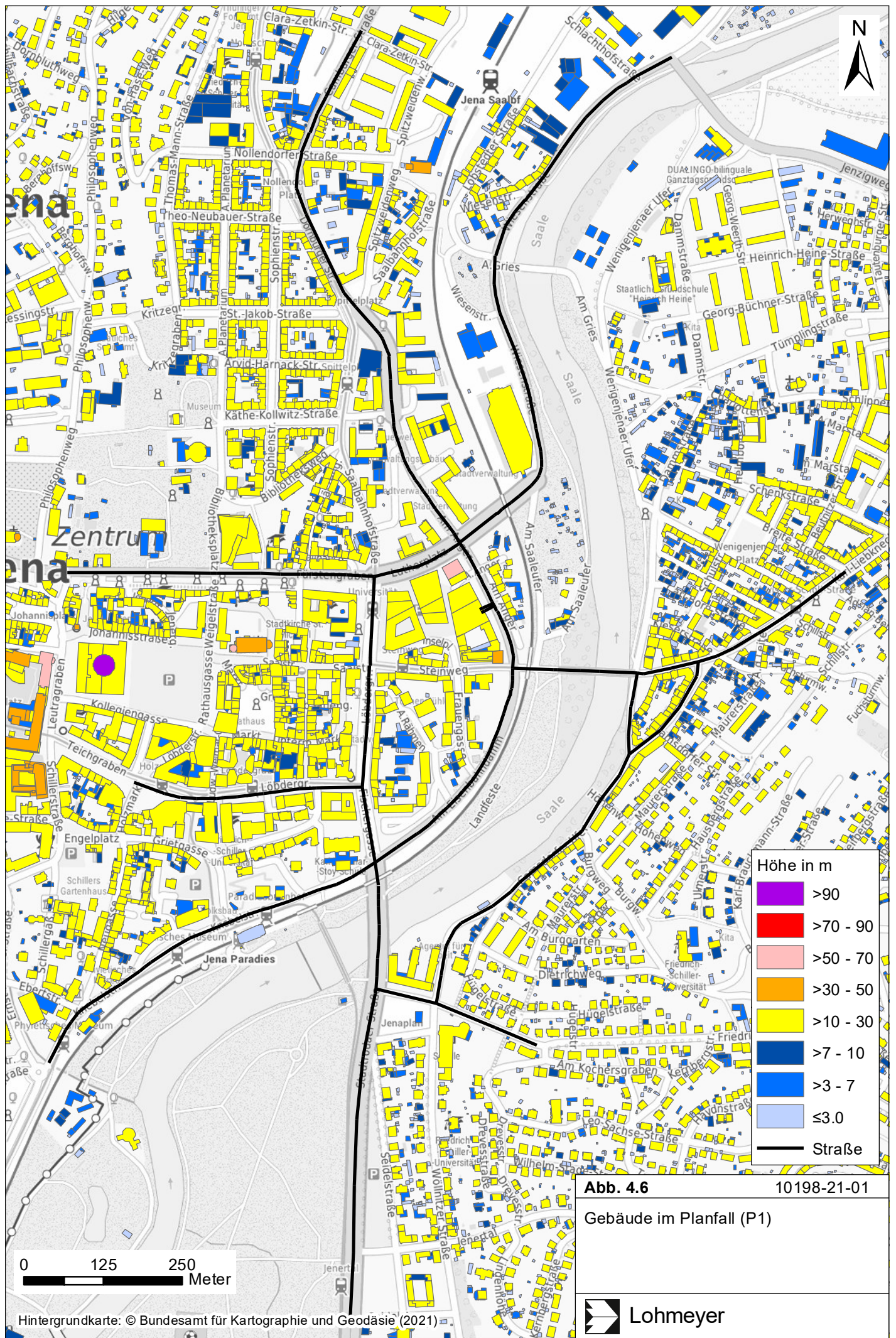
4.4 Meteorologische Daten

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

Für den Bereich innerhalb des Untersuchungsgebietes stehen keine meteorologischen Daten aus dem hauptamtlichen Stationsnetz des Deutschen Wetterdienstes (DWD) zur Verfügung. In direkter Umgebung liegen Winddaten des Deutschen Wetterdienstes für die Station Jena Sternwarte vor. Die Station ist ca. 1 km südwestlich vom Untersuchungsgebiet gelegen.

Die Windmessung erfolgt dort in 15 m Höhe über Grund. Die häufigsten Windrichtungen liegen bei Süd bis Südwest. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 1.9 m/s. Die gemessenen Windverhältnisse werden sowohl von den topographischen Gegebenheiten (Saaletal) als auch in abgeschwächter Form von der umliegenden städtischen Bebauung beeinflusst. Vorliegende regionale Windsysteme (z. B. Thüringer Ausgleichsströmung) sind in den Messdaten enthalten. Deutlich erkennbar ist eine Kanalisierung der Winde entsprechend der Aus-





richtung des Saaletales in Richtung Südwest-Nordost. Ein Nebenmaximum tritt bei nord-westlichen Richtungen auf. Hier macht sich der Einfluss des Mühltales bemerkbar.

Die Daten stammen aus den Jahren 1992-1998. Neuere Windmessdaten werden für diese Station nicht mehr vom DWD angeboten. Eine starke Veränderung der mittleren Windverhältnisse bis heute ist jedoch im Untersuchungsgebiet nicht zu erwarten. Deshalb wurde die Modellierung mit diesen Daten durchgeführt. Dies führt zu genaueren Ergebnissen als die Übertragung von zeitlich aktuellen Daten an umliegenden Messstationen auf das Untersuchungsgebiet.

Die Landnutzungsunterschiede zwischen der Messstation und dem Untersuchungsgebiet wirken sich auf die Windgeschwindigkeit aus. Aufgrund der aerodynamischen Rauigkeit im Untersuchungsgebiet werden die mittleren Windverhältnisse für den Standort angepasst.

Für die Ausbreitungsrechnungen verwendete Wind- und Ausbreitungsklassenstatistik der Station Jena Sternwarte ist in **Abb. 4.7** dargestellt.

Zusätzlich zur Wind- und Ausbreitungsstatistik existieren für die genannte Station auch Angaben zur mittleren Lufttemperatur. Für die 10-jährige Temperaturzeitreihe (2011-2020) werden dort im Mittel 10.2°C gemessen. Die Temperatur wird für die Emissionsberechnung benötigt (s. u.).

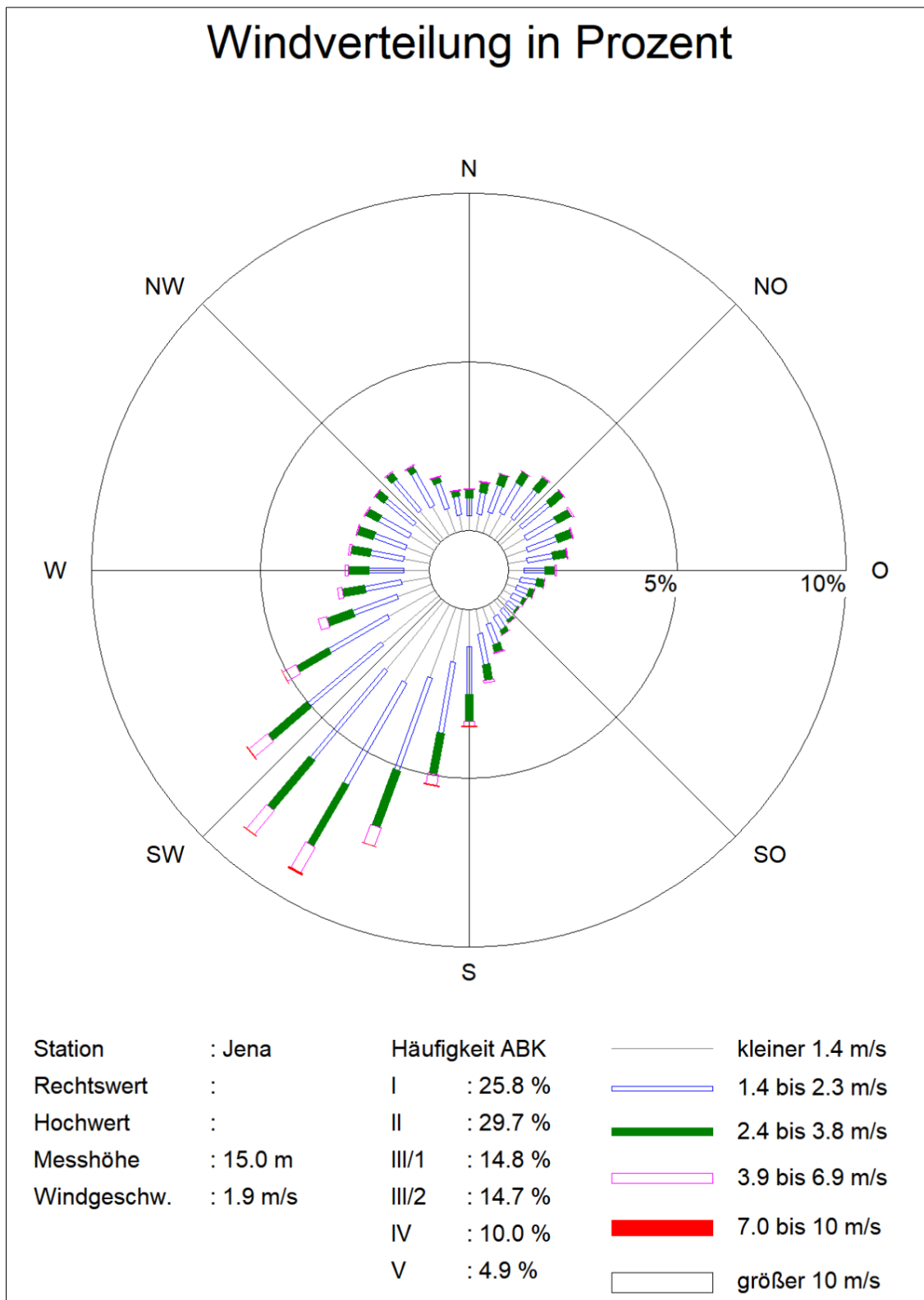


Abb. 4.7: Windrichtungs- und Windgeschwindigkeitsverteilung der Station Jena 1992-1998
Quelle: DWD, eigene Darstellung

4.5 Hintergrundbelastung der Luft

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.

Stickoxide unterliegen auf dem Ausbreitungspfad chemischen Umwandlungsprozessen. Die Berechnung der NO₂-Schadstoffbelastung erfolgt deshalb mit Hilfe eines Chemiemodells (siehe Anhang A2), welche als zusätzliche Hintergrundbelastungen NO_x und O₃ benötigt.

Im Untersuchungsgebiet sind aktuell keine Messstellen im Thüringer-Immissions-Messnetz vorhanden. Zur Bestimmung der Schadstoffhintergrundbelastung standen aber Werte der nächstgelegenen Messstationen aus dem Luftüberwachungssystem für NO₂, PM10 und PM2.5 zur Verfügung. Für die Berechnung der NO₂-Gesamtbelastung werden zusätzlich die Ozonkonzentrationen (O₃) berücksichtigt.

Das Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz betreibt das Thüringer Landesmessnetz. In den jeweiligen Jahresberichten über die Immissionsmesswerte sind u. a. Angaben zu den statistischen Kenngrößen der gemessenen Luftschadstoffe zu finden. Die Entfernungen und Richtungen zum Untersuchungsgebiet sowie die Klassifizierungen, dem Untersuchungsgebiet nächstgelegenen Stationen, sind in **Tab. 4.6** aufgelistet. Die vorliegenden Daten und Stationen sind auszugsweise in der **Tab. 4.7** aufgeführt.

Stationsname	Umgebung	Stationstyp	Entfernung, ca. in km	Richtung
Jena, Dammstraße	städtisch	Hintergrund	0.6	NO
Hummelshain	ländlich	Hintergrund	16	SSO
Erfurt, Krämpferstraße 25	städtisch	Hintergrund	39.5	NW

Tab. 4.6: Klassifizierung von Messstationen des Luftgüte-Messnetzes und deren Lage zum Untersuchungsgebiet

Schadstoff-komponente	Zeit-raum	Jena-Dammstraße	Hummelshain	Erfurt-Krämpferstraße
NO ₂ Jahresmittel	2018	16	7	19
	2019	15	4	17
	2020	13	4	16
PM10 Jahres-mittel	2018	18	13	19
	2019	14	10	14
	2020	13	12	14
PM10-Über-schreitung (Anzahl der Tage über 50 µg/m ³)	2018	5	4	7
	2019	1	1	1
	2020	1	0	0
PM2.5 Jahresmittel	2018	-	10	12
	2019	-	7	9
	2020	-	9	8
O ₃ Jahresmittel	2018	47	57	48
	2019	49	58	50
	2020	47	55	50

Tab. 4.7: Jahreskenngrößen der Luftschadstoff-Messwerte in µg/m³ an Stationen in der Umgebung des Inselplatzes (TLUBN, 2018-2020)

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. Das Absinken der Hintergrundbelastung kann im Einzelfall aufgrund regionaler Emissionsentwicklungen vom Mittel abweichen. Im Rahmen dieser Untersuchung wird auf die Berücksichtigung dieser Reduktionen verzichtet. Damit fallen bei einem möglichen Absinken der Hintergrundbelastung die Berechnungsergebnisse konservativ aus.

Aus den Messwerten, den Lagen und den Klassifizierungen der Messstationen werden in Abstimmung mit der zuständigen Behörde (TLUBN, 2021) die **Tab. 4.8** dargestellten Werte für das Jahr 2021 abgeleitet und ebenfalls unverändert für das Prognosejahr 2028 herangezogen.

Schadstoff	Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	15
NO _x	22
O ₃	49
PM10	16
PM2.5	10

Tab. 4.8: Schadstoffhintergrundbelastungen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2028

5 EMISSIONEN

5.1 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 (LNF) inklusiv zeitlicher Entwicklung des Anteils am LV nach TREMOD (2010) und die Motorräder, die Fahrzeugart SV versteht sich inklusive Lastkraftwagen, Sattelschlepper, Busse usw.

Die Emissionsfaktoren der Partikel (PM₁₀, PM_{2.5}) setzen sich aus „motorbedingten“ und „nicht motorbedingten“ (Reifenabrieb, Staubaufwirbelung etc.) Emissionsfaktoren zusammen. Die Ermittlung der motorbedingten Emissionen erfolgt entsprechend der Richtlinie VDI 3782 Blatt 7 (2020; Kfz-Emissionsbestimmung).

Aus fachlicher Sicht ist zu empfehlen, das Jahr der möglichen Inbetriebnahme der geplanten Trasse unter Berücksichtigung der übergebenen Verkehrsdaten zu untersuchen, da für zukünftige Jahre aus der Emissionsdatenbasis aufgrund fortschreitender Entwicklung der Kfz-Flotte geringere Emissionen ausgelesen werden. Mit solch einer Vorgehensweise wird bewirkt, dass die berechneten Immissionen für die Jahre ab der Inbetriebnahme nicht unterschätzt werden und eine mögliche, planungsbedingte Überschreitung von Beurteilungswerten nicht versehentlich unerkannt bleibt.

Im Folgenden wird der Planfall und Prognose-Nullfall deshalb mit Planfall 2028 und Prognose-Nullfall 2028 beschrieben. Dabei liegen aber dennoch die Verkehrszahlen des Prognosejahres 2030 zu Grunde.

5.2 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.

Die Berechnung der Emissionsfaktoren erfolgt unter Verwendung der bundesdeutschen Jahresmitteltemperatur, welche den örtlichen Verhältnissen sehr gut entspricht.

Die Minderungen der Stickstoffoxid-Emissionen bei Diesel-Pkw der Abgasnormen Euro 5-6a/b durch freiwillige Softwareupdates sind in den Emissionsdatenbanken nicht enthalten und werden entsprechend der UBA-Empfehlung berücksichtigt (UBA, 2021a und b).

Die motorbedingten Emissionen hängen für die Fahrzeugkategorien Pkw, LNF, Lkw und Bussen 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 entnommen. Darin ist die Gesetzgebung bezüglich Abgasgrenzwerten (EURO 2, 3, ...) berücksichtigt.

Die Staub-Fraktion der motorbedingten Emissionen kann nach vorliegenden Erkenntnissen (Klingenberg et al., 1991; Israël et al., 1994; Gehrig et al., 2003) zu 100 % der Partikelgrößen kleiner 1 µm (aerodynamischer Durchmesser) und damit auch der PM10- und PM2.5-Fraktion zugeordnet werden.

Die Längsneigung der Straßen ist aus Höhenplänen oder Lageplänen des Untersuchungsgebietes bekannt. Der Kaltstarteinfluss von NO_x und Partikeln innerorts für Pkw und LNF wird entsprechend HBEFA angesetzt, sofern er in Summe einen Zuschlag darstellt.

Für diese Ausarbeitung werden folgende Verkehrssituationen herangezogen:

IOS-FernC50d	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-FernC50s	Städtische Magistrale o. Ringstraße, Tempolimit 50 km/h, stockender Verkehr
IOS-HVS30d	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS30g	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, gesättigter Verkehr
IOS-HVS30s	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 30 km/h, stockender Verkehr
IOS-HVS50d	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, dichter Verkehr
IOS-HVS50s	Städtische Hauptverkehrsstraße, Tempolimit 50 km/h, stockender Verkehr
IOS-NS30t	Städtische Erschließungs-, Nebenstraße, Tempolimit 30 km/h, Stau

5.3 Nicht motorbedingte Emissionsfaktoren

Untersuchungen der verkehrsbedingten Partikelimmissionen zeigen, dass neben den Partikeln im Abgas auch nicht motorbedingte Partikelemissionen zu berücksichtigen sind, hervorgerufen durch Straßen- und Bremsbelagabrieb, Aufwirbelung von auf der Straße aufliegendem Staub etc. Diese Emissionen sind im HBEFA 4.1 enthalten und werden so verwendet.

Auf Grundlage der o. a. Datenbasis werden zur Berechnung der PM10- und PM2.5-Emissionen für die Summe aus Abrieben (Reifen, Bremsen, Straßenbelag) die in den **Tab. 5.1** aufgeführten Emissionsfaktoren angesetzt.

Straßenparameter		spezifische Emissionsfaktoren je Kfz in mg/km									
Verkehrssituation	Längsneigung	NO ₂ (direkt)		NO _x		PM10/PM2.5 (nur Abgas)		PM10 (nur Abrieb und Aufwirbelung)		PM2.5 (nur Abrieb und Aufwirbelung)	
		LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV	LV	SV
IOS-FernC50d	±0 %	44	482	149	1 887	4.5	16.9	32	350	15	68
IOS-FernC50d	±2 %	45	571	153	2 194	4.5	16.7	32	350	15	68
IOS-FernC50s	±0 %	68	1 522	228	5 833	5.5	46	44	1 200	16	68
IOS-FernC50s	±2 %	69	1 645	232	6 269	5.6	45.4	44	1200	16	68
IOS-HVS30d	±0 %	43	733	159	2 859	4.8	22.4	32	350	16	68
IOS-HVS30d	±2 %	45	497	164	1 981	4.9	22.6	32	350	16	68
IOS-HVS30d	±4 %	47	401	171	1 607	5	24.6	32	350	16	68
IOS-HVS30g	±2 %	59	1 193	209	4 588	5.4	33.1	39	700	16	68
IOS-HVS30s	±2 %	74	1 986	259	7 591	6.1	52.9	44	1 200	16	68
IOS-HVS30s	±4 %	77	1 728	269	6 635	6.2	53.2	44	1 200	16	68
IOS-HVS50d	±0 %	53	505	189	1 998	5	18.4	32	358	16	68
IOS-HVS50d	±2 %	56	473	196	1 863	5.1	18.3	32	358	16	68
IOS-HVS50d	±4 %	61	378	211	1 506	5.2	18.2	32	358	16	68
IOS-HVS50d	±6 %	70	335	241	1 360	5.5	19.6	32	358	16	68
IOS-HVS50s	±0 %	70	1 553	243	5 951	5.7	46.2	44	1 200	16	68
IOS-HVS50s	±2 %	71	1 532	247	5 870	5.7	45.4	44	1 200	16	68
IOS-HVS50s	±4 %	75	1 481	259	5 672	5.8	45.6	44	1 200	16	68
IOS-HVS50s	±6 %	81	1 356	279	5 212	6	45.1	44	1 200	16	68
IOS-NS30t	±0 %	106	3 249	386	12 385	7.7	87.2	44	1 200	16	68

Tab. 5.1: Emissionsfaktoren je Kfz für die betrachteten Straßen im Untersuchungsgebiet für das Bezugsjahr 2028

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

5.4 Emissionen des untersuchten Straßennetzes

Die Emissionen der betrachteten Schadstoffe NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ werden für jeden der betrachteten Straßenabschnitte ermittelt. Dabei wirken sich sowohl die verschiedenen Verkehrsaufkommen und SV-Anteile als auch die unterschiedlichen Verkehrssituationen aus.

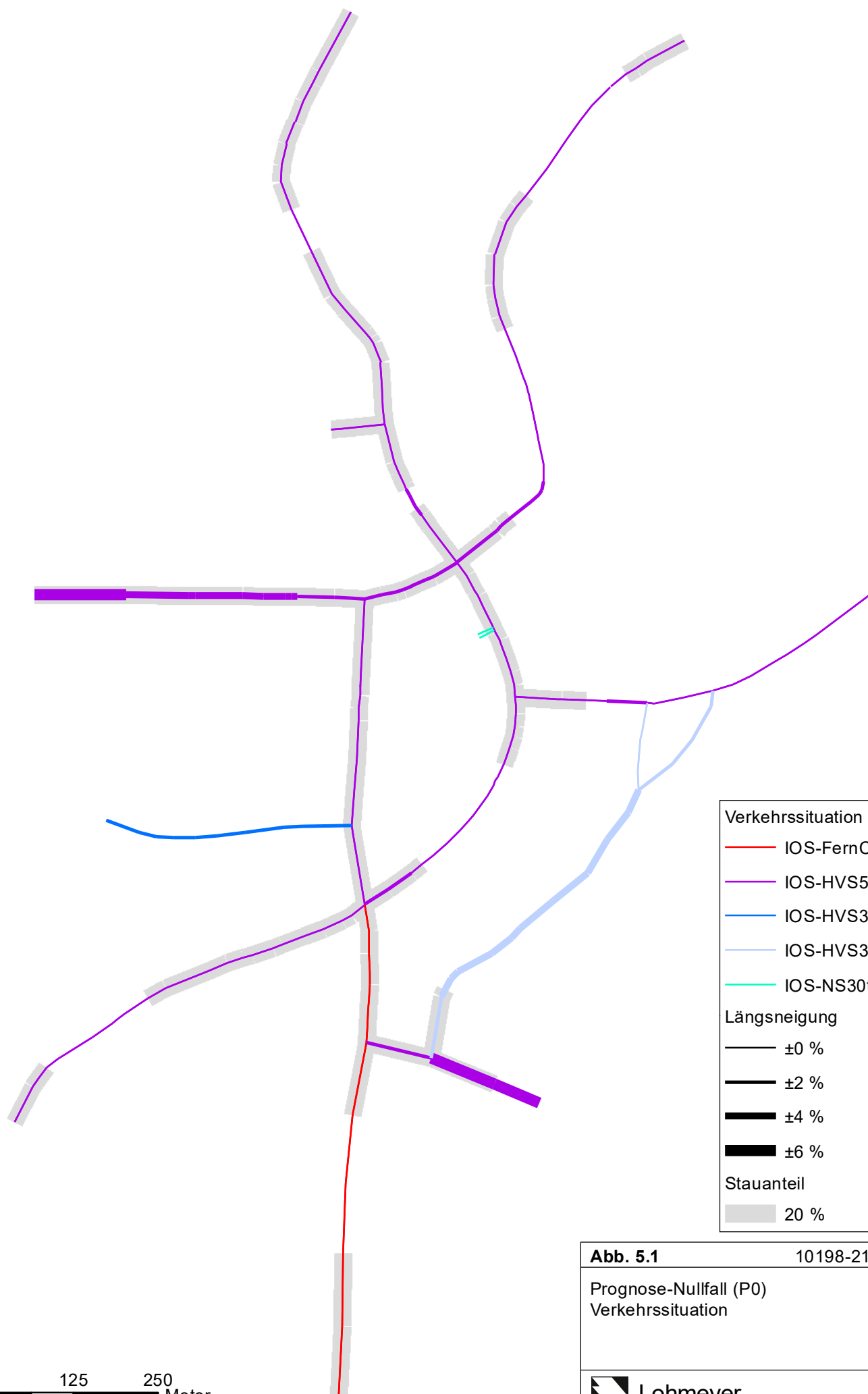
Die Verkehrssituationen sind für den Prognose-Nullfall in **Abb. 5.1** und für den Planfall 2028 in **Abb. 5.2** aufgezeigt. Die darin verwendeten Signaturen setzten sich aus folgenden Eigenschaften zusammen: eigentliche Verkehrssituation (Fahrmuster, siehe Abschnitt 5.2) und Längsneigung. Die Verkehrssituation wird durch die Farbe der Signatur wiedergegeben und die Strichstärke zeigt die Längsneigung an.

Demzufolge bedeutet eine fett gezeichnete, lilafarbene Liniensignatur (vgl. **Abb. 5.1** und **Abb. 5.2**) eine Verkehrssituation IOS-HVS50 mit dichtem Verkehr und einer Längsneigung $>0\%$.

Zusätzlich werden Stauanteile dargestellt, welche im Nahbereich von Kreuzungen bzw. Lichtsignalanlagen den gestörten Verkehrsfluss gesondert berücksichtigen. Dort wird anteilig ein Stop&Go-Verkehr auf die tägliche Fahrleistung angesetzt. Dieser stellt den Anteil der jeweiligen Stau-Verkehrssituation, z. B. IOS-HVS50s zur verwendeten regulären Verkehrssituationen (IOS-HVS50d) **Tab. 5.1** dar.

Hinweis: Die im HBEFA aufgeführten Verkehrssituationen repräsentieren lange Straßenabschnitte, worin die Beschleunigungsvorgänge, z. B. beim Anfahren an Lichtsignalanlagen, nur einen geringen Anteil besitzen. Kreuzungsbereiche können innerhalb der Kategorie „Hauptverkehrsstraße“ durch das HBEFA nicht direkt abgebildet werden. Die dort ausgewiesenen Stauanteile stellen eine Rechengröße zur bestmöglichen Bestimmung der lokalen Emissionen dar. Sie müssen deshalb nicht zwangsläufig realen Stauhäufigkeiten entsprechen.

Die **Tab. 5.2** zeigt exemplarisch für einen Straßenabschnitt der Straße „Am Eisenbahndamm“ die Verkehrskenndaten und die berechneten Emissionen, ausgedrückt als Strecken und Zeit bezogene Emissionsdichten. Darüber hinaus sind die Emissionsdichten von NO_x , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ für das Straßennetz jedes Berechnungsfalls, z. T. nach Fahrtrichtung getrennt, im Anhang A3 dargestellt.



0 125 250
Meter

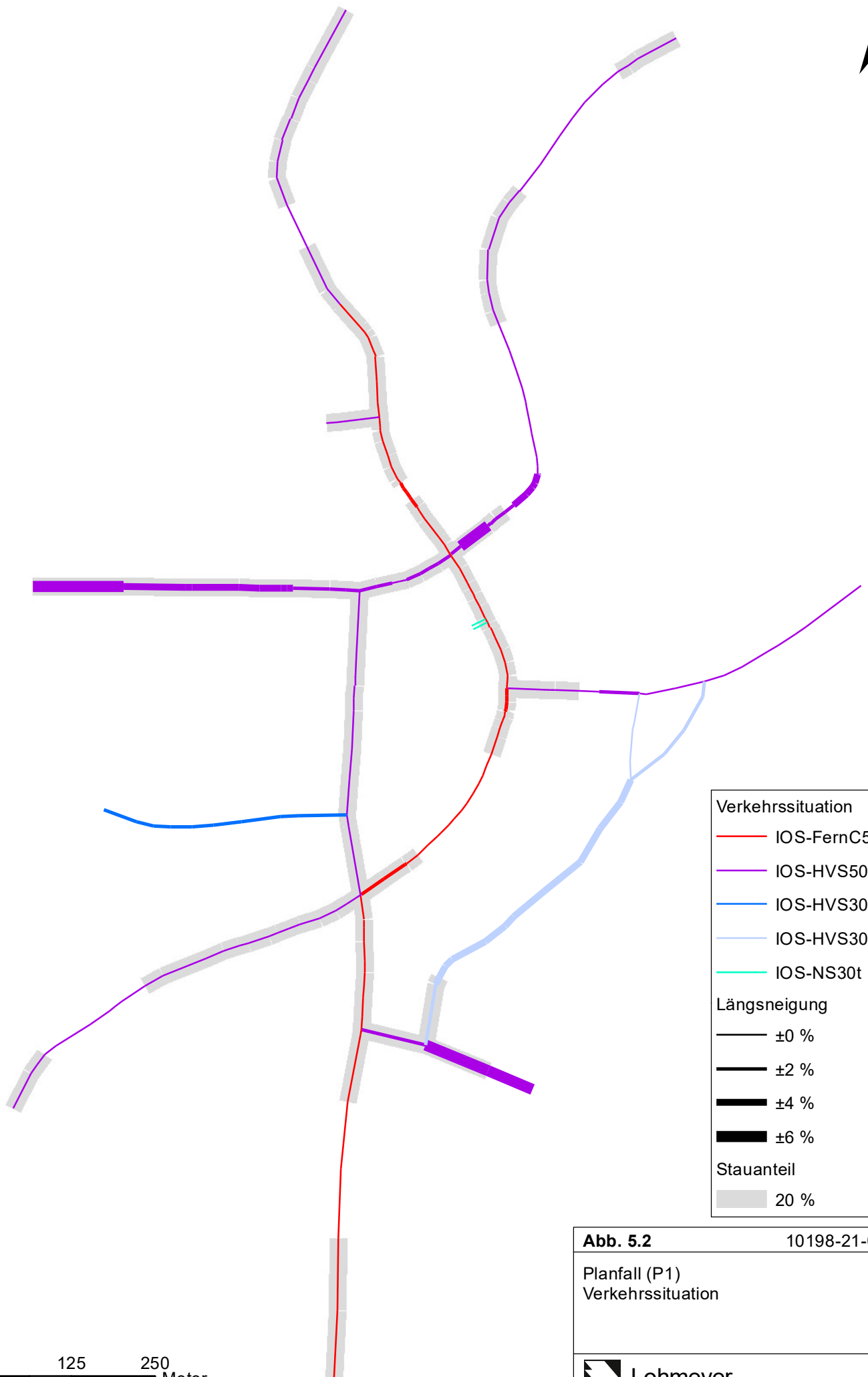
Abb. 5.1

10198-21-01

Prognose-Nullfall (P0)
Verkehrssituation



Lohmeyer



Verkehrssituation	
—	IOS-FernC50d
—	IOS-HVS50d
—	IOS-HVS30g
—	IOS-HVS30d
—	IOS-NS30t
Längsneigung	
	±0 %
	±2 %
	±4 %
	±6 %
Stauanteil	
	20 %

Abb. 5.2	10198-21-01
Planfall (P1) Verkehrssituation	
 Lohmeyer	

0 125 250
Meter

DTV in Kfz/24 h	SV-Anteil in %	LBus in Kfz/24 h	Verkehrssituation	Längsneigung	NO ₂ , direkt in mg/(m s)	NO _x in mg/(m s)	PM10 in mg/(m s)	PM2.5 in mg/(m s)
Prognose-Nullfall 2028								
18887	5	87	IOS-HVS50d	±0 %	0.01662	0.06107	0.01189	0.00521
Planfall 2028								
23087	4.4	87	IOS-FernC50d	±0 %	0.01693	0.06046	0.01376	0.00609

Tab. 5.2: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Straße Am Eisenbahndamm zwischen Frauengasse und Camsdorfer Brücke

5.5 Emissionen im Parkhaus „Am Inselplatz“

Bei der Berechnung der Emissionen im Parkhaus „Am Inselplatz“ wurde angenommen, dass das Parkhaus ausschließlich von PKW genutzt wird. Die dafür verwendeten Emissionsfaktoren sind entsprechend HBEFA 4.1 für die bundesdeutsche Durchschnittsflotte des Bezugsjahres 2028 unter Annahme der deutschen Jahresmitteltemperatur in **Tab. 5.3** dargestellt.

Schadstoffkomponente	Emissionsfaktor in g/km	
	Ebene	Rampe
NO _x	0.396	0.507
NO ₂ , direkt	0.104	0.138
PM2.5 _{Gesamt}	0.019	0.020
PM10 _{Gesamt}	0.049	0.050

Tab. 5.3: PKW-Emissionsfaktoren zur Berechnung der Parkhausemissionen (HBEFA 4.1, 2028, deutsche Jahresmitteltemperatur)

Zur emissionsseitigen Berücksichtigung der Streckenlängsneigung werden in HBEFA Emissionsfaktoren für Neigungen von max. 6 % ausgewiesen. Die Emissionsfaktoren beziehen sich dabei entweder nur auf Steigungen bzw. Gefälle (z. B. für Einbahnstraßen) oder auf den Mittelwert aus Steigung und Gefälle. Da im Parkhaus die Fahrtanzahlen Steigung/Gefälle gleich sind, wurden für die Rampen die mittleren Emissionsfaktoren verwendet. Allerdings sind die Parkhausrampen mit 7.5 % bzw. 15 % steiler als die maximal in HBEFA enthaltenen Neigungen. Um dies emissionsseitig zu berücksichtigen, wurden die HBEFA-Emissionsfaktoren entsprechend extrapoliert.

In Kombination mit der Wegelänge ergeben sich die in **Tab. 5.4** dargestellten Emissionen pro Geschoss und Tag.

Ge- schoss	Wegelänge in m/Geschoss und Tag		Emission in g/Geschoss und Tag			
	Ebene	Rampe	NO_x	NO₂ direkt	PM10_{Gesamt}	PM2.5_{Gesamt}
UG	6 518	1 950	3.57	0.94	0.41	0.16
EG	210 707	46 373	106.86	28.20	12.54	4.86
1. OG	168 503	32 893	83.33	21.98	9.82	3.80
2. OG	122 950	21 364	59.47	15.67	7.04	2.72
3. OG	77 397	9 834	35.60	9.37	4.25	1.64
4. OG	35 813	4 832	16.62	4.37	1.98	0.77
5. OG	17 649	2 459	8.23	2.17	0.98	0.38
6. OG	8 219	0	3.25	0.85	0.40	0.15

Tab. 5.4: Parkhausemissionen in g/Geschoss und Tag

6 IMMISSIONEN

Für das Untersuchungsgebiet ist eine flächendeckende Auskunft über die Immissionssituation in Bodennähe (in ca. 1.5 m Höhe) durch eine Vielzahl an Untersuchungspunkten gegeben. Die horizontale Auflösung der Immissionspunkte beträgt 1 m.

In die Berechnungen gehen die Emissionen der Kraftfahrzeuge (siehe Kapitel 5) der Betrachtungsjahre auf der Grundlage der jeweiligen Verkehrsstärken der berücksichtigten Straßen sowie der Emissionen auf den einzelnen Ebenen des Parkhauses für das Jahr 2028 ein. Diese Emissionen verursachen die verkehrsbedingte Zusatzbelastung im Untersuchungsgebiet. Die Beurteilungswerte beziehen sich immer auf die Gesamtbelastung. Daher wird nur die Gesamtbelastung diskutiert, welche sich aus Zusatzbelastung und großräumig vorhandener Hintergrundbelastung zusammensetzt.

Die Ergebnisse für die Leitkomponenten NO₂, PM10 und PM2.5 sind als Gesamtbelastungen (Hintergrundbelastung + verkehrsbedingte Zusatzbelastung) in den jeweiligen Abschnitten dargestellt. Die flächenhafte grafische Darstellung erfolgt in Form von farbigen Quadraten. Die Farben sind bestimmten Konzentrationsintervallen zugeordnet. Die Zuordnung zwischen Farbe und Konzentration ist jeweils in der Legende angegeben. Bei der Skalierung der Farbstufen für Immissionen wird der kleinste Wert entsprechend der angesetzten Hintergrundbelastung zugeordnet. Sofern in diese Stufen besondere Kennwerte fallen, werden diese dargestellt (z. B. beim NO₂-Jahresmittelwert der Grenzwert von 40 µg/m³).

Die flächenhaften Berechnungsergebnisse werden in Bodennähe (ca. 1.5 m über Grund) dargestellt.

6.1 Stickstoffdioxid (NO₂)

Die Gesamtbelastungen der NO₂-Jahresmittelwerte sind flächendeckend in **Abb. 6.1** bis **Abb. 6.4** für den Prognose-Nullfall und Planfall 2028 dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse für den Prognose-Nullfall 2028 und Planfall 2028 zeigen, dass keine Überschreitungen des geltenden Grenzwertes für den NO₂-Jahresmittelwert berechnet werden. Aus den **Abb. 6.1** bis **Abb. 6.4** ist sehr gut ersichtlich, dass auf den Straßen bzw. im Kreuzungsbereich die höhere NO₂-Jahresmittelwerte berechnet werden, die unterhalb von 40 µg/m³ liegen. Im Prognose-Nullfall und Planfall werden die höchsten Immissionen im Nahbereich der Zufahrt für das geplante Parkhaus bzw. dort im Bereich des Straßenraumes der Straße Am Anger prognostiziert. Diese betragen dort zwischen 36 µg/m³ und 40 µg/m³ im

Prognose-Nullfall und Planfall (vergleiche **Abb. 6.1** und **Abb. 6.3**). Im Planfall 2028 werden auf Grund der höheren Verkehrsbelegung dort auch höhere Immissionen am anschließenden nördlichen Gebäude vom Parkhaus berechnet, die zwischen $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen.

Im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes wird im Planfall gegenüber dem Prognose-Nullfall durch den Ausbau der Straße am Eisenbahndamm eine leichte Reduzierung des NO_2 -Jahresmittelwertes berechnet. Trotz des höheren Verkehrsaufkommens wird durch die breitere Straße ein verbesserter Verkehrsfluss erreicht, so dass ein Wechsel der Verkehrssituation von Hauptstraße (IOS-HVS50d) in Fernstraße (IOS-FernC50d) erfolgt, welche geringere Emissionsfaktoren aufweist. Aus den **Abb. 6.1** bis **Abb. 6.4** ist sehr gut ersichtlich, dass auf den Straßen bzw. im Kreuzungsbereich die höhere NO_2 -Jahresmittelwerte berechnet werden, die aber unterhalb von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen.

Entlang der Straße Am Anger und Am Eisenbahndamm sowie den weiter berücksichtigten Straßen werden mit Ausnahme der an das Parkhaus anschließende Gebäude NO_2 -Jahresmittelwerte unterhalb von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Bebauung berechnet. Im Bereich des Kindergartens, der an die Straße Am Eisenbahndamm angrenzt, werden im Prognose-Nullfall NO_2 -Jahresmittelwerte und Planfall unterhalb von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

Der seit dem Jahr 2010 geltende Grenzwert für NO_2 -Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird den Berechnungsergebnissen zu Folge im Prognose-Nullfall und im Planfall 2028 in Betrachtungsgebiet an der nächstgelegenen Bebauung nicht erreicht und nicht überschritten. Die NO_2 -Immissionen sind in Bezug auf den Grenzwert gemäß **Tab. 3.2** an der Bebauung als mittlere bis erhöhte Konzentrationen einzustufen.

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.

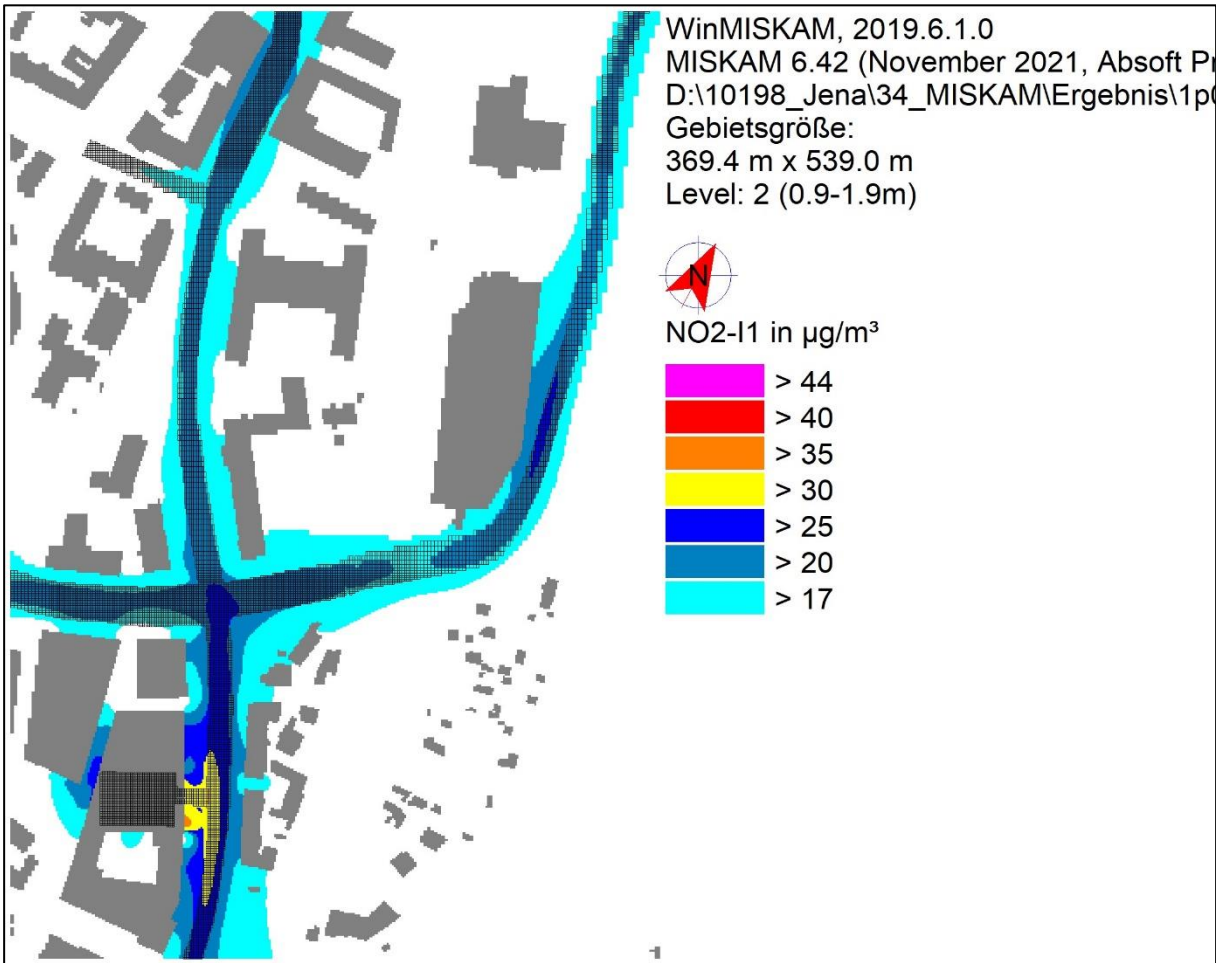


Abb. 6.1: NO₂-Jahresmittelwert im Prognose-Nullfall 2028 im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes

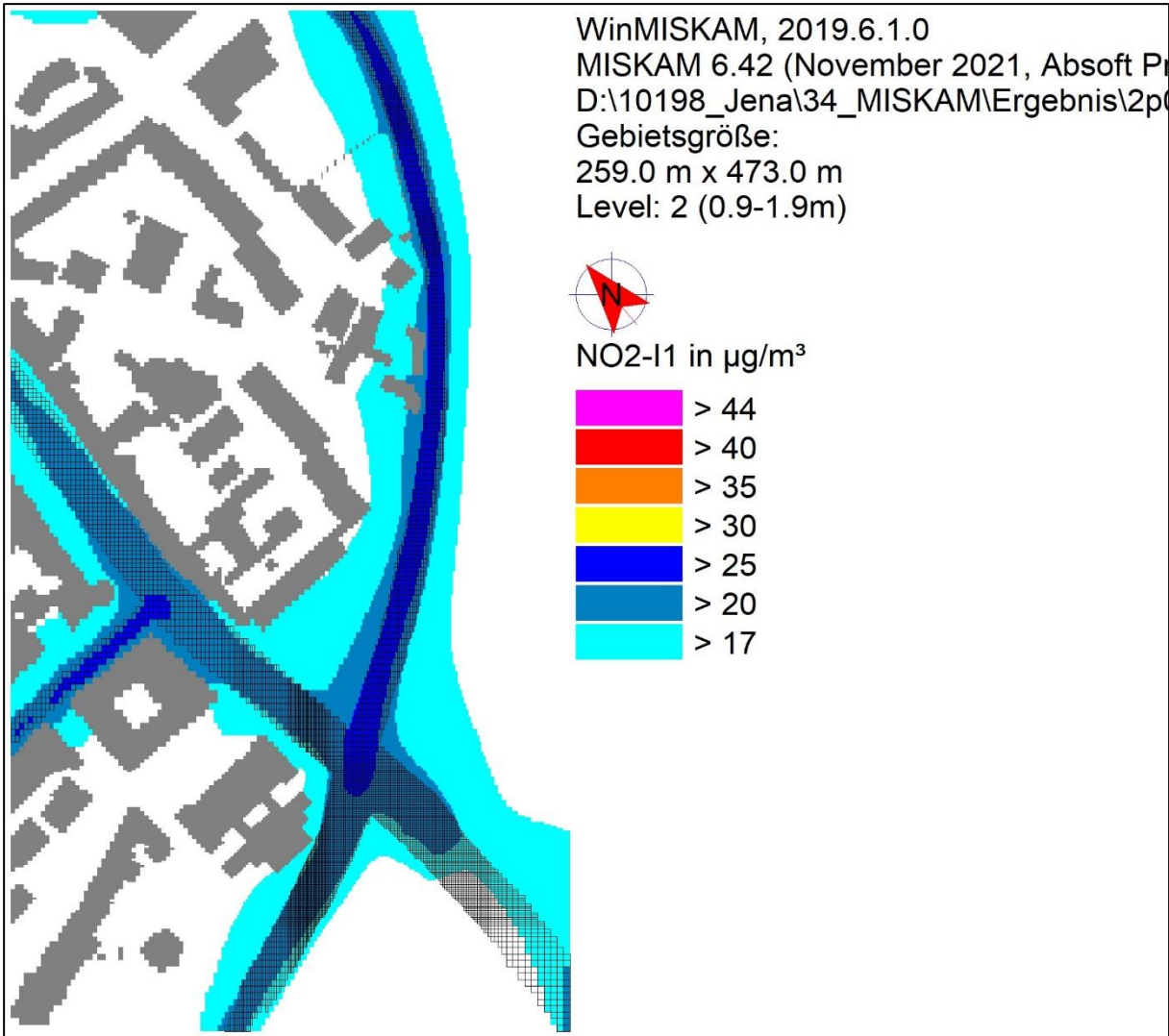


Abb. 6.2: NO₂-Jahresmittelwert im Prognose-Nullfall 2028 im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes

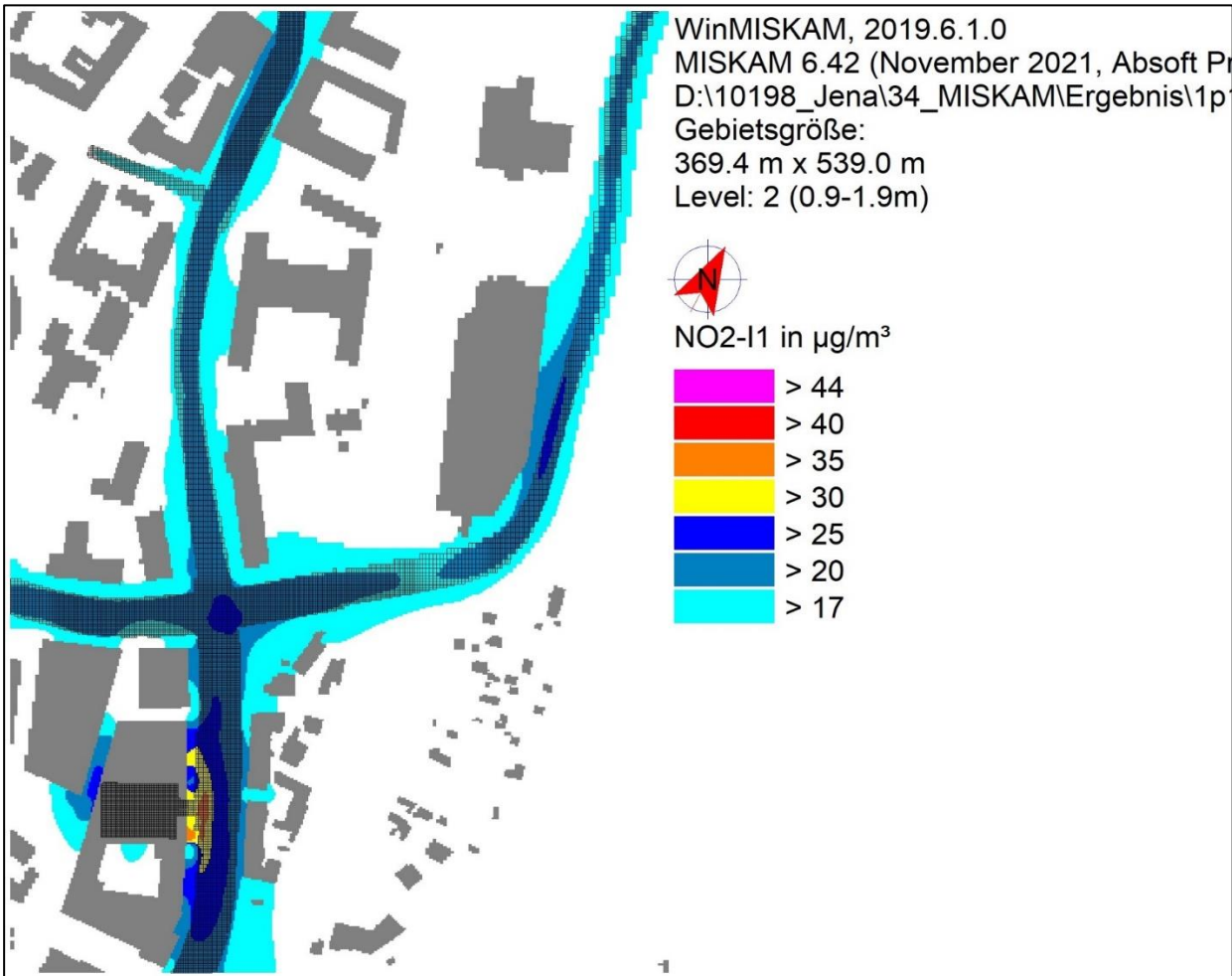


Abb. 6.3: NO₂-Jahresmittelwert im Planfall 2028 im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes

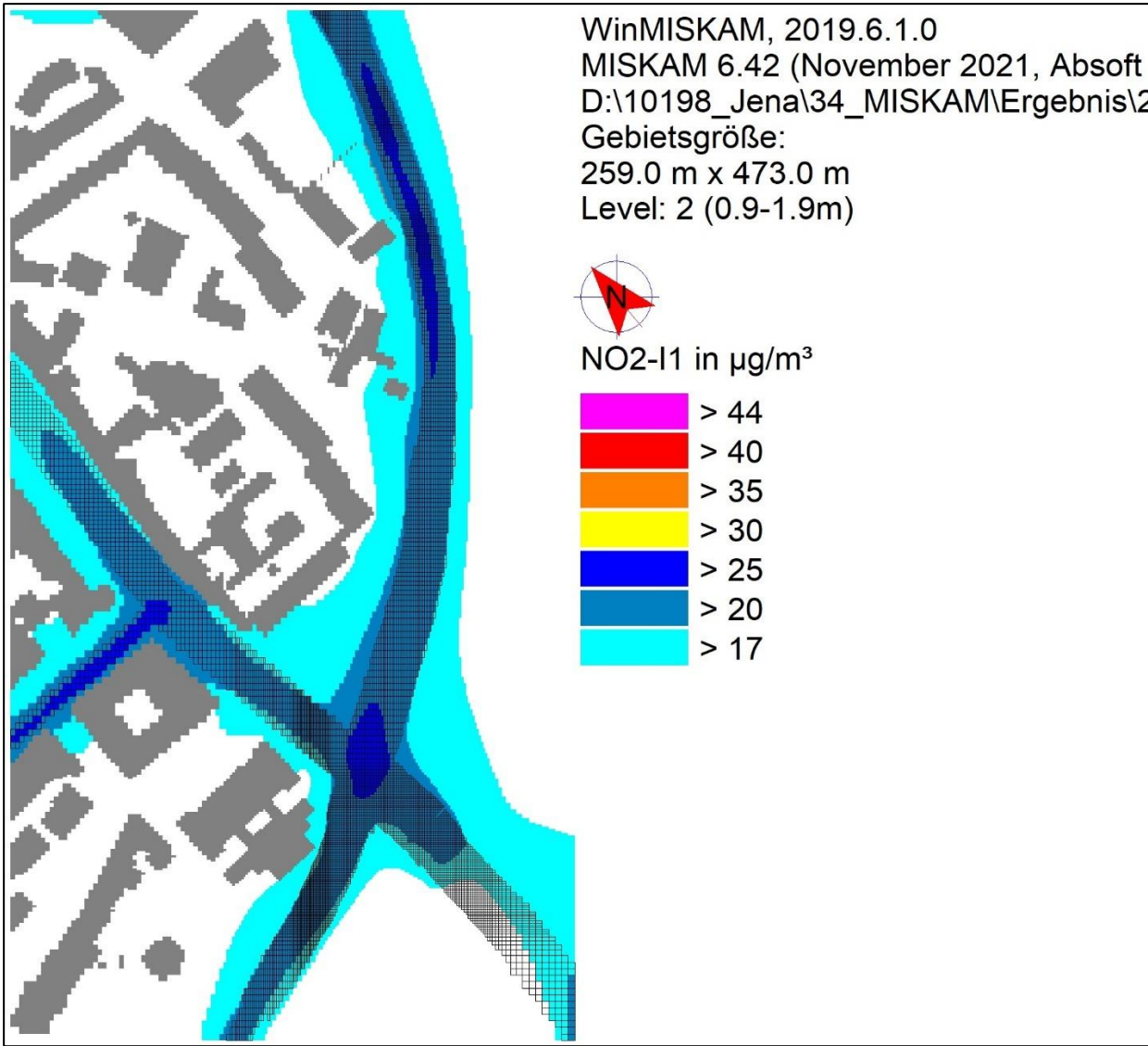


Abb. 6.4: NO₂-Jahresmittelwert im Planfall 2028 im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes

6.2 Feinstaub (PM10)

Einen Überblick über die flächendeckenden, bodennahen PM10-Jahresmittelwerte ist den **Abb. 6.5** bis **Abb. 6.8** zu entnehmen.

Die Berechnungen zeigen, dass auch beim PM10-Jahresmittelwert die höchsten Immissionen entlang der Straße bzw. Kreuzungen und im Nahbereich des Parkhauses berechnet werden. Diese betragen im Prognose-Nullfall und Planfall weniger als $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit ist entscheidend, ob die ermittelten Immissionen zu Überschreitungen der Grenzwerte an beurteilungsrelevanten Gebäuden, z. B. Wohnbebauung, führen.

An der Bebauung werden die höchsten PM10-Jahresmittelwerte an den anschließenden Gebäuden des Parkhauses berechnet, die zwischen $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. An den anderen Gebäuden werden PM10-Jahresmittelwerte zwischen $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

Der seit dem Jahr 2005 geltende Grenzwert für PM10-Jahresmittelwerte von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV wird im Prognose-Nullfall 2025 an der bestehenden Bebauung im Untersuchungsgebiet nicht erreicht und nicht überschritten. Die berechneten PM10-Jahresmittelwerte sind entsprechend der Einteilung aus **Tab. 3.2** als leicht erhöhte Konzentration zu bezeichnen.

Neben dem Grenzwert für das Jahresmittel ist in der 39. BImSchV auch ein 24-Stundengrenzwert für Partikel (PM10) von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ definiert, der nicht öfter als 35-mal im Jahr überschritten werden darf. Entsprechend der Darstellungen im Kapitel 3 wird angesetzt, dass bei Konzentrationen unterhalb des entsprechenden Schwellenwertes von $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jahresmittelwert) auch der PM10-24 h-Grenzwert sicher eingehalten wird. Der PM10-24 h-Grenzwert ist somit eine strengere Kenngröße als der Jahresmittelgrenzwert (vgl. Kapitel 3).

Der strengere PM10-Kurzzeitgrenzwert von 35 Tagen größer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entsprechend der 39. BImSchV wird an umliegender sensibler Nutzung nicht überschritten.

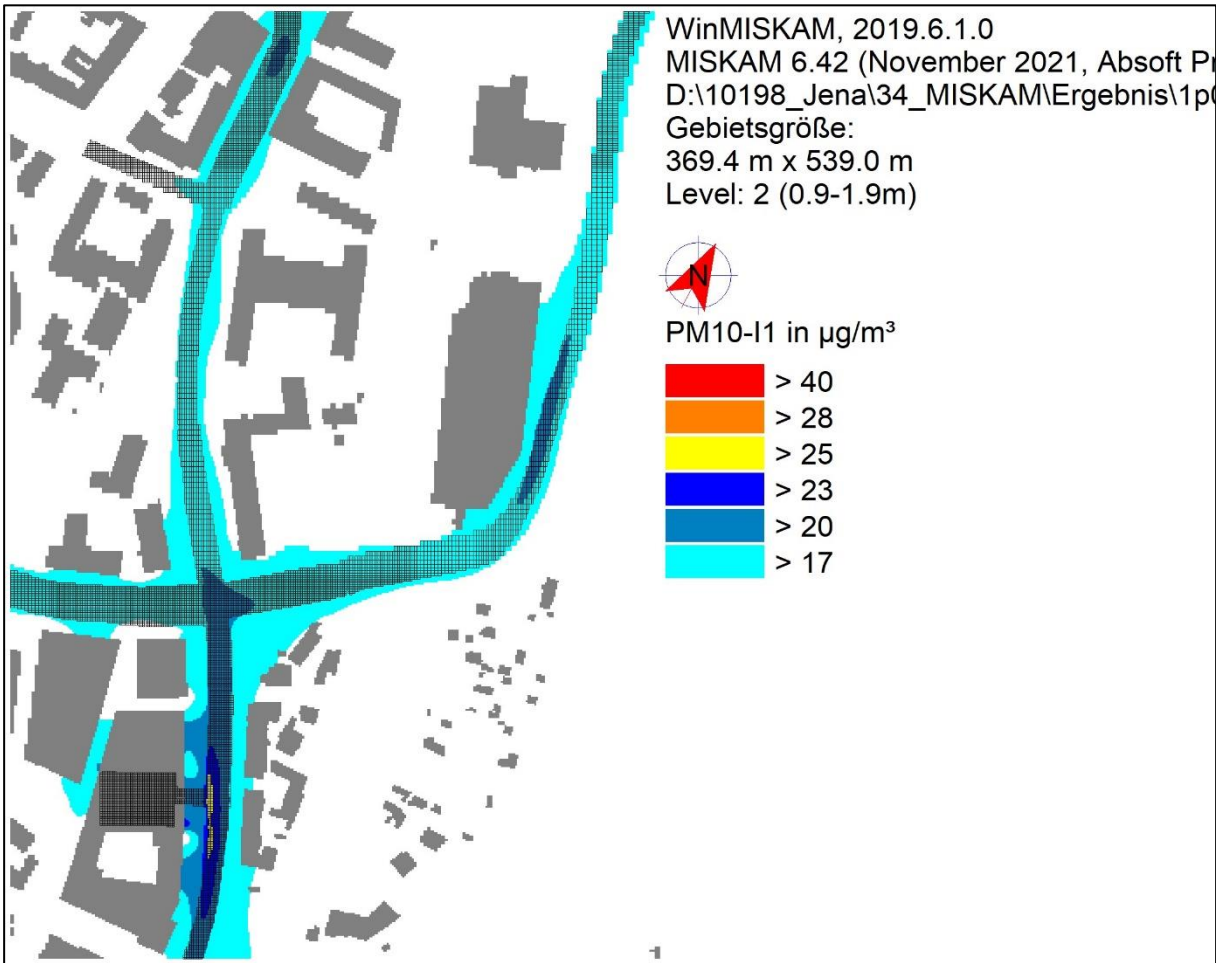


Abb. 6.5: PM10-Jahresmittelwert im Prognose-Nullfall 2028 im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes

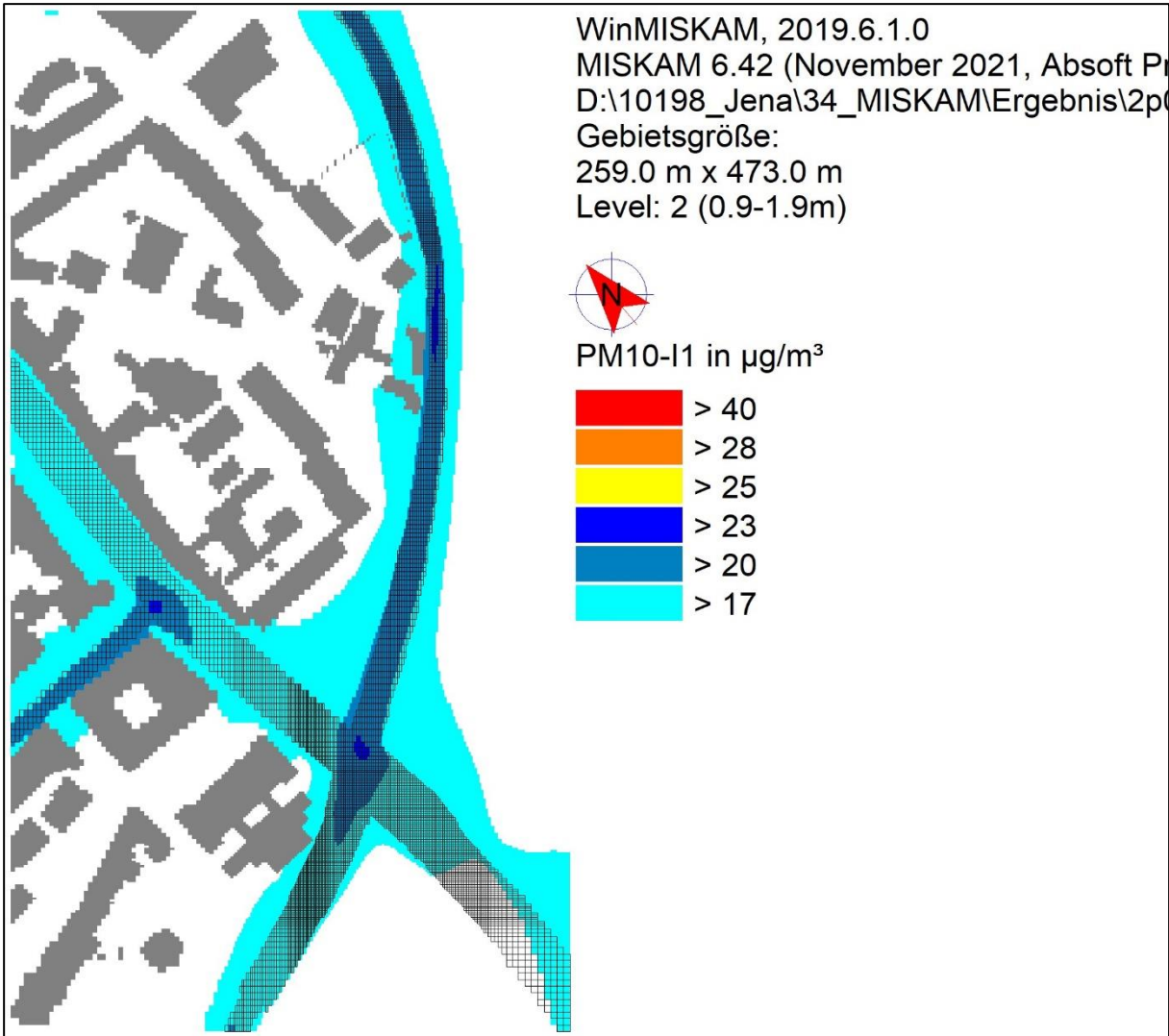


Abb. 6.6: PM10-Jahresmittelwert im Prognose-Nullfall 2028 im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes

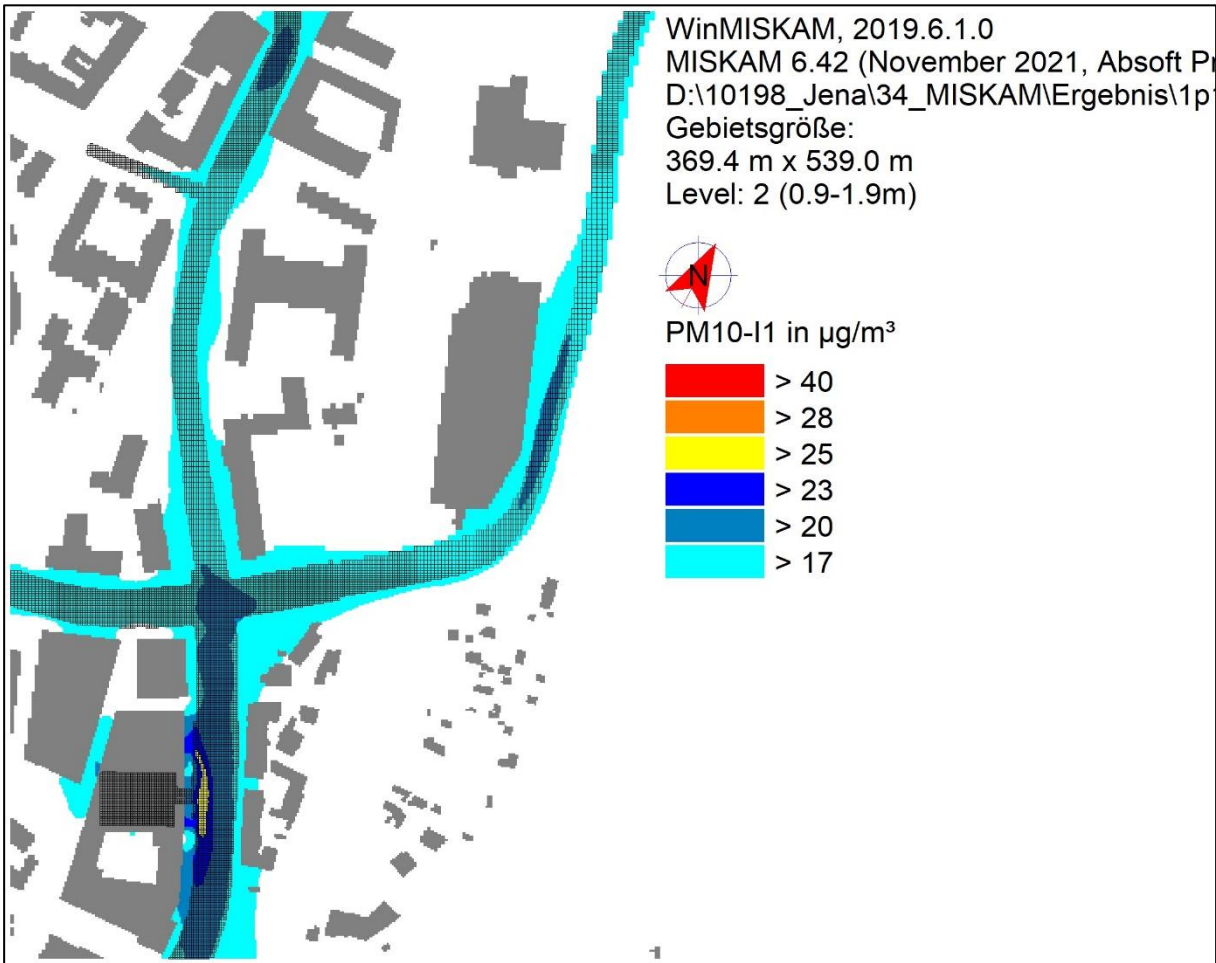


Abb. 6.7: PM10-Jahresmittelwert im Planfall 2028 im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes

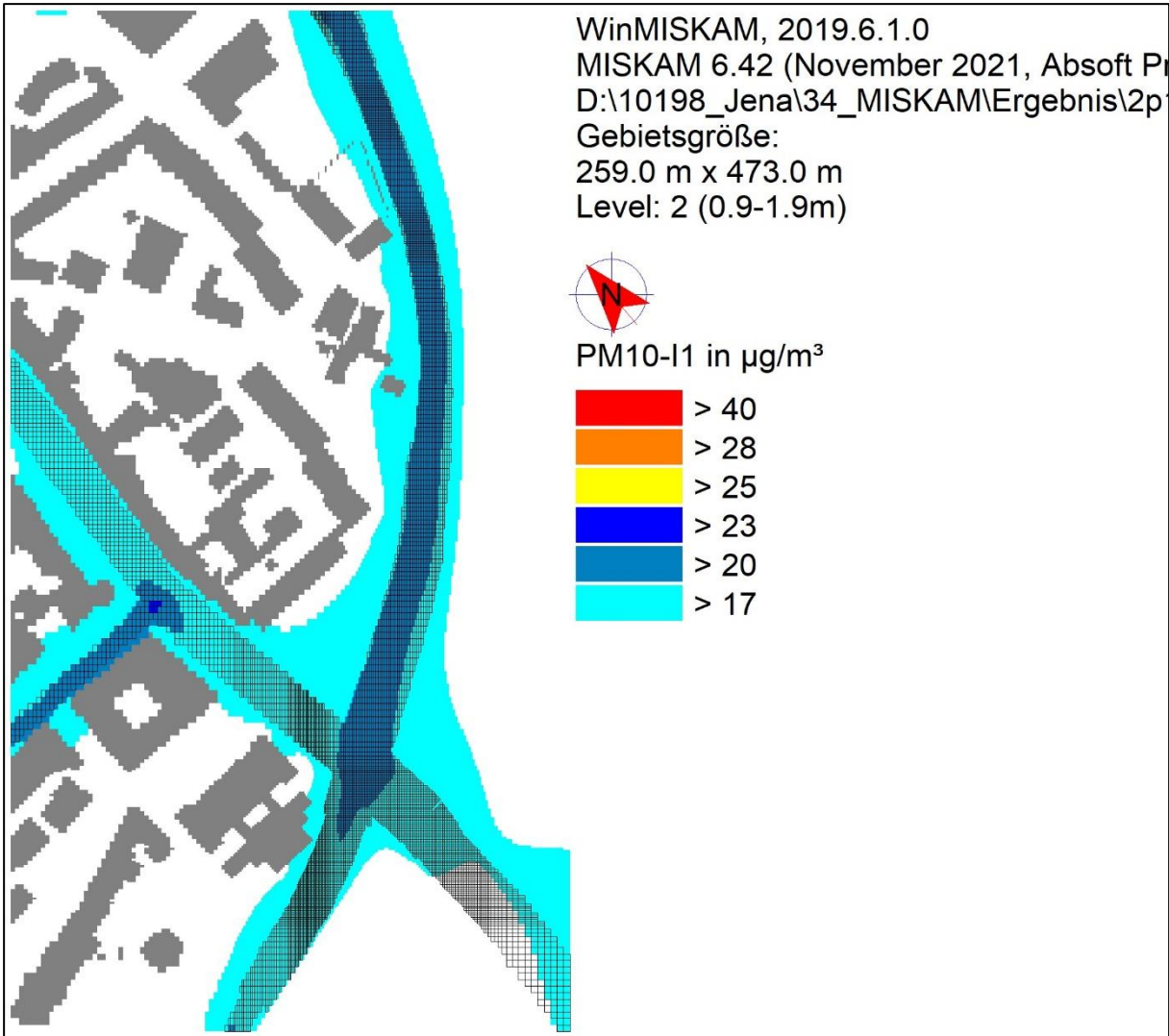


Abb. 6.8: PM10-Jahresmittelwert im Planfall 2028 im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes

6.3 Feinstaub (PM2.5)

Die flächendeckenden PM2.5-Jahresmittelwerte sind für den Prognose-Nullfall und Planfall 2028 in **Abb. 6.9** bis **Abb. 6.12** dargestellt.

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass die maximalen PM2.5-Jahresmittelwerte wiederum im Nahbereich des Parkhauses prognostiziert werden, die zwischen $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen. An der Bebauung werden ansonsten PM2.5-Jahresmittelwerte zwischen $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ prognostiziert.

Der seit dem Jahr 2015 geltende Grenzwert für PM2.5-Jahresmittelwerte von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemäß 39. BImSchV wird entsprechend den Immissionsberechnungen im Prognose-Nullfall und im Planfall im Untersuchungsgebiet deutlich nicht erreicht und nicht überschritten. In Bezug auf den Grenzwert sind die PM2.5-Immissionen an der bestehenden, beurteilungsrelevanten Bebauung als leicht erhöhte Konzentrationen einzustufen.

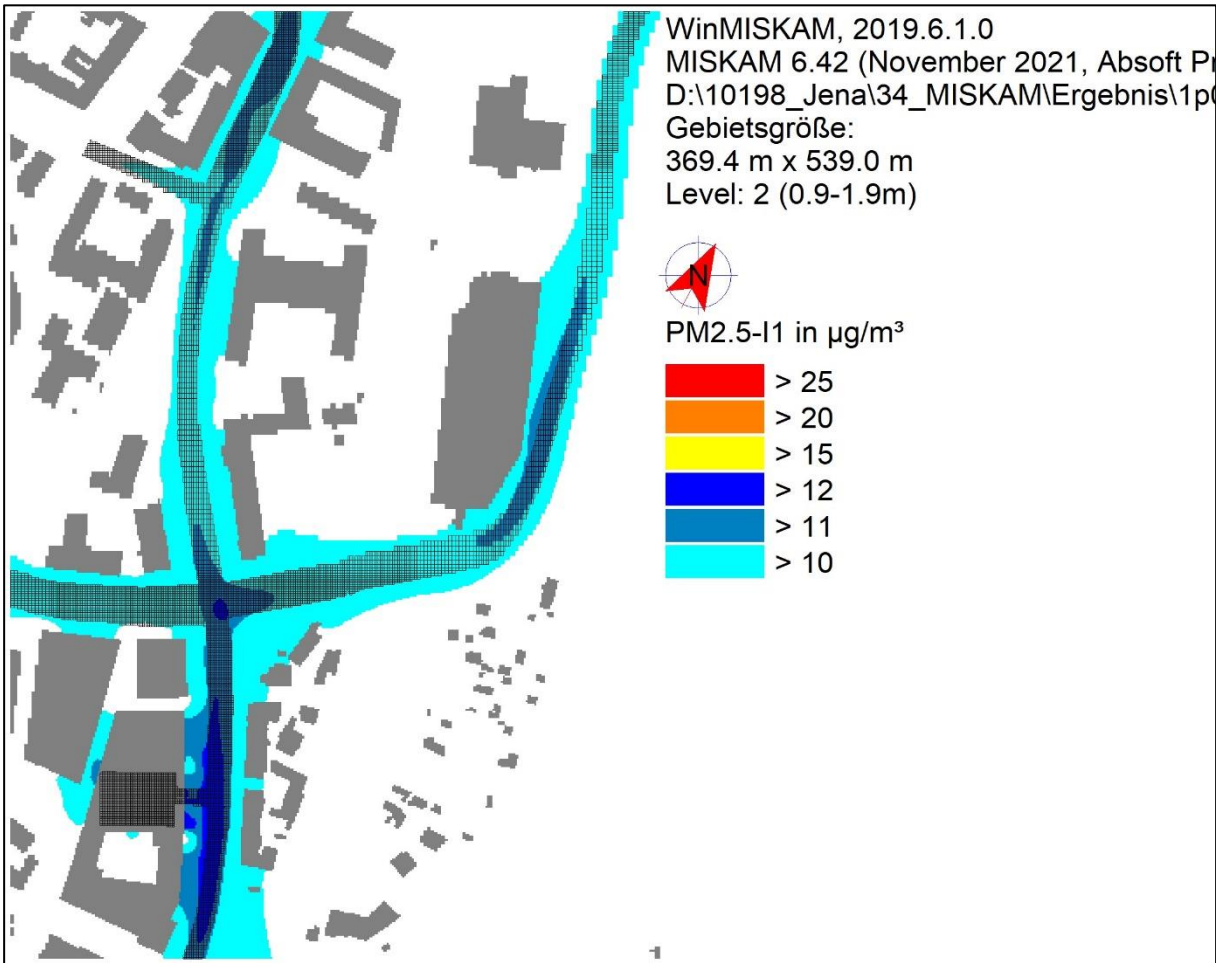


Abb. 6.9: PM2.5-Jahresmittelwert im Prognose-Nullfall 2028 im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes

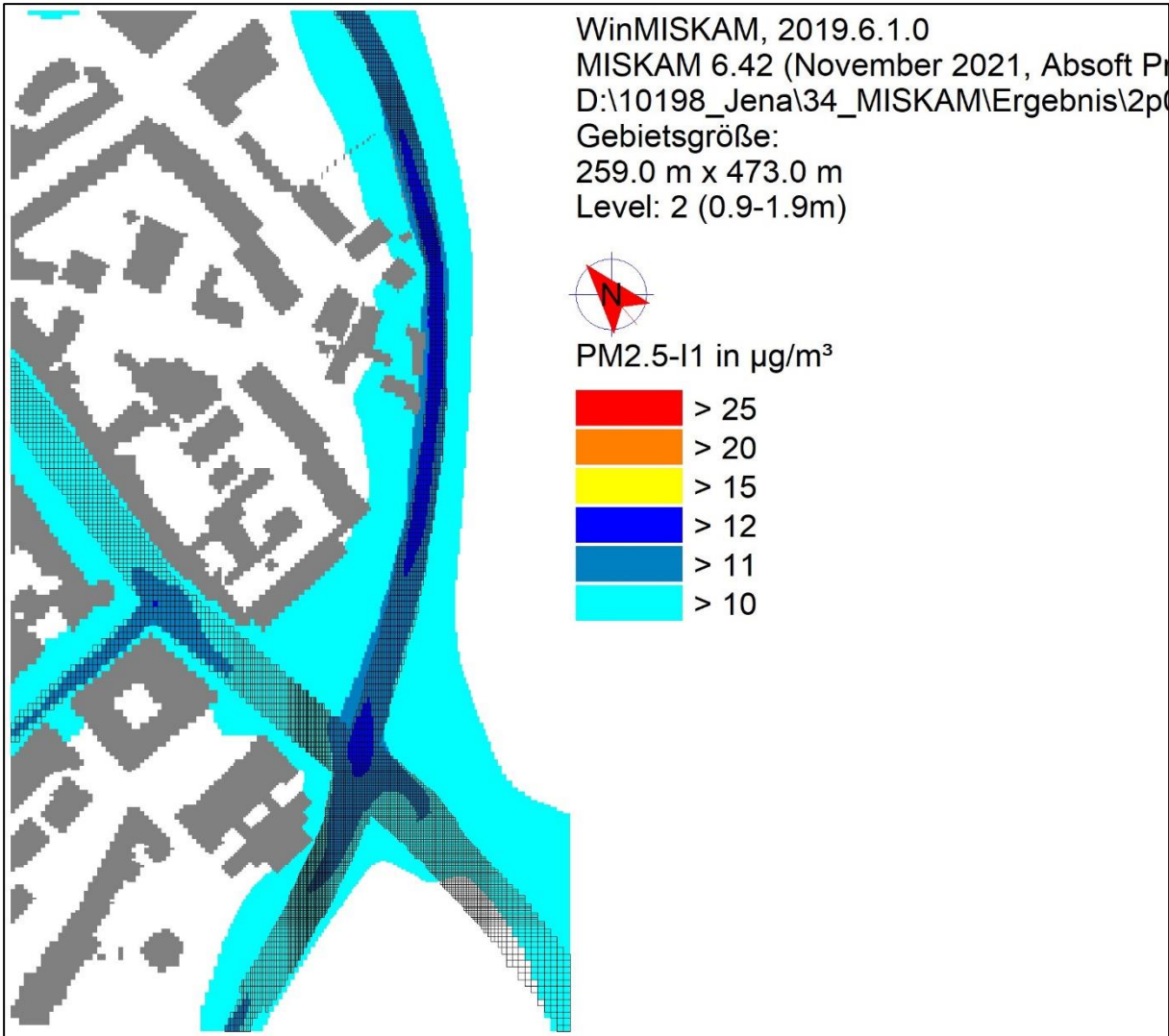


Abb. 6.10: PM2.5-Jahresmittelwert im Prognose-Nullfall 2028 im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes

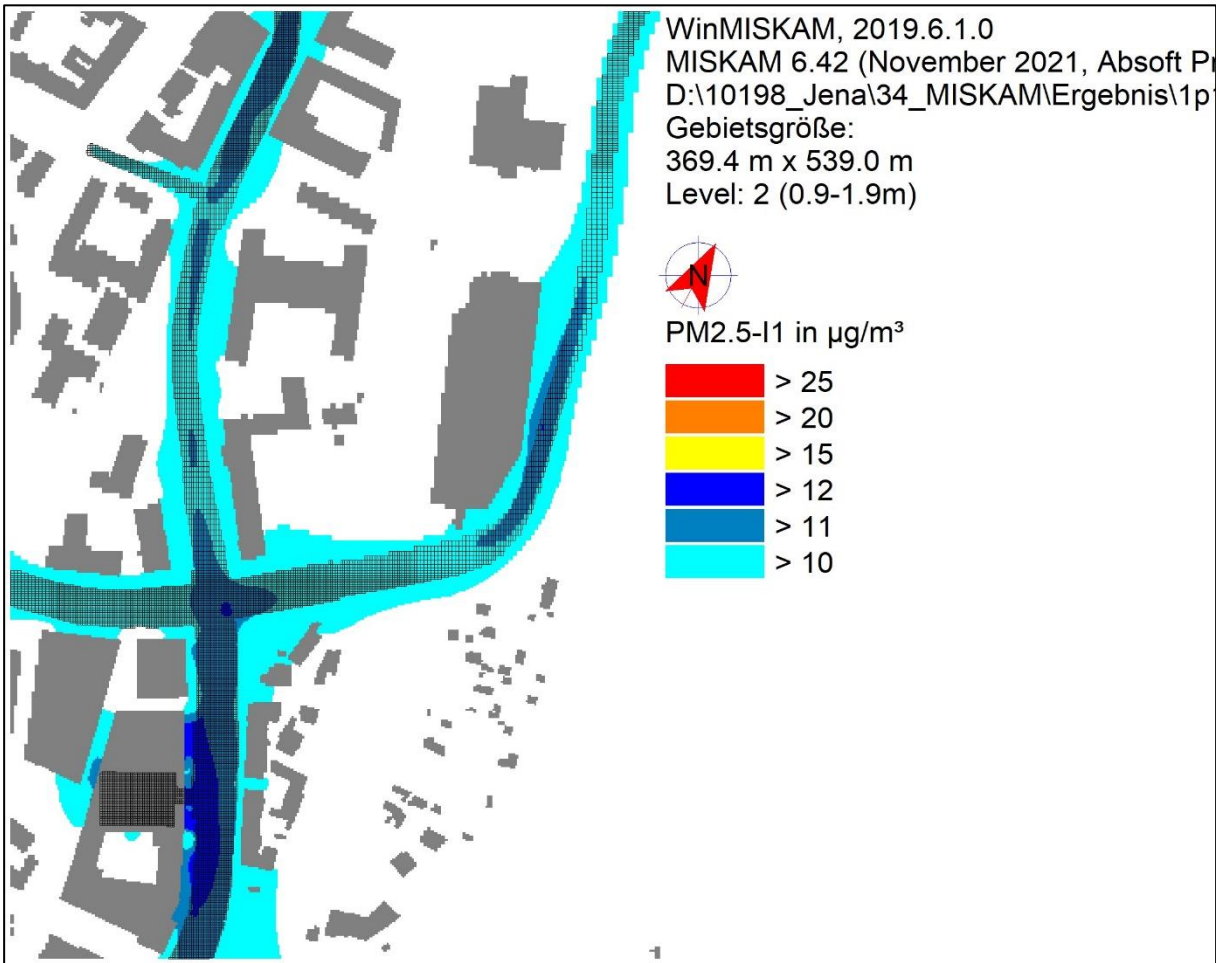


Abb. 6.11: PM2.5-Jahresmittelwert im Planfall 2028 im nördlichen Teil des Untersuchungsgebietes

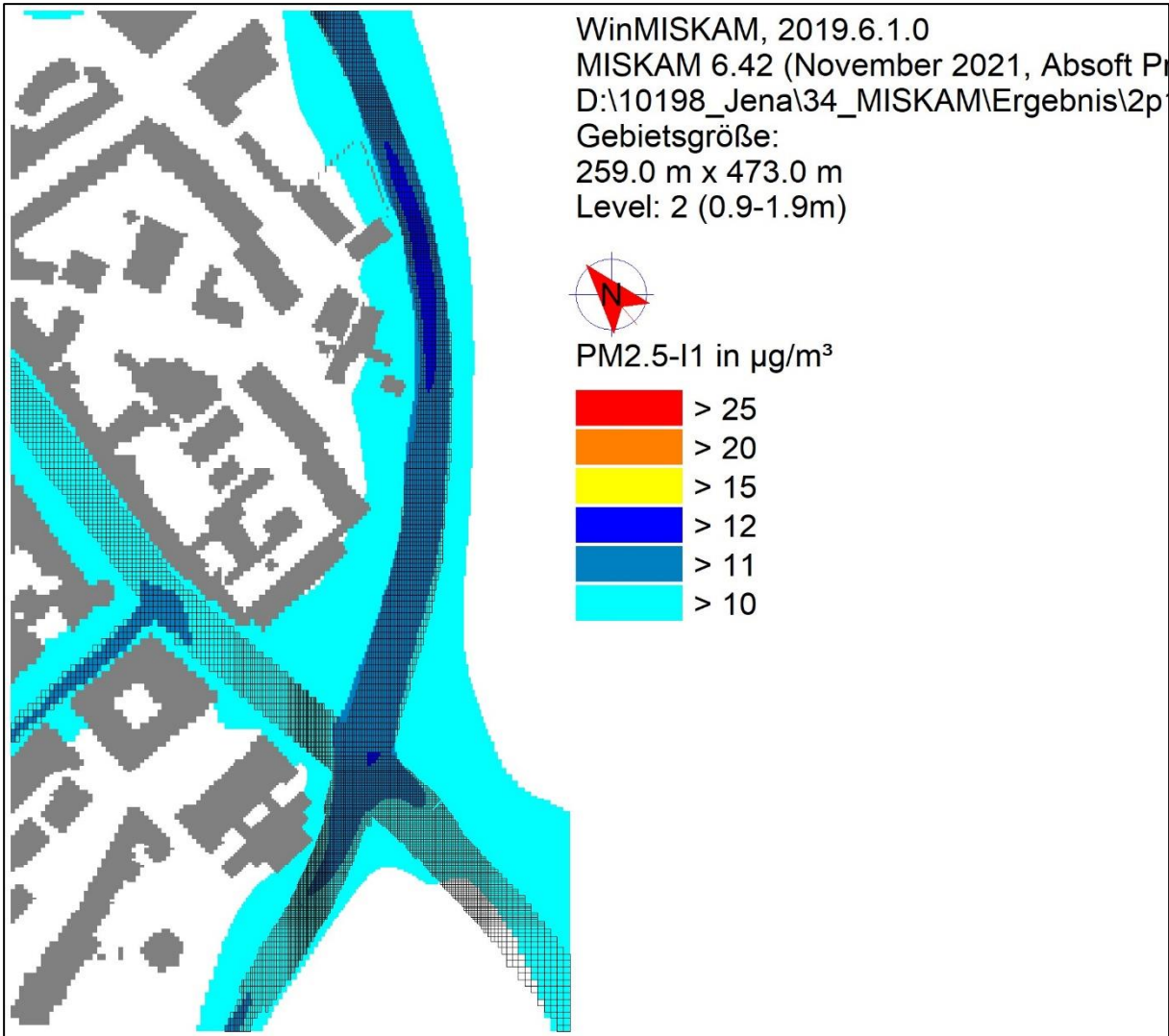


Abb. 6.12: PM2.5-Jahresmittelwert im Planfall 2028 im südlichen Teil des Untersuchungsgebietes

7 EMISSIONSBERECHNUNG NACH HBEFA 4.2

Nach Redaktionsschluss zur Erstellung des Gutachtens erschien das Handbuch zur Berechnung der Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs HBEFA“ Version 4.2 (UBA, 2022).

Für den Planfall 2028 (Verkehrsprognose 2030) erfolgte für den fließenden Verkehr eine Berechnung der Emissionen mit dem HBEFA 4.2 und ein Vergleich mit den bisherigen Emissionsergebnissen. In **Tab. 7.1** werden für einen repräsentativen Abschnitt die Berechnungsergebnisse von Planfall 2028 (HBEFA 4.1, vgl. **Tab. 5.2**) und Planfall 2028 (HBEFA 4.2) aufgezeigt.

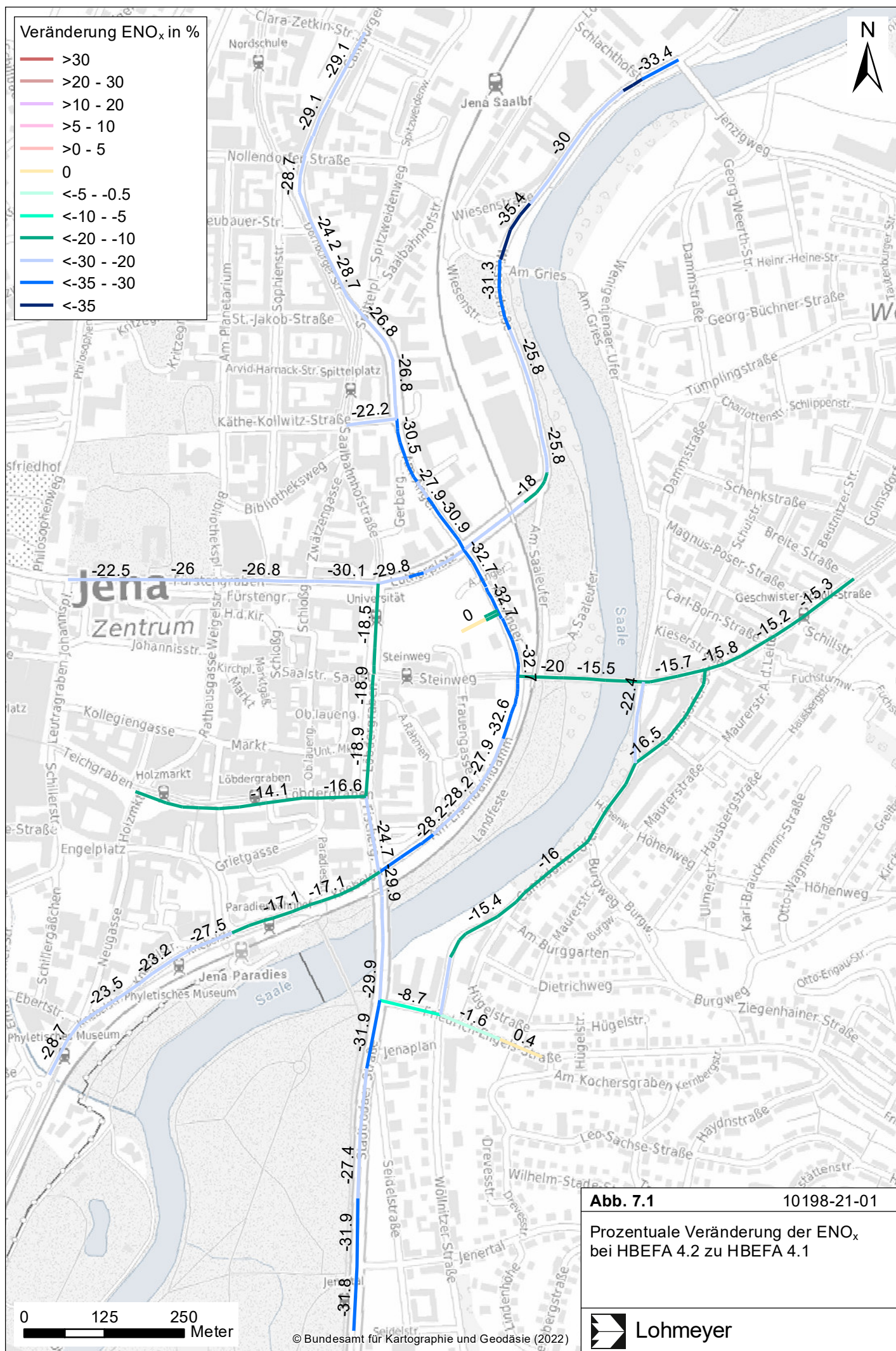
DTV in Kfz/24 h	SV-Anteil in %	LBus in Kfz/24 h	Verkehrssituation	Längsneigung	NO _x in mg/(m s)	PM10 in mg/(m s)	PM2.5 in mg/(m s)
Planfall 2028 (HBEFA 4.1)							
23087	4.4	87	IOS-FernC50d	±0 %	0.06046	0.01376	0.00609
Planfall 2028 (HBEFA 4.2)							
23087	4.4	87	IOS-FernC50d	±0 %	0.04357	0.01368	0.00602
Veränderung HBEFA 4.2 zu HBEFA 4.1 [%]							
					-27.9	-0.6	-1.2

Tab. 7.1: Verkehrsdaten und berechnete, jahresmittlere Emissionsdichten für einen Straßenabschnitt der Straße Am Eisenbahndamm zwischen Frauengasse und Camsdorfer Brücke Vergleich HBEFA 4.1 und HBEFA 4.2

Für fast alle berücksichtigten Straßenabschnitte wurde eine Reduzierung der Emissionen berechnet. Bei den NO_x-Emissionen werden Veränderungen der Emissionen von HBEFA 4.2 zu HBEFA 4.1 zwischen 0.4 % und -35.4 % ermittelt, sie sind in **Abb. 7.1** grafisch dargestellt. Die Zunahme von 0.4 % erfolgt an einem Abschnitt außerhalb des Auswertgebietes am Rand des Berechnungsgebietes in der Friedrich-Engels-Straße. Dort ist ein hoher Anteil an Linienbussen am Schwerverkehr bei niedriger Verkehrsbelegung vorhanden. Bei den PM10-Emissionen werden Reduzierungen der Emissionen von HBEFA 4.2 zu HBEFA 4.1 zwischen -0.1 % und -1.4 % und bei den PM2.5-Emissionen zwischen -0.5 % und -5.5 % ermittelt.

Auf Grund der Reduzierung der Emissionen würde bei der Berechnung der Immissionen eine Reduzierung der Kfz-bedingten Zusatzbelastungen und damit der Jahresmittelwert der Gesamtbelastung berechnet werden.

Damit kann auch unter Berücksichtigung des HBEFA 4.2 von einer sicheren Einhaltung der Grenzwerte der 39. BImSchV im Planfall ausgegangen werden.



8 LITERATUR

22. BImSchV (2007): Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft - 22. BImSchV), Neufassung vom 4. Juni 2007. In: BGBl Jahrgang 2007 Teil I Nr. 25, ausgegeben zu Bonn am 12.06.2007 (nach 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 (nach Erscheinen der 39. BImSchV zurückgezogen).
39. BImSchV (2010): Neununddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchst-mengen – 39. BImSchV). BGBl I, Nr. 40, S. 1065-1104 vom 05.08.2010.
- BAST (1986): Straßenverkehrszählungen 1985 in der Bundesrepublik Deutschland. Erhebungs- und Hochrechnungsmethodik. Schriftenreihe Straßenverkehrszählungen, H. 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 (Düring, I., Bösing, R., Lohmeyer, A.). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrstechnik Heft V 125, ISBN 3-86509-307-8, Bergisch-Gladbach, Juni 2005.
- Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (2021): http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf, bkg-Dienstleistungszentrum, Leipzig.
- Düring, I., Bächlin, W., Ketzler, M., Baum, A., Friedrich, U., Wurzer, S. (2011): A new simplified NO/NO₂ conversion model under consideration of direct NO₂-emissions. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 20 067-073 (February 2011).
- Düring, I., Schmidt, W., Moldenhauer, A., Nitzsche, E. (2021): Verbesserung der NO₂-Immissionsmodellierung mit HBEFA4.1. Auftraggeber: Umweltbundesamt UBA-FB II4.1 Grundsatzfragen der Luftreinhaltung. Abschlussbericht der Lohmeyer GmbH vom Februar 2021. Forschungskennzahl 146606.
- 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.
- Eichhorn, J. (2005): MISKAM Handbuch zu Version 5.01. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim.
- Eichhorn, J. (2014): MISKAM Handbuch zu Version 6.3. Giese-Eichhorn Umweltmeteorologische Software. Wackersheim, April 2014.

- Flassak, Th., Bächlin, W., Bösing, R., Blazek, R., Schädler, G., Lohmeyer, A. (1996): Einfluss der Eingangsparameter auf berechnete Immissionswerte für Kfz-Abgase - Sensitivitätsanalyse. In: FZKA PEF-Bericht 150, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Characterising seasonal variations and spatial distribution of ambient PM10 and PM2.5 concentrations based on long-term Swiss monitoring data. *Atmospheric Environment* 37 (2003).
- iproplan Planungsgesellschaft mbH (2021a): Übergabe der Planungsunterlagen (LP 2-4, Stand 2021-08. E-Mail von Frau Kneipel an Frau Nitzsche vom 16.09.2021.
- iproplan Planungsgesellschaft mbH (2021b): Übergabe des Lärmschutzes im Bestand und im Planfall. E-Mail von Herrn Müller an Frau Nitzsche vom 20.12.2021.
- IPROconsult GmbH (2022): Übergabe der Planungsunterlagen, Lage- und Höhenplan (LP 1) Stand 2022-01. E-Mail von Herrn Sill an Frau Nitzsche vom 05.01.2022, 10.01.2022).
- Israël, G.W., Schlums, C., Treffeisen, R. Pesch, M. (1994): Rußimmissionen in Berlin, Herkunftsbestimmung - Kfz-Flottenemissionsfaktoren – Vergleichbarkeit von Probenahmemethoden. Fortschrittberichte VDI, Reihe Umwelttechnik, Nr. 152.
- Klingenberg, H., Schürmann, D., Lies, K.-H. (1991): Dieselmotorabgas - Entstehung und Messung. In: VDI-Bericht Nr. 888, S. 119-131.
- Kommunalservice Jena (2021): Angaben zum Lüftungskonzept und Abstimmung Parkhaus. E-Mail zw. Frau Bergner und Fr. Nitzsche vom 16.09.2021, 21.09.2021, 22.09.2021, 24.09.2021, 27.09.2021, 28.09.2021, 04.10.2021.
- 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.
- LfU (1993): Die Luft in Baden-Württemberg, Jahresbericht 1992. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg.
- 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.
- Lohmeyer (2017): Handbuch WinMiskam ab Version 2017.5.4. Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Stand: 01.08.2017.
- LUA NRW (2006): Jahresbericht 2005, Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen, Essen, seit 01.01.2007 Landesamt für Umwelt, Natur und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (LANUV NRW), Februar 2006, www.lanuv.nrw.de.
- Röckle, R., Richter, C.-J. (1995): Ermittlung des Strömungs- und Konzentrationsfeldes im Nahfeld typischer Gebäudekonfigurationen - Modellrechnungen -. Abschlußbericht PEF 92/007/02, Forschungszentrum Karlsruhe.
- Schädler, G., Bächlin, W., Lohmeyer, A., van Wees, T. (1996): Vergleich und Bewertung derzeit verfügbarer mikroskaliger Strömungs- und Ausbreitungsmodelle. In: Berichte Umweltforschung Baden-Württemberg (FZKA-PEF 138).

- Stadtverwaltung Jena, Dezernat 3 Stadtentwicklung und Umwelt, Fachdienst Mobilität (2021a): Übergabe der Verkehrsdaten Stand 2021-08-17 und Tempolimit. E-Mail von Frau Schmidt an Fr. Nitzsche vom 03.09.2021.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat 3 Stadtentwicklung und Umwelt, Fachdienst Mobilität, Team Verkehrsplanung (2021b): Übergabe der Verkehrsdaten Stand 2012-09-13. E-Mail von Frau Gehre an Fr. Nitzsche vom 03.09.2021.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat 3 Stadtentwicklung und Umwelt, Fachdienst Mobilität (2021c): Übergabe von B- Planungsunterlagen Inselplatz Stand 2020-02-18. E-Mail von Frau Schmidt an Fr. Nitzsche vom 13.09.2021.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat 3 Stadtentwicklung und Umwelt, Fachdienst Mobilität (2021d): Bestätigung Festlegung Ansatz Verteilung Stellplätze Parkhaus Inselplatz. E-Mail von Frau Schmidt an Fr. Nitzsche vom 15.10.2021.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat 3 Stadtentwicklung und Umwelt, Fachdienst Mobilität (2021e): Bestätigung Angaben zum Lärmschutzwand Bestand an der Kita. E-Mail von Frau Schmidt an Fr. Nitzsche vom 02.11.2021.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat 3 Stadtentwicklung und Umwelt, Fachdienst Mobilität, Team Verkehrsplanung (2021f): Angaben zu Tempolimits. E-Mail von Frau Gehre an Fr. Nitzsche vom 16.09.2021.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat Stadtentwicklung und Umwelt (2021g): Datengrundlage für Schallschutzberechnungen-Modelldaten 2030, Stand 02/2021. E-Mail von Frau Schmidt an Fr. Nitzsche vom 15.11.2021.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat Stadtentwicklung und Umwelt, FD Mobilität (2020b): Vorschlag zur Bemessung der Verkehrsstärke am Parkhaus Inselplatz und Umwelt vom 28.01.2020.
- Stadtverwaltung Jena, Dezernat Stadtentwicklung und Umwelt, Team Geoinformation (2020a): Gebäudedaten für Projektbearbeitung. E-Mail von Fr. Kubatta an Fr. Geisler am 18.02.2020.
- TLUBN - Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (2018-2020): Jahrestabellen der Immissionswerte; http://www.tlug-jena.de/luftaktuell/ls_jahrdaten.php?size=-2&delta_id=10&datumz=2018, http://www.tlug-jena.de/luftaktuell/ls_jahrdaten.php?size=-2&delta_id=10&datumz=2019, http://www.tlug-jena.de/luftaktuell/ls_jahrdaten.php?size=-2&delta_id=10&datumz=2020. Download 15.09.2021.
- TLUBN - Thüringer Landesamt für Umwelt, Bergbau und Naturschutz (2021): Abstimmung zum Ansatz der Hintergrundbelastung. E-Mail vom 09.11.2021 von Herrn Hempel an Frau Nitzsche.
- 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. (HBEFA 4.1) (aktualisierte Version vom 03.11.2019). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.

- UBA (2022): Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, Version 4.2. (HBEFA 4.2) (aktualisierte Version vom 31.01.2022). Dokumentation zur Version Deutschland erarbeitet durch INFRAS Bern/Schweiz in Zusammenarbeit mit MKC Consulting GmbH und IVT/TU Graz. Hrsg.: Umweltbundesamt Dessau-Roßlau.
- UMK (2004): Partikelemissionen des Straßenverkehrs. Endbericht der UMK AG „Umwelt und Verkehr“. Oktober 2004.
- VDI 3782 Blatt 7 (2020): Umweltmeteorologie - Kfz-Emissionsbestimmung - Luftbeimengungen. Richtlinie VDI 3782 Blatt 7. Hrsg.: VDI/DIN-Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL), Düsseldorf, Mai 2020.
- VDI 3783 Blatt 9 (2017): Umweltmeteorologie - Prognostische mikroskalige Windfeldmodelle - Evaluierung für Gebäude- und Hindernisströmung. Richtlinie VDI 3783 Blatt 9. Hrsg.: Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL) im VDI und DIN - Normenausschuss, Düsseldorf, Mai 2017

ANHANG 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 , PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ von Bedeutung, gelegentlich werden zusätzlich noch die Schadstoffe Benzol und Kohlenmonoxid betrachtet. Ruß wird nicht betrachtet, weil es nach Erscheinen der 33. BImSchV (2004) und dem damit erfolgten Zurückziehen der 23. BImSchV (1996) dafür keinen gesetzlichen Beurteilungswert mehr gibt. Ruß ist Bestandteil von PM_{10} und wird damit indirekt erfasst. Die Grenzwerte der 39. BImSchV sind in **Tab. A1.1** angegeben.

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

Zusätzliche Luftschadstoffe zu den genannten werden meist nicht betrachtet, da deren Immissionen in Deutschland typischerweise weit unterhalb der geltenden Grenzwerte liegen. In der 39. BImSchV (2010) werden auch Zielwerte für $\text{PM}_{2.5}$, Arsen, Kadmium, Nickel und Benzo(a)pyren (BaP) in der Luft als Gesamtgehalt in der PM_{10} -Fraktion über ein Kalender-

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

Stoff	Mittelungszeit	Grenzwert	Geltungszeitpunkt
NO ₂	Stundenmittelwert	200 µg/m ³ maximal 18 Überschreitungen/Jahr	seit 2010
NO ₂	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2010
Partikel (PM10)	Tagesmittelwert	50 µg/m ³ maximal 35 Überschreitungen/Jahr	seit 2005
Partikel (PM10)	Jahresmittelwert	40 µg/m ³	seit 2005
Partikel (PM2.5)	Jahresmittelwert	25 µg/m ³	seit 2015
Benzol	Jahresmittelwert	5 µg/m ³	seit 2010
Kohlenmonoxid (CO)	8 h gleitender Wert	10 mg/m ³	seit 2005

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

Der Inhalt der am 11. Juni 2008 in Kraft getretenen EU-Luftqualitätsrichtlinie 2008/50/EG ist mit der 39. BImSchV in nationales Recht umgesetzt. In der 39. BImSchV wurden u. a. die Inhalte der 22. BImSchV und 33. BImSchV zusammengefasst, sodass diese beiden BImSchV aufgehoben wurden. Ein neues Element der 39. BImSchV ist die Einführung eines Immissionsgrenzwertes für die Feinstaubfraktion PM2.5 (Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm), der 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.

Die 39. BImSchV weist als Zielwert einen PM2.5-Jahresmittelwert von 25 µg/m³ aus, der seit dem Jahr 2015 ein Grenzwert ist.

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.

A1.4 Schutz der Vegetation

Zum Schutz der Vegetation nennt die 39. BImSchV einen kritischen Wert für Stickstoffoxide (NO_x) von 30 µg/m³ im Jahresmittel. Dieser „kritische Wert“ ist ein auf Grund wissenschaftlicher Erkenntnisse festgelegter Wert, dessen Überschreitung unmittelbare schädliche Auswirkungen für manche Rezeptoren wie Bäume, Pflanzen oder natürliche Ökosysteme haben kann. Die Erfassung und Anwendung ist für Bereiche vorbehalten, die mehr als 20 km von Ballungsräumen oder 5 km von anderen bebauten Gebieten, Industrieanlagen oder Bundesautobahnen oder Hauptstraßen mit einem täglichen Verkehrsaufkommen von mehr als 50 000 Fahrzeugen entfernt sind.

ANHANG A2:
BESCHREIBUNG DES NUMERISCHEN VERFAHRENS ZUR
IMMISSIONSERMITTLUNG UND FEHLERDISKUSSION

A2 Beschreibung des numerischen Verfahrens zur Immissionsermittlung und Fehlerdiskussion

A2.1 MISKAM

Die Berechnungen erfolgen mit dem Strömungs- und Ausbreitungsmodell MISKAM in Version 6.3 (Eichhorn, 2014). MISKAM gehört zu den prognostischen Modellen vom Eulertyp. Es besteht aus zwei Teilen, einem Strömungsteil für die Modellierung der Umströmungsverhältnisse der Gebäude und einem Ausbreitungsteil zur Berechnung des Immissionsfeldes. MISKAM iteriert jeweils so lange, bis das Strömungs- bzw. Konzentrationsfeld quasi stationär ist. Bei den Berechnungen wurden die Hinweise aus Eichhorn (2014) sowie der VDI-Richtlinie für prognostische Modelle (VDI 3783 Blatt 9, 2017) beachtet. Die Einhaltung des Kriteriums von VDI-RL 3783 Blatt 9 wurde anhand von Sensitivitätsrechnungen für die Göttinger Straße in Hannover für ein Rechengebiet nachgewiesen, dass zusätzlich zum Untersuchungsgebiet einen Umkreis von ca. 400 m berücksichtigt.

A2.2 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.

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

In einer Sensitivitätsstudie für das Projekt "Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung - PEF" (Flassak et al., 1996) wird der Einfluss von Unschärfen der Eingangsgrößen betrachtet. Einen großen Einfluss auf die Immissionskenngrößen zeigen

demnach die Eingangsparameter für die Emissionsberechnungen sowie die Bebauungsdichte, die lichten Abstände zwischen der Straßenrandbebauung und die Windrichtungsverteilung.

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

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

Für die statistische Fehlerbandbreite der NO_x-Emissionsfaktoren mit warmem Motor findet man bei Kühlwein (2004) Abschätzungen von 10 % bis 20 % für Autobahnen bzw. 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-Rechnenergebnissen durch. Die Abweichungen zwischen Mess- und Rechenergebnissen lagen im Bereich von 10 %, wobei die Eingangsdaten im Fall der Göttinger Straße sehr genau bekannt waren. Bei größeren Unsicherheiten in den Eingangsdaten sind höhere Rechenunsicherheiten zu erwarten. Dieser Vergleich zwischen Mess- und Rechenergebnissen dient der Validierung des Modells, wobei anzumerken ist, dass sowohl Messung als auch Rechnung fehlerbehaftet sind.

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

ANHANG A3:
EMISSIONSABBILDUNGEN

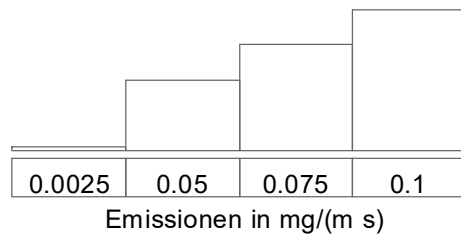
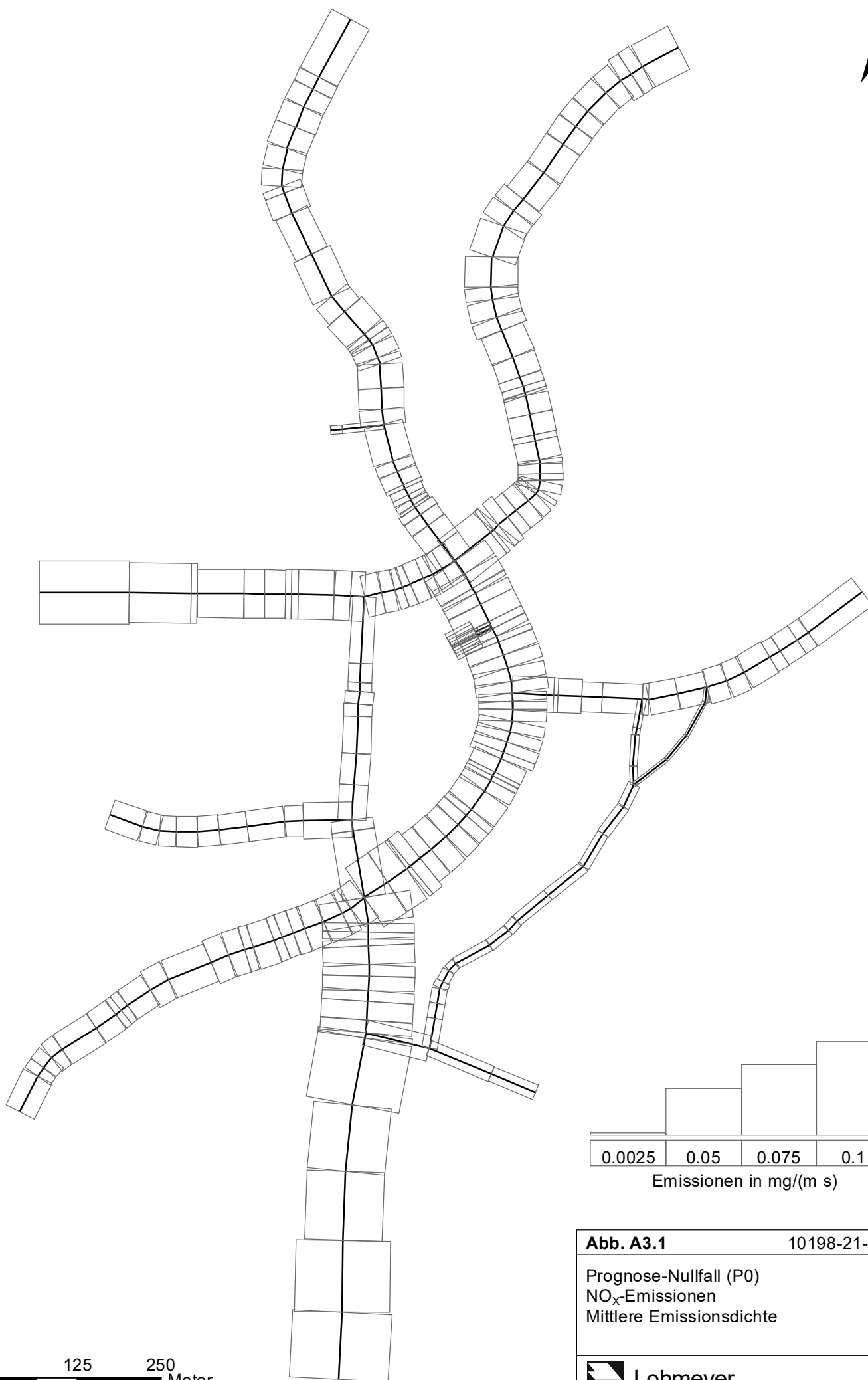


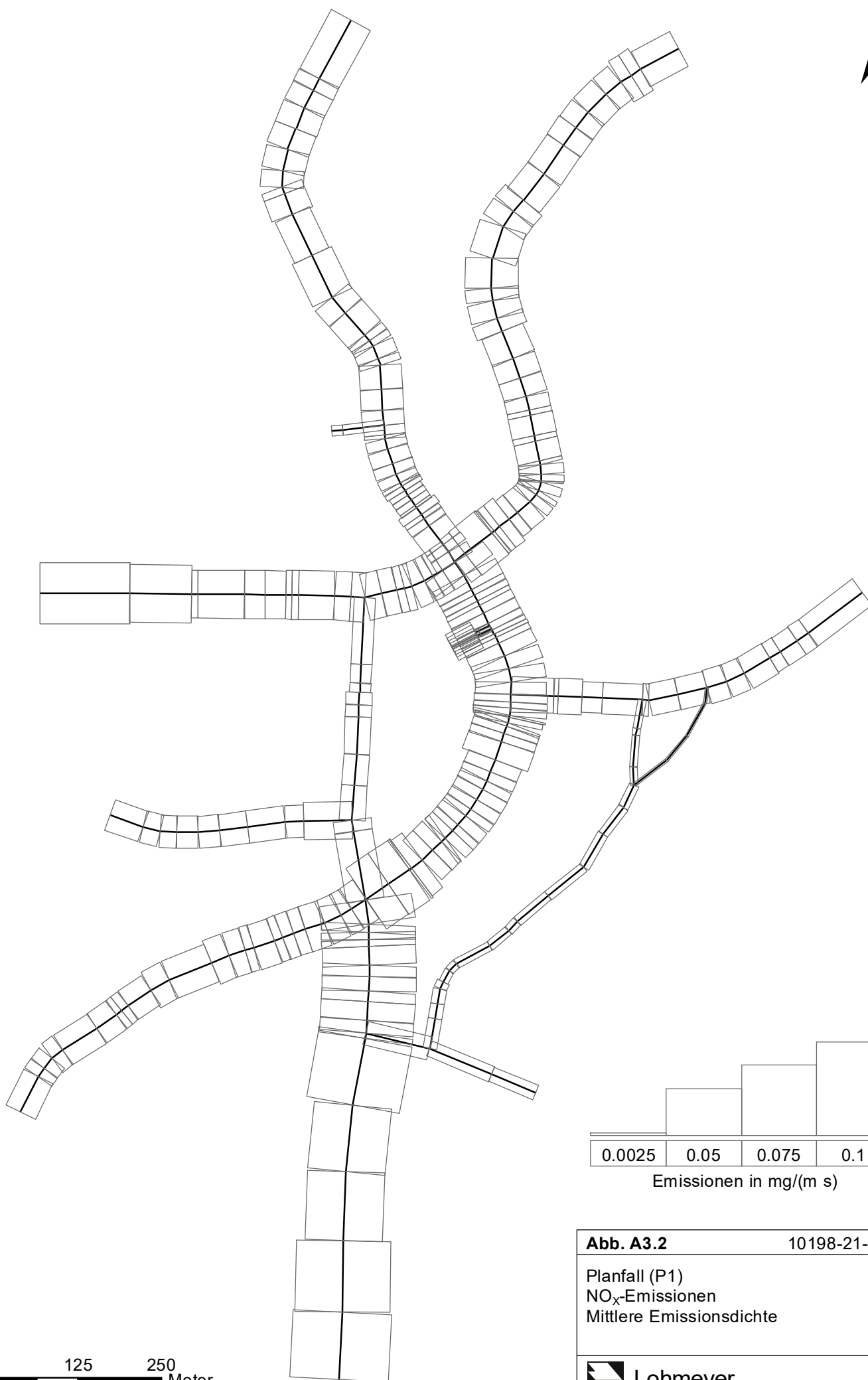
Abb. A3.1

10198-21-01

Prognose-Nullfall (P0)
NO_x-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer



0 125 250
Meter

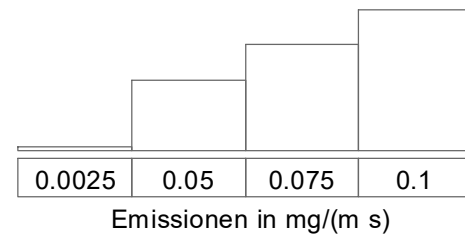


Abb. A3.2

10198-21-01

Planfall (P1)
NO_x-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer

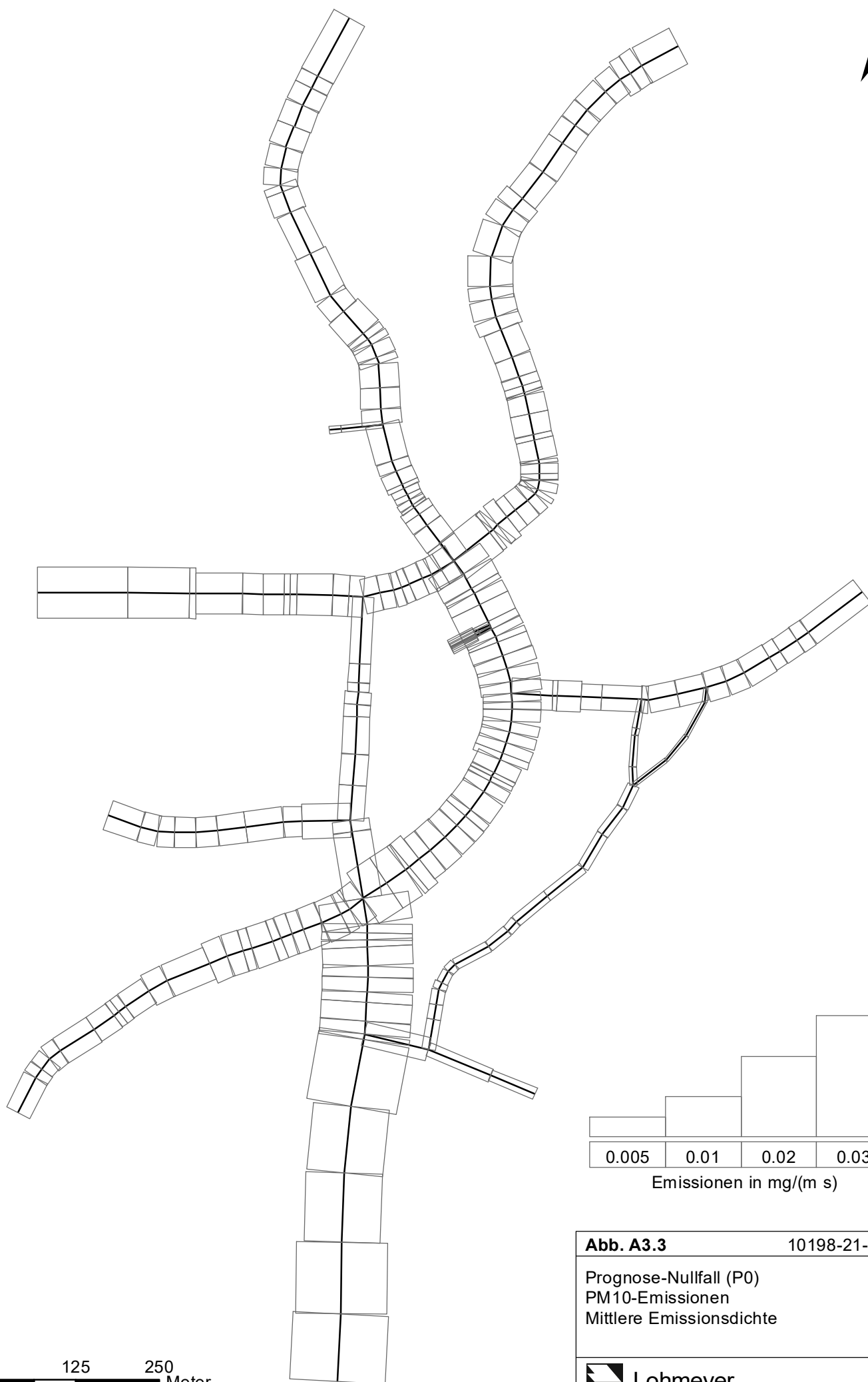


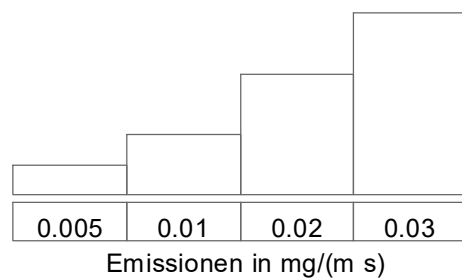
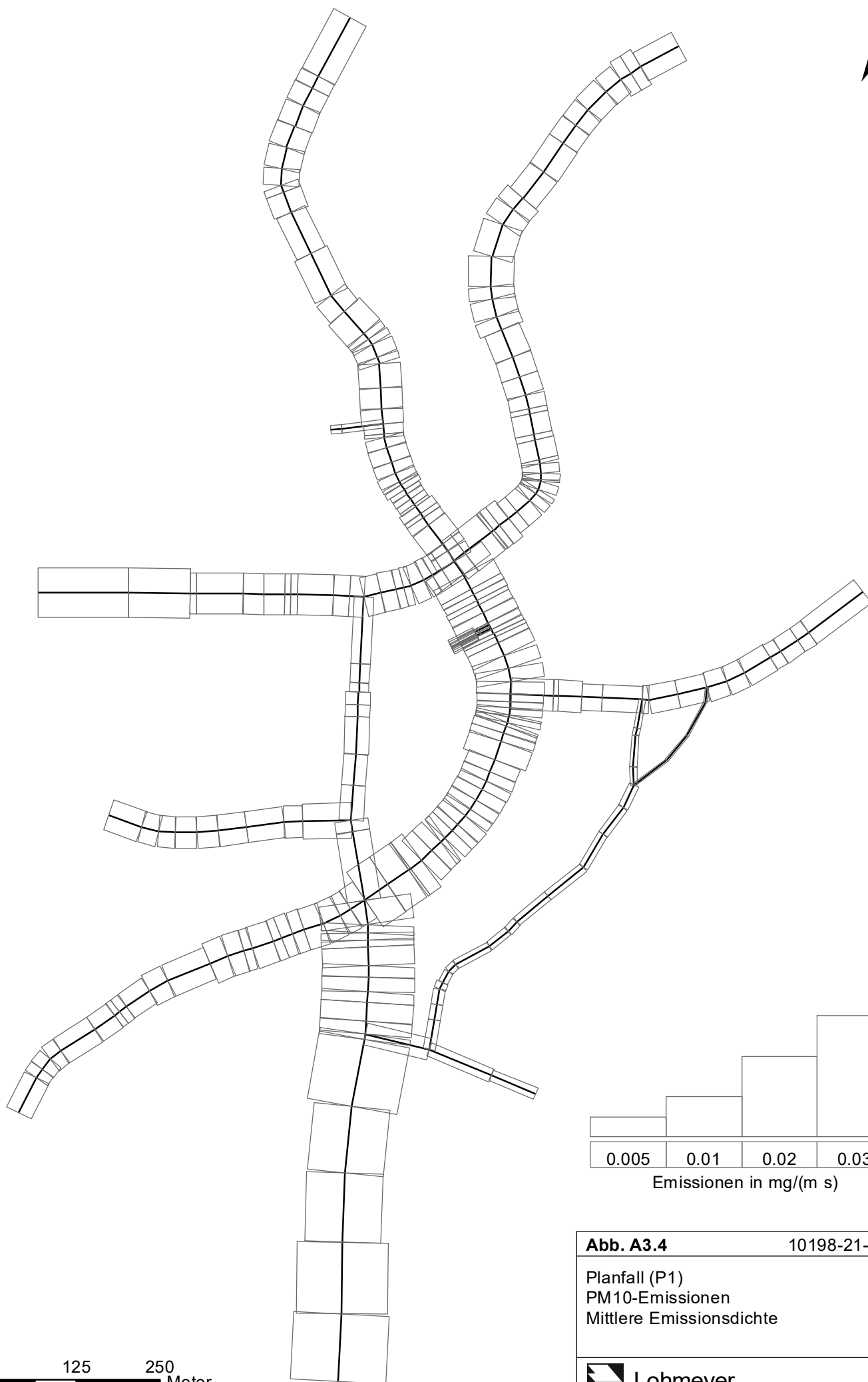
Abb. A3.3

10198-21-01

Prognose-Nullfall (P0)
PM10-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer



0 125 250
Meter

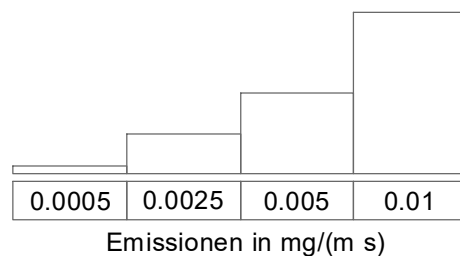
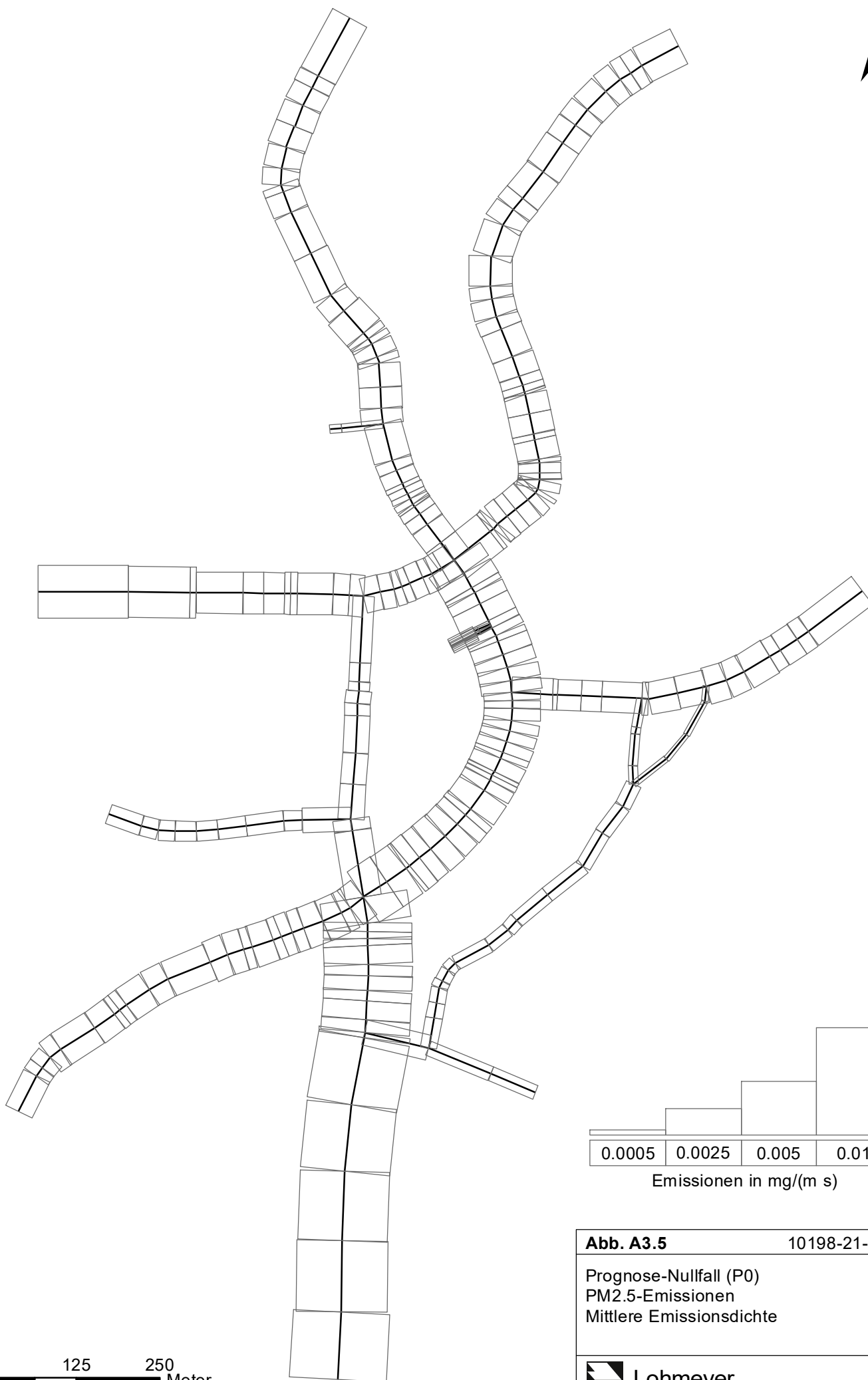
Abb. A3.4

10198-21-01

Planfall (P1)
PM10-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer



0 125 250
Meter

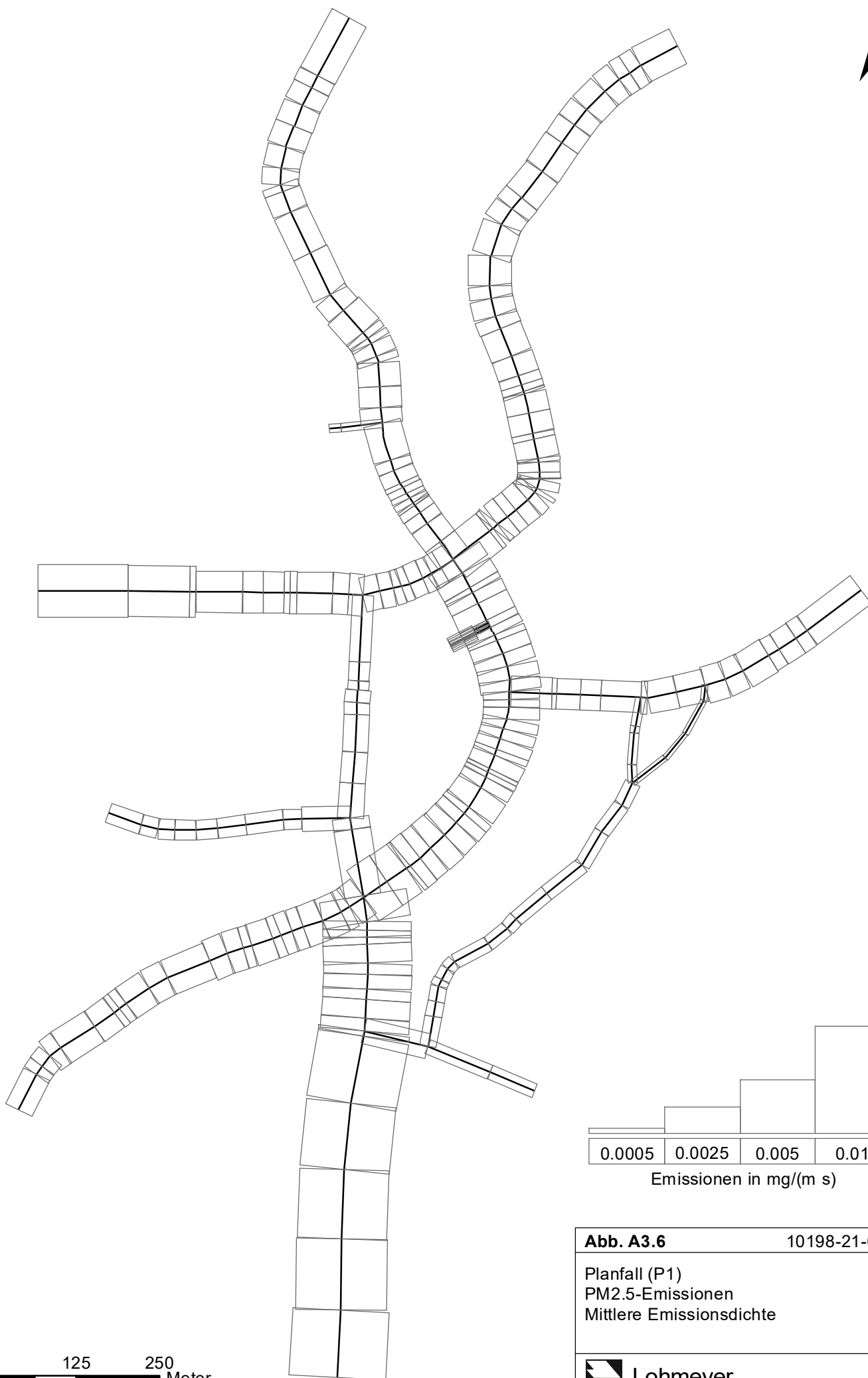
Abb. A3.5

10198-21-01

Prognose-Nullfall (P0)
PM2.5-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer



0 125 250
Meter

Abb. A3.6

10198-21-01

Planfall (P1)
PM2.5-Emissionen
Mittlere Emissionsdichte



Lohmeyer